



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΞΗΣ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ –ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ SIMOS –ΥΠΟΣΤΗΡΞΗ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

ΜΠΙΤΟΣ Α. ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΜΠΣΠ/06048

**Επιβλέπων :** Φούντας Ευάγγελος  
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

Πειραιάς, Δεκέμβριος 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αδυναμία των υπαρχόντων μοντέλων να αντιμετωπίσουν τα πολυδιάστατα προβλήματα της καθημερινότητας με χρήση ενός μόνο κριτηρίου, οδήγησε στην ανάπτυξη της Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making). Τα πολυκριτηριακά προβλήματα, λόγω της παρουσίας πολλαπλών και αντικρουόμενων μεταξύ τους κριτηρίων αξιολόγησης των εναλλακτικών αποφάσεων, είναι προβλήματα με χαμηλό βαθμό δόμησης. Λόγω της δυσκολίας να εφαρμοσθεί η θεωρία με ένα και μοναδικό μοντέλο, σε κάθε περίπτωση λήψης απόφασης, οδήγησε στην ανάπτυξη εναλλακτικών μοντέλων.

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, περιλαμβάνεται μια γενική αναφορά των διαδικασιών των Μεθόδων Υπεροχής και της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, και δίδεται ιδιαίτερο βάρος στις Μεθόδους Simos και Revised Simos. Επιπλέον η εφαρμογή της μεθόδου Revised Simos σε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα καθημερινότητας μέσω ενός ειδικά προγραμματισμένου λογισμικού που υλοποιεί τον συγκεκριμένο αλγόριθμο μας βοηθά να κατανοήσουμε την φιλοσοφία της συγκεκριμένης μεθόδου και να αποφανθούμε για τυχόν διαφορές μεταξύ των δύο αλγορίθμων.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	8
1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	11
1.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	12
1.2.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	15
1.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ.....	16
1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	17
1.4.1 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	19
1.4.2 Ο ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	19
1.4.3 ΣΚΟΡ ΚΑΙ ΒΑΡΗ.....	20

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΙΑ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ.....	22
------------------------------	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ SIMOS.....	24
3.2 Η ΜΕΘΟΔΟΣ REVISED SIMOS.....	26

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	42
4.2 ΑΓΟΡΑ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑΣ.....	42
4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΟ ΕΙΔΙΚΑ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	48
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	54

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
-------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
-------------------	----

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΠΙΝΑΚΕΣ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	9
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΟΙ ΕΞΙ ΤΥΠΟΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE.....	13
ΣΧΗΜΑ 1: ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	17

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΕΕΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΚΑΡΤΩΝ.....	29
---	----

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΒΑΡΗ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ SIMOS.....	31
---	----

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΕ ΒΑΡΗ ΓΙΑ ΕΝΑ ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ F' ΤΗΣ F.....	33
---	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΛΕΞΙΚΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΗΧΑΝΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΤΑ ΕΝΝΕΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ.....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΒΑΡΗ SIMOS ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ.....	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΗΧΑΝΩΝ, ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ.....	57



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## 1.1 Η διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η επιστημονική περιοχή της πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει κατ' αρχήν ένα θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο αναπτύσσεται η βασική λογική για την προσέγγιση τέτοιου είδους προβλημάτων. Ακόμη προσδιορίζονται τα κύρια δομικά στοιχεία του προβλήματος και αναλύονται οι βασικές τους ιδιότητες. Με βάση αυτό το θεωρητικό υπόβαθρο έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος τεχνικών, κατάλληλων για την αντιμετώπιση ενός μεγάλου εύρους προβλημάτων που προκύπτουν στην πράξη. Αν και η ταξινόμηση των τεχνικών αυτών σε ιδιαίτερες κατηγορίες δεν είναι αυστηρή, διακρίνονται τρεις βασικές ομάδες μεθόδων:

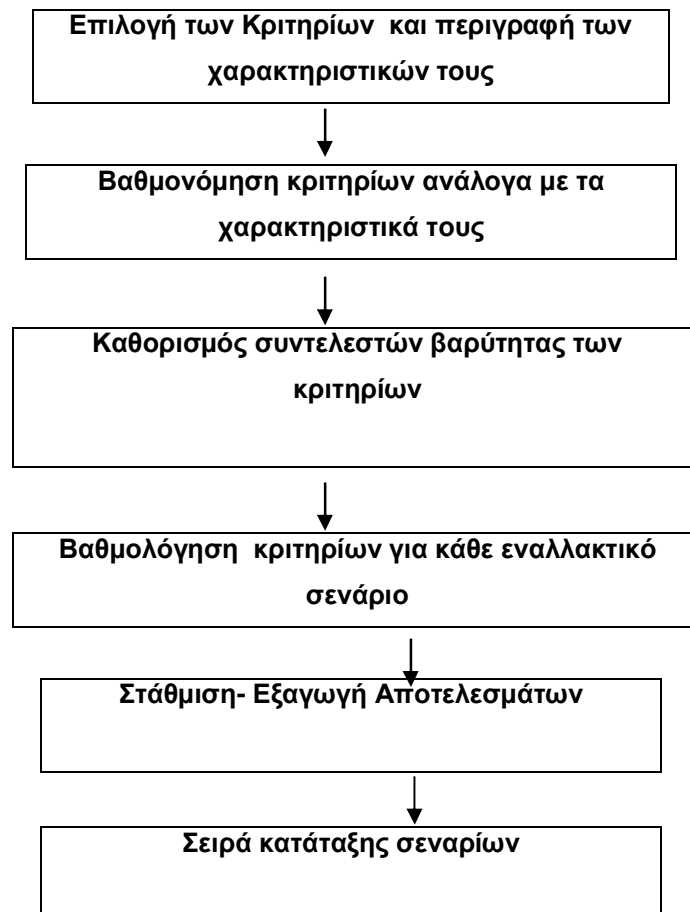
- Πολυκριτηριακή ιεράρχηση επιλογών
- Πολυκριτηριακός μαθηματικός προγραμματισμός
- Πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας

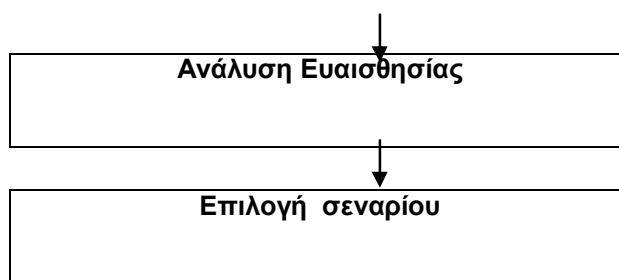
Το βασικό στοιχείο που διαφοροποιεί τις δύο πρώτες κατηγορίες είναι το είδος του συνόλου των επιλογών. Συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία εφαρμόζεται σε προβλήματα που εξετάζουν ένα πεπερασμένο σύνολο διακριτών επιλογών, ενώ η δεύτερη σε προβλήματα με συνεχές σύνολο άπειρου αριθμού επιλογών, στα οποία κατ' αναλογία με τα προβλήματα γραμμικού μονοκριτηριακού προγραμματισμού, οι μεταβλητές απόφασης μπορεί να παίρνουν οποιαδήποτε τιμή εντός ενός καθορισμένου πεδίου. Τέλος, η τρίτη κατηγορία μεθόδων εφαρμόζεται και σε συνεχές και σε διακριτό σύνολο επιλογών και στηρίζεται στη λογική της αναγωγής του πολυκριτηριακού σε μονοκριτηριακό πρόβλημα μέσω του προσδιορισμού μιας συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας που συνθέτει τις επιμέρους (ανά κριτήριο) προτιμήσεις του αποφασίζοντα σε ένα ενιαίο μέτρο με βάση το οποίο προχωράει στη λήψη της απόφασης.

Η ταυτοποίηση του αντικείμενου της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελεί ένα πρώτο στάδιο της αναλυτικής διαδικασίας, που διευκολύνει την κατανόηση του προβλήματος και επιτρέπει την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επίλυσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται:

- ◆ Στο στάδιο δόμησης του προβλήματος:
  - καθορισμός του προβλήματος και επιλογή των πιθανών εναλλακτικών σεναρίων,
  - επιλογή των κριτηρίων,
  - μέτρηση των επιδόσεων και ταξινόμηση των κριτηρίων,
  - εκτίμηση της βαρύτητας του κάθε κριτηρίου,
  - δημιουργία του μοντέλου αξιολόγησης,
  - καθορισμός των πιθανών περιοριστικών παραμέτρων ανάλογα με το αντικείμενο του εξεταζόμενου προβλήματος,
  - τελική ταξινόμηση των εξεταζόμενων σεναρίων κατά σειρά βαθμολογίας με βάση τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που θα επιλεγεί (το σενάριο με την υψηλότερη βαθμολογία αντιστοιχεί στην ευνοϊκότερη περίπτωση).
  
- ◆ Στο στάδιο ανάλυσης των αποτελεσμάτων:
  - ανάλυση ευαισθησίας της λύσης,
  - προσδιορισμός της σύγκρουσης των κριτηρίων.

Στο Διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης.





Διάγραμμα 1: Απεικόνιση της διαδικασίας πολυκριτηριακής ανάλυσης

## 1.2 Μέθοδος λήψης αποφάσεων

με χρήση αθροιστικής συνάρτησης ομάδων κριτηρίων (Πολυκριτηριακή θεωρία αξίας ή χρησιμότητας/Multi – Attribute Value or Utility Theory)

Στη μέθοδο αυτή, η συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων ακολουθεί τα εξής στάδια:

**1° Στάδιο:** Επιλογή κριτηρίων αξιολόγησης και ταξινόμησή τους σε ομάδες κριτηρίων. Καθεμιά ομάδα κριτηρίων χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή βαρύτητας, που δηλώνει τη σπουδαιότητά της. Το άθροισμα των συντελεστών αυτών θα πρέπει να είναι ίσο με 100%. Κατόπιν, βάσει των παραπάνω προκύπτει η αντίστοιχη αθροιστική συνάρτηση, η οποία έχει τη μορφή:

$$F(O) = \sum A_i * O_i$$

όπου:

$O_i$  είναι οι επιμέρους ομάδες κριτηρίων

$A_i$  είναι ο συντελεστής βαρύτητας κάθε μίας από τις ομάδες κριτηρίων  $O_i$  και το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας πρέπει να ισούται με 1 (100%),  $\sum A_i = 1$

**2° Στάδιο:** Οι ομάδες κριτηρίων αναλύονται στα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης, για τα οποία επίσης καθορίζεται η σχετική σπουδαιότητά τους μέσα στην ομάδα κριτηρίων με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των επιμέρους κριτηρίων μέσα σε κάθε ομάδα είναι επίσης 100%.

**3° Στάδιο:** Αναλύονται τα χαρακτηριστικά κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται βάσει κλίμακας 1-10, όπου οι μικρότερες τιμές αφορούν στις δυσμενέστερες αποδόσεις των χαρακτηριστικών του κριτηρίου και οι μεγαλύτερες τιμές στις ευνοϊκότερες (καλύπτοντας με τον τρόπο αυτό όλες τις πιθανές περιπτώσεις).

**4° Στάδιο:** Αρχικά γίνεται αποτύπωση των χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου για κάθε εναλλακτικό σενάριο και αφού γίνει σύγκριση τους με την κλίμακα που αναπτύσσεται στο 3° στάδιο, λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή απόδοσης σε κλίμακα από 1 –10. Στη συνέχεια, οι τιμές που προκύπτουν, πολλαπλασιάζονται με το σχετικό συντελεστή βαρύτητας που έχει καθένα από τα κριτήρια σε κάθε ομάδα. Ακολούθως, προστίθενται τα αντίστοιχα γινόμενα για την κάθε ομάδα και με τον τρόπο αυτό ποσοτικοποιείται κάθε ομάδα κριτηρίων. Μετά, ο βαθμός κάθε ομάδας πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητάς της, κι έτσι προκύπτει μέσω της αθροιστικής συνάρτησης ένα μέτρο της συνολικής αποτελεσματικότητας κάθε επιλογής. Με βάση τη βαθμολογία αυτή γίνεται κατάταξη των

εναλλακτικών σεναρίων, με ευνοϊκότερο, αυτό που έχει την υψηλότερη επίδοση.

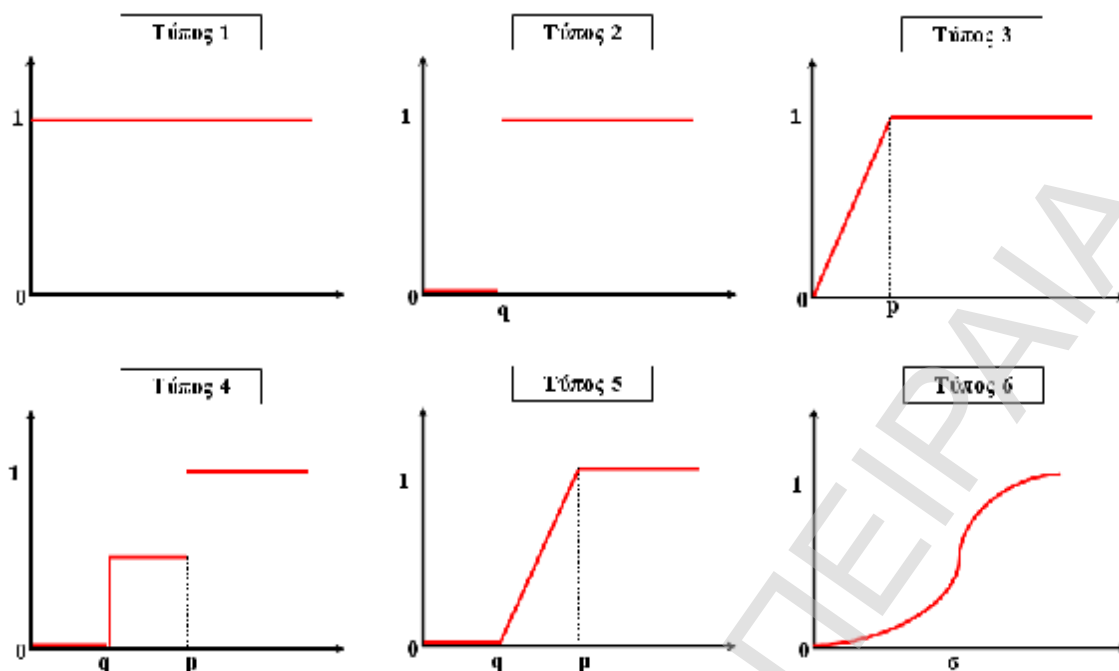
### 1.2.1 Μέθοδος λήψης αποφάσεων με καθορισμό μεμονωμένων κριτηρίων και σύγκριση σεναρίων ανά ζεύγη σε κάθε κριτήριο (Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής - Outranking approaches)

Η προσέγγιση των σχέσεων υπεροχής βασίζεται στην ανά ζεύγη σύγκριση των επιλογών σε κάθε μεμονωμένο κριτήριο με βάση τις επιδόσεις τους και τις ενδοκριτηριακές προτιμήσεις του αποφασίζοντα, όπως αυτές εκφράζονται με τα κατώφλια αδιαφορίας ή/και προτίμησης. Χαρακτηριστικό των μεθόδων υπεροχής είναι ότι η σύγκριση γίνεται στην αρχική κλίμακα μέτρησης των επιδόσεων (ποσοτική ή ποιοτική) χωρίς αναγωγή στο διάστημα  $[0,1]$ . Ο δείκτης που προκύπτει από την ανά κριτήριο σύγκριση συντίθεται στη συνέχεια σε ένα συνολικό δυαδικό δείκτη λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

Οι δυαδικοί δείκτες χαρακτηρίζουν ζεύγη επιλογών  $(a, b)$  και προσδιορίζουν στο διάστημα  $[0,1]$  το βαθμό στον οποίο ισχύει η υπόθεση: «η λύση  $a$  είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η λύση  $b$ ». Ανάλογα με την μέθοδο και τον ακριβή τρόπο υπολογισμού τους, οι δείκτες αυτοί ονομάζονται δείκτες προτίμησης ή δείκτες συμφωνίας (ως προς την υπόθεση). Μια λύση  $a$  που εμφανίζει υψηλές τιμές δεικτών προτίμησης σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις χαρακτηρίζεται από μία σχετική υπεροχή, ενώ αντίθετα άλλες λύσεις που δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση σε σημαντικό βαθμό, κρίνονται ως υποδεέστερες. Επομένως, το τελικό στάδιο στις μεθόδους υπεροχής είναι η επεξεργασία των δυαδικών δεικτών έτσι ώστε να προκύψουν σχέσεις υπεροχής και η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.

Οι πιο γνωστές μέθοδοι υπεροχής είναι οι ομάδες των μεθόδων ELECTRE, και PROMETHEE. Οι μέθοδοι προσέγγισης σχέσεων υπεροχής (Preference Ordering Method) χρησιμοποιούν για τη δυαδική σύγκριση των επιλογών ένα ή περισσότερα από 6 κριτήρια τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- 1) Κανονικό κριτήριο (usual type)
- 2) Κριτήριο με κατώφλι αδιαφορίας (U – type)
- 3) Κριτήριο με κατώφλι προτίμησης (V – type)
- 4) Βαθμωτό κριτήριο (level type)
- 5) Γραμμικό κριτήριο (linear type)
- 6) Κριτήριο Gauss (Gauss type)



Διάγραμμα 2. Οι 6 τύποι κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE

Η επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος με τις μεθόδους αυτές ακολουθεί τα εξής διαδοχικά στάδια:

**1<sup>ο</sup> Στάδιο:** Αρχικά, γίνεται η επιλογή των κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος και να μπορούν να βαθμολογηθούν σε κατάλληλη κλίμακα.

**2<sup>ο</sup> Στάδιο:** Για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης καθορίζεται η σπουδαιότητά τους με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων είναι 100%.

**3<sup>ο</sup> Στάδιο:** Πραγματοποιείται ανάλυση όλων των εναλλακτικών χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται βάσει κλίμακας 1-10, όπου οι μικρότερες τιμές αφορούν στις δυσμενέστερες αποδόσεις των χαρακτηριστικών του κριτηρίου και οι μεγαλύτερες τιμές στις ευνοϊκότερες (καλύπτοντας με τον τρόπο αυτό όλες τις πιθανές περιπτώσεις).

**4<sup>ο</sup> Στάδιο:** Αρχικά γίνεται αποτύπωση των χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου για κάθε εναλλακτικό σενάριο και αφού γίνει σύγκριση τους με την κλίμακα που αναπτύσσεται στο 3<sup>ο</sup> στάδιο, λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή απόδοσης σε κλίμακα από 1 –10.

**5<sup>ο</sup> Στάδιο:** Εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η ανάπτυξη και εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης της ομάδας αυτής περιλαμβάνει διακριτά επιμέρους βήματα όπως δυαδική σύγκριση επιλογών ανά κριτήριο,



υπολογισμός συνολικών δεικτών προτίμησης, υπολογισμό θετικών και αρνητικών ρών, μερική κατάταξη των επιλογών με βάση τις τιμές των θετικών και αρνητικών ρών, πλήρη κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής (καθαρή ροή).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

### 1.2.2 Αξιολόγηση μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης - Επιλογή βέλτιστης μεθόδου για εφαρμογή

Με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που εμφανίζουν οι δύο ομάδες μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης:

- i. Σύστημα λήψης αποφάσεων με χρήση αθροιστικής συνάρτησης ομάδων κριτηρίων (Πολυκριτηριακή θεωρία αξίας ή χρησιμότητας - Multi – Attribute Value or Utility Theory)
- ii. Σύστημα λήψης αποφάσεων με καθορισμό μεμονωμένων κριτηρίων και σύγκριση σεναρίων ανά ζεύγη σε κάθε κριτήριο (Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής - Outranking approaches).

Παρατηρείται ότι η δεύτερη ομάδα μεθόδων παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την πρώτη, όπως:

- Στηρίζεται στη δυαδική σύγκριση των επιλογών σε κάθε μεμονωμένο κριτήριο, γεγονός που παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να διενεργεί πιο αναλυτικές συγκρίσεις (εξειδικευμένη σύγκριση των επιμέρους χαρακτηριστικών των υπό εξέταση εναλλακτικών σεναρίων).
- Απαλείφει τη στρέβλωση των αποτελεσμάτων λόγω διαφορών κλίμακας.
- Λαμβάνει υπόψη το εύρος της διαφοράς των επιδόσεων των δύο συγκρινόμενων επιλογών.
- Διευρύνει την κλασική σχέση προτίμησης με την εισαγωγή ψευδοκριτηρίων, που δέχονται όρια - κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης.
- Διευρύνει την κλασική σχέση επικράτησης, αναγνωρίζοντας καταστάσεις ασυγκρισσιμότητας.
- Τα αποτελέσματα παρέχουν αρχικά μια μερική κατάταξη των επιλογών (που περιλαμβάνει και μη συγκρίσιμες επιλογές), η οποία μπορεί να αναχθεί και σε πλήρη κατάταξη.
- Παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει περισσότερες πληροφορίες και συμπεράσματα σχετικά με τα κριτήρια στα οποία υπερέχει ή υπολείπεται για κάθε εναλλακτικό σενάριο που εξετάζεται.
- Παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει περισσότερες και πιο αναλυτικές πληροφορίες και συμπεράσματα σχετικά με τη συνολική απόδοση κάθε εναλλακτικού σεναρίου που εξετάζεται.
- Εξασφαλίζεται η μη αποδοχή αποτελεσμάτων που στηρίζονται σε ακραίες τιμές βαθμολογίας των κριτηρίων (ιδιαίτερα δυσμενείς περιπτώσεις)
- Παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να προβαίνει σε διεξοδική ανάλυση των αποτελεσμάτων, μέσω ανάλυση ευαισθησίας της προτεινόμενης λύσης σε επιλεγμένα κριτήρια για τα οποία θεωρείται ότι έχουν υψηλότερο βαθμό σημαντικότητας σε σχέση με τα υπόλοιπα.
- Παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να προσδιορίσει τις περιπτώσεις στις οποίες κάποια κριτήρια ευνοούν σε μεγάλο βαθμό συγκεκριμένα σενάρια ενώ κάποια άλλα μειώνουν την προτίμηση στα σενάρια αυτά.

### 1.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

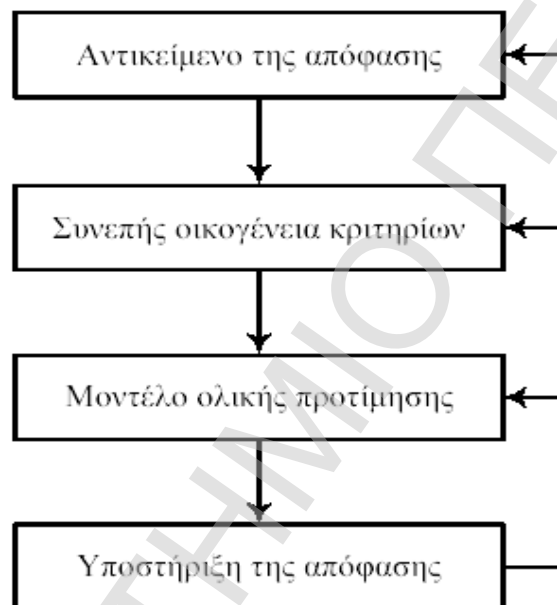
Ο βαθμός σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων για την αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων καθορίζεται από το συντελεστή βαρύτητας που αποδίδεται στα κριτήρια αυτά. Ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιούνται είτε άμεσοι συντελεστές βαρύτητας είτε έμμεσοι.

Οι άμεσοι συντελεστές βαρύτητας χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που ο αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός και είναι δυνατή η επιλογή συντελεστών βαρύτητας. Οι έμμεσοι συντελεστές βαρύτητας προσδιορίζονται με την ταξινόμηση των κριτηρίων κατά σειρά σπουδαιότητας, την απόδοση ενός συνολικού συντελεστή βαρύτητας ή ενός μέγιστου συντελεστή βαρύτητας και στη συνέχεια τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας σε σχέση με το άθροισμα όλων των συντελεστών βαρύτητας ή σε σχέση με το μεγαλύτερο συντελεστή. Επιπλέον, είναι δυνατή η χρήση κριτηρίων, στα οποία δεν έχει αποδοθεί συντελεστής βαρύτητας.

Ο προσδιορισμός της σπουδαιότητας του κάθε κριτηρίου βασίζεται στην ιδιαίτερη σημασία που δίνουν οι ενδιαφερόμενοι φορείς για κάθε κριτήριο. Συνεπώς, ανάλογα με το είδος του προβλήματος είναι δυνατό να παρουσιάζουν μεγαλύτερη σημασία για τους ενδιαφερόμενους φορείς τα περιβαλλοντικά κριτήρια σε σχέση με τα οικονομικά ή και το αντίστροφο. Έτσι, για τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας απαιτείται η προσεκτική ιεραρχική ταξινόμηση των διαφόρων κριτηρίων από τους ενδιαφερόμενους φορείς.

## 1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Με βάση τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων έχει τρεις βασικούς στόχους: την ανάλυση της ανταγωνιστικής φύσης των κριτηρίων, τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντος και τον εντοπισμό ικανοποιητικών λύσεων. Ο Roy (1996) πρότείνει ένα γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο για την επίτευξη αυτών των στόχων (Σχήμα 2).



Σχήμα 1- Γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο πολυκριτήριας ανάλυσης.

Στο πρώτο στάδιο καθορίζεται το σύνολο των εναλλακτικών δραστηριοτήτων και η προβληματική της ανάλυσης. Ως 'εναλλακτική' ( alternative) ορίζεται κάθε πιθανή επιλογή η οποία αποτελεί λύση του προβλήματος και η οποία πρέπει να αξιολογηθεί ως προς την καταλληλότητά της. Το σύνολο των εναλλακτικών μπορεί να οριστεί είτε ως ένα διακριτό σύνολο (discrete test) – στο οποίο είναι δυνατή η πλήρης καταγραφή όλων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων – είτε ως ένα συνεχές σύνολο (continuous set) – στο οποίο η εξαντλητική καταγραφή των εναλλακτικών δεν είναι δυνατή. Στη συνέχεια, απαιτείται ο καθορισμός της προβληματικής της ανάλυσης (decision problematic) γενικά, υπάρχουν τέσσερις προβληματικές που καλύπτουν τις πρακτικές περιπτώσεις:

- Η προβληματική τύπου α αναφέρεται στην επιλογή μίας ή περισσότερων εναλλακτικών οι οποίες θεωρούνται ως οι πιο κατάλληλες (choice).

- Η προβληματική β αναφέρεται στην ταξινόμηση των εναλλακτικών σε προκαθορισμένες ομοιογενείς κατηγορίες (classification/ sorting).
- Η προβληματική γ αναφέρεται στην κατάταξη των εναλλακτικών δραστηριοτήτων ξεκινώντας από τις καλύτερες (ranking).
- Τέλος, η προβληματική δ αναφέρεται στην περιγραφή των εναλλακτικών με βάση τα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης (description).

Στο δεύτερο στάδιο καθορίζεται μία συνεπής οικογένεια κριτηρίων. Ως κριτήριο θεωρείται μία μονότονη συνάρτηση  $x$ , που δηλώνει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος τέτοια ώστε για κάθε δυο εναλλακτικές  $x'$  και  $x''$  να ισχύει:

$$x' > x'' \Leftrightarrow x'Px''$$

$$x' = x'' \Leftrightarrow x'Ix'',$$

όπου  $x'$  και  $x''$  είναι οι επιδόσεις των εναλλακτικών  $x'$  και  $x''$  στο κριτήριο  $x$ , και  $P$  και  $I$  είναι αντίστοιχα οι σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας οριζόμενες έτσι ώστε :  $x'Px'' \Leftrightarrow$  η εναλλακτική  $x'$  είναι προτιμότερη από την  $x''$  (προτίμησης) και  $x'Ix'' \Leftrightarrow$  οι εναλλακτικές  $x'$  και  $x''$  είναι ισοδύναμες (αδιαφορία).

Για τη λήψη ορθολογικών αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι το σύνολο των εξεταζόμενων κριτηρίων διαμορφώνει μία συνεπή οικογένεια κριτηρίων.

Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει την κατασκευή και χρήση ενός μοντέλου ολικής προτίμησης (global evaluation model), το οποίο θεωρείται η σύνθεση όλων των κριτηρίων έτσι ώστε να ολοκληρωθεί ο στόχος της ανάλυσης με βάση την προβληματική που έχει οριστεί. Το μοντέλο χρησιμοποιείται ως βάση για : τον προσδιορισμό μίας συνολικής αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής, την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών και τη διεύρυνση του συνόλου των εναλλακτικών (σε συνεχές σύνολο). Η ανάπτυξη του γίνεται με δυο τρόπους: αλληλεπιδραστικά μέσω συνεργασίας του αναλυτή και του αποφασίζοντα, ή με ανάλυση των αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων έτσι ώστε να αναπτυχθεί το κατάλληλο μοντέλο που είναι συμβατό με την πολιτική λήψης των αποφάσεων που ακολουθεί ο αποφασίζων.

### 1.4.1 Τα πλεονεκτήματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης συγκριτικά με την ανεπίσημη κρίση

Η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την ανεπίσημη κρίση, η οποία δε στηρίζεται από κάποια ανάλυση:

- Είναι ανοιχτή και εκτεταμένη
- Η επιλογή των στόχων και των κριτηρίων που μπορεί να πάρει η οποιαδήποτε ομάδα ληπτών αποφάσεων είναι ανοιχτή στην ανάλυση και την αλλαγή εάν κριθούν ακατάλληλοι
- Τα σκορ και τα βάρη, όταν χρησιμοποιούνται είναι επίσης αναλυτικά και διαμορφώνονται με βάση καθορισμένες τεχνικές. Μπορούν επίσης να διασταυρωθούν με άλλες πηγές πληροφορίας για τις σχετικές τιμές και να αλλαχθούν εάν κριθεί απαραίτητο.
- Η μέτρηση της αποδοτικότητας μπορεί να γίνει και από ειδικούς ώστε να μην αφήνεται απαραίτητα στους λήπτες αποφάσεων
- Μπορεί να παρέχει ένα σημαντικό μέσο επικοινωνίας μεταξύ των ληπτών αποφάσεων και ορισμένες φορές μεταξύ των ληπτών και της κοινότητας.

### 1.4.2 Ο πίνακας αποδοτικότητας

Ένα κύριο χαρακτηριστικό της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι ένας πίνακας αποδοτικότητας, ή πίνακας συνέπειας, στον οποίο κάθε σειρά περιγράφει μία επιλογή και κάθε στήλη την αποδοτικότητα των επιλογών απέναντι σε κάθε κριτήριο. Κάθε μία αξιολόγηση της αποδοτικότητας είναι συνήθως αριθμητική αλλά μπορεί επίσης να εκφραστεί και ως «σημειακό» σκορ ή χρωματική κωδικοποίηση.

Στη βασική μορφή πολυκριτηριακής ανάλυσης αυτός ο πίνακας αποδοτικότητας μπορεί να είναι το τελικό προϊόν της ανάλυσης. Στη συνέχεια, οι λήπτες αποφάσεων αναλαμβάνουν να αξιολογήσουν το βαθμό στον οποίο οι στόχοι τους ικανοποιούνται από τα στοιχεία του πίνακα. Αυτή η επεξεργασία στοιχείων μπορεί να είναι γρήγορη και αποτελεσματική αλλά μπορεί επίσης να οδηγήσει στη χρήση αδικαιολόγητων υποθέσεων, προκαλώντας λανθασμένη κατάταξη των επιλογών.

### 1.4.3 Σκορ και βάρη

Οι τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης εφαρμόζουν αριθμητική ανάλυση στον πίνακα αποδοτικότητας σε δύο στάδια:

1. Σκορ: ένα αριθμητικό σκορ ορίζεται για τις αναμενόμενες συνέπειες κάθε επιλογής βάσει μιας κλίμακας προτίμησης για κάθε επιλογή και για κάθε κριτήριο. Οι περισσότερες προτιμητέες επιλογές έχουν μεγαλύτερο σκορ στην κλίμακα και οι λιγότερες προτιμητέες έχουν χαμηλότερο σκορ. Στην πράξη, οι κλίμακες από 0 έως 100 χρησιμοποιούνται συχνά, όπου το 0 αναπαριστά μία πραγματική ή υποθετικά λιγότερο προτιμητέα επιλογή, και το 100 σχετίζεται με μία πραγματική ή περισσότερα προτιμητέα επιλογή. Όλες οι επιλογές που λαμβάνονται υπόψη στην πολυκριτηριακή ανάλυση εμπίπτουν μεταξύ του 0 και του 100.
2. Βάρη: αριθμητικά βάρη ορίζονται, για κάθε κριτήριο, για να προσδιορίσουν τις σχετικές εκτιμήσεις μίας αλλαγής μεταξύ της κορυφής και της βάσης της επιλεγμένης κλίμακας.

Στη συνέχεια, μαθηματικοί τύποι χρησιμοποιούνται για να συνδυαστούν τα δύο παραπάνω στοιχεία ώστε να αξιολογηθεί ολικά το κάθε κριτήριο. Αυτή η διαδικασία απαιτεί επομένως από τον καθένα να παρέχει αυτές τις πληροφορίες, ώστε να αναλυθούν στη συνέχεια με τέτοιο τρόπο που να είναι συνεπής με τις προτιμήσεις, όπως αυτές προκύπτουν από τις υποκειμενικές εκτιμήσεις.

Αυτές οι προσεγγίσεις πολυκριτηριακής ανάλυσης ονομάζονται *αντισταθμιστικές τεχνικές*, καθώς χαμηλά σκορ σε ένα κριτήριο μπορούν να αντισταθμιστούν από υψηλά σκορ σε άλλο κριτήριο. Ο πιο απλός τρόπος συνδυασμού των σκορ σε κάθε κριτήριο και των σχετικών βαρών μεταξύ των κριτηρίων είναι ο απλός σταθμισμένος μέσος όρος των σκορ.

Η χρήση των σταθμισμένων μέσων όρων βασίζεται στην υπόθεση της *αμοιβαίας ανεξαρτησίας των προτιμήσεων*. Αυτό σημαίνει ότι ισχύς της προτίμησης μίας επιλογής για ένα κριτήριο είναι ανεξάρτητη από την ισχύ της προτίμησης για ένα άλλο κριτήριο. Όπου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η υπόθεση της αμοιβαίας ανεξαρτησίας των προτιμήσεων, άλλες μέθοδοι είναι διαθέσιμες, οι οποίες είναι ωστόσο πιο πολύπλοκες στην εφαρμογή τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ



## ΘΕΩΡΙΑ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής, που αναπτύχθηκε αρχικά από τον Roy (1991, 1996), έχει στόχο την ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου που επιτρέπει την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών. Οι μέθοδοι σχέσεων υπεροχής/ ανάλυσης συμφωνίας επιτρέπουν τη γενική διάταξη των εναλλακτικών ενώ παράλληλα επιτρέπουν ξεχωριστά ζεύγη απόψεων να παραμείνουν μη συγκρίσιμα όταν δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για να γίνει διάκριση μεταξύ των εναλλακτικών. Αντίθετα, οποιαδήποτε προσθετική μέθοδος, όπως η πολυδιάστατη θεωρία χρησιμότητας ή η διαδικασία αναλυτικής ιεραρχίας, από τις οποίες προκύπτει ένα μόνο σκορ για κάθε εναλλακτική, απαιτεί όλες οι επιλογές να είναι άμεσα συγκρίσιμες, ακόμη κι όταν τέτοιες συγκρίσεις είναι αμφισβητήσιμες λόγω έλλειψης κατάλληλων στοιχείων. Οι μέθοδοι υπεροχής χτίζουν μια σχέση, τη «σχέση υπεροχής», η οποία αναπαριστά τις έντονα διαμορφωμένες προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων, δεδομένων των διαθέσιμων πληροφοριών. Πρόκειται για ένα πολυκριτηριακό μοντέλο το οποίο χρησιμοποιεί διάφορες μαθηματικές συναρτήσεις ώστε να δείξει το βαθμό επικράτησης της μιας εναλλακτικής έναντι της άλλης. Οι μέθοδοι υπεροχής διευκολύνουν τη σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών με την αντιστοίχιση αρχικών βαρών στα κριτήρια αποφάσεων και εν συνεχεία μεταβάλλοντας τα βάρη αυτά στα πλαίσια της ανάλυσης ευαισθησίας, εάν η ακριβή τους τιμή δεν είναι γνωστή. Η σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών συνεχίζεται ανά ζεύγη αναφορικά με κάθε κριτήριο απόφασης και καθορίζει το βαθμό επικράτησης ή «υπεροχής» της μία επιλογής έναντι της άλλης. Το αποτέλεσμα είναι η κατάταξη των διαφόρων επιλογών.

Συγκεκριμένα, η σχέση υπεροχής  $S$  είναι μία διμερής σχέση οριζόμενη στο σύνολο των εναλλακτικών, έτσι ώστε :

$x'Sx'' \Leftrightarrow$  η εναλλακτική  $x'$  είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η  $x''$ .

Η σύγκριση δύο οποιονδήποτε εναλλακτικών  $x'$  και  $x''$  βασίζεται στην ισχύ των ενδείξεων που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό « η εναλλακτική  $x'$  είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η  $x''$  » (θετικές ενδείξεις), καθώς και στην ισχύ των ενδείξεων κατά αυτού του ισχυρισμού (αρνητικές). Εφόσον η ισχύς των θετικών ενδείξεων είναι υψηλή και ταυτόχρονα η ισχύς των αρνητικών είναι χαμηλή, τότε μπορούμε να πούμε ότι ισχύει η σχέση  $x'Sx''$ .

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

### 3.1 Η μέθοδος του Simos (1990) - Καθορίζοντας τα βάρη των κριτηρίων

Στα πλαίσια των μεθόδων λήψης αποφάσεων ο καθορισμός των βαρών των διαφόρων κριτηρίων είναι δύσκολη υπόθεση. Διάφορες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό, όπως αναφέρουν οι Figueira και Roy (2002). Ο J.Simos πρότεινε μια πολύ απλή διαδικασία ώστε ο λήπτης αποφάσεων να ορίσει κατάλληλες αριθμητικές τιμές για τα βάρη, χρησιμοποιώντας κάρτες.

Σύμφωνα με τον Simos (1990), η τεχνική αυτή επιτρέπει στον λήπτη αποφάσεων (ακόμη κι όταν δεν έχει εμπειρία στη λήψη αποφάσεων) να αναλογιστεί τον τρόπο με τον οποίο θα εκφράσει την ιεράρχηση των διαφόρων κριτηρίων ενός συνόλου  $F$  στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Η μέθοδος αυτή στοχεύει επίσης να μεταδώσει στον αναλυτή όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ώστε να οριστούν αριθμητικές τιμές στα βάρη κάθε κριτηρίου του συνόλου  $F$ . Η διαδικασία αυτή έχει εφαρμοστεί σε διάφορα πραγματικά προβλήματα και έχει γίνει αποδεκτή από πολλούς λήπτες αποφάσεων, γεγονός το οποίο δείχνει ότι οι πληροφορίες που γίνονται διαθέσιμες μέσω αυτής της διαδικασίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές όσον αφορά τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων. Ωστόσο, η μέθοδος του Simos έχει ορισμένα μειονεκτήματα: 1) βασίζεται σε μία μη-πραγματική υπόθεση. Αυτό προκύπτει από την έλλειψη ουσιωδών πληροφοριών, όπως τονίζεται από τον Scharlig (1996), 2) οδηγεί στην ελλιπή επεξεργασία στοιχείων της ίδιας σημαντικότητας (δηλαδή του ίδιου βάρους).

Η κύρια καινοτομία της μεθόδου αυτής του Simos (1990) έγκειται στη συσχέτιση μίας «κάρτας» με κάθε ένα κριτήριο. Το γεγονός ότι το άτομο που εξετάζεται πρέπει να χειριστεί τις κάρτες ώστε να τις κατατάξει εισάγοντας ορισμένες άσπρες κάρτες, επιτρέπει τη βαθύτερη κατανόηση του σκοπού της διαδικασίας αυτής.

Η συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών γίνεται σε τρία στάδια, όπως αναφέρουν οι Figueira και Roy (2002):

1) Ένα πακέτο με  $n$  κάρτες δίνεται στο άτομο υπό εξέταση (τον χρήστη). Πάνω σε κάθε κάρτα γράφεται το όνομα κάθε κριτηρίου που ανήκει στο σύνολο κριτηρίων  $F$  μαζί με οποιαδήποτε συμπληρωματική πληροφορία που κρίνεται απαραίτητη. Επομένως, τα κριτήρια είναι επίσης  $n$ . Μαζί με τις κάρτες αυτές παρέχεται και ένα πακέτο με άσπρες κάρτες, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τις ανάγκες του χρήστη.

2) Ο χρήστης, όπως εξηγούν οι Figueira και Roy (2002), ζητείται να κατατάξει τις κάρτες αυτές (δηλαδή τα κριτήρια) με αύξουσα σειρά από τη λιγότερο σημαντική στην πιο σημαντική, ανάλογα δηλαδή με τη σημαντικότητα που θέλει να αποδώσει σε κάθε κριτήριο. Το πρώτο κριτήριο στην κατάταξη είναι το λιγότερο σημαντικό και το τελευταίο είναι το πιο σημαντικό.

Εάν κάποια κριτήρια είναι εξίσου σημαντικά για τον χρήστη, θα πρέπει να οριστεί ένα υποσύνολο καρτών.

3) Ο χρήστης ζητείται να αναλογιστεί το γεγονός ότι η σημαντικότητα δύο διαδοχικών κριτηρίων μπορεί να είναι σχεδόν ίδια. Στον καθορισμό των βαρών πρέπει να ληφθεί υπόψη αυτή η ελάχιστη διαφορά, για το λόγο αυτό ο χρήστης ζητείται να εισάγει τόσες περισσότερες άσπρες κάρτες μεταξύ δύο διαδοχικών καρτών όσο μεγαλύτερη είναι και η διαφορά της σημαντικότητας μεταξύ των κριτηρίων. Καμία άσπρη κάρτα σημαίνει ότι τα δύο κριτήρια δεν έχουν τα ίδια βάρη και ότι η διαφορά μεταξύ των βαρών μπορεί να οριστεί ως η μονάδα μέτρησης  $u$  μεταξύ των τάξεων. Μία κάρτα σημαίνει διαφορά  $2u$ , δύο κάρτες σημαίνει διαφορά  $3u$  κ.ο.κ.

*Ο προσδιορισμός των βαρών των κριτηρίων σύμφωνα με τον Simos*

Τη συγκέντρωση των πληροφοριών ακολουθεί ο καθορισμός των βαρών των κριτηρίων. Ο τρόπος που προτείνει ο Simos για την επεξεργασία των συγκεντρωμένων πληροφοριών αναλύεται από τους Maestre et al. (1994) με τη χρήση ενός παραδείγματος.

Ας θεωρήσουμε ένα σύνολο κριτηρίων  $F$  με 12 κριτήρια:

$F = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l\}$

Ας υποθέσουμε ότι ο χρήστης ομαδοποιεί τις κάρτες που συσχετίζονται με τα κριτήρια της ίδιας σημαντικότητας (ίδιο βάρος) σε 6 διαφορετικά υποσύνολα. Προκειμένου ο Simos (1990) να μετατρέψει τις τάξεις σε βάρη, προτείνει τον ακόλουθο αλγόριθμο:

- 1) Κατάταξη των υποσυνόλων από το λιγότερο καλό στο πιο καλό με τη χρήση των άσπρων καρτών.
- 2) Απόδοση μίας θέσης (βάρους κατά τον Simos) σε κάθε κριτήριο και σε κάθε άσπρη κάρτα: η κάρτα με τη μικρότερη κατάταξη παίρνει τη θέση 1, η επόμενη τη θέση 2 κ.ο.κ.
- 3) Προσδιορισμός του μη-κανονικοποιημένου βάρους (μέσο βάρος κατά τον Simos) κάθε τάξης διαιρώντας το άθροισμα των θέσεων της τάξης αυτής με το συνολικό αριθμό των κριτηρίων που ανήκουν στην τάξη αυτή.
- 4) Προσδιορισμός του κανονικού βάρους (σχετικό βάρος κατά τον Simos) κάθε κριτηρίου διαιρώντας το μη κανονικοποιημένο βάρος της τάξης με το συνολικό άθροισμα των θέσεων των κριτηρίων (χωρίς να ληφθούν υπόψη οι άσπρες κάρτες).

### 3.2 Revised Simos

Καθορισμός των βαρών κριτηρίων στις μεθόδους τύπου ELECTRE με μια αναθεωρημένη μέθοδο Simos

Σε ένα πλαίσιο λήψης απόφασης, η γνώση των προτιμήσεων του ιθύνοντος (decision maker, DM) και ο καθορισμός των βαρών των κριτηρίων είναι πολύ δύσκολες ερωτήσεις. Πολλές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δοθεί μια κατάλληλη τιμή στα βάρη των κριτηρίων. Ο J.Simos πρότεινε μια πολύ απλή διαδικασία, κάνοντας χρήση ενός συνόλου από κάρτες, επιτρέποντας έτσι να καθοριστούν έμμεσα αριθμητικές τιμές για τα βάρη. Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι πρώτα να εξηγήσει γιατί η παραπάνω μέθοδος χρειάζεται αναθεώρηση, και κατ' επέκταση την αναθεωρημένη μέθοδο που προτείνουμε. Αυτή η έκδοση λαμβάνει υπόψη ένα νέο είδος πληροφοριών από τον DM και αλλάζει συγκεκριμένες μεθόδους υπολογισμού της προηγούμενης μεθόδου. Έχει αναπτυχθεί ένα λογισμικό βασισμένο στην αναθεωρημένη διαδικασία Simos, του οποίου τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία. Η νέα μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πραγματικές περιπτώσεις (δημόσια μεταφορά, προβλήματα αποθέματος νερού, περιβαλλοντικά προβλήματα) και αποδείχτηκε αποτελεσματικό.

Ο Simos πρότεινε μια τεχνική που θα επέτρεπε κάθε DM να σκεφτεί και να εκφράσει καλύτερα το πως επιθυμεί να ιεραρχήσει τα διάφορα κριτήρια μιας οικογένειας  $F$  σε δοσμένο σύνολο. Αυτή η διαδικασία βοηθά και στο να αποκτήσει την απαιτούμενη πληροφορία αναλυτής, έτσι ώστε να δώσει στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται από την ELECTRE αριθμητικές τιμές. Η διαδικασία έχει δοκιμαστεί σε πολλές πραγματικές συνθήκες και έχει αποδειχτεί εύκολα αποδεκτή από τους αποφασίζοντες. Επίσης πιστεύουμε ότι η πληροφορία που αποκτάται από αυτή τη μέθοδο διαφέρει αρκετά με την άποψη του αποφασίζοντα. Εντούτοις, ο τρόπος που η μέθοδος Simos προτείνει την επεξεργασία της πληροφορίας χρειάζεται αναθεώρηση για δύο κυρίως λόγους:

1. Είναι βασισμένος σε μια μη ρεαλιστική υπόθεση. Αυτό συμβαίνει από την έλλειψη στοιχειώδους πληροφορίας.
2. Οδηγεί στην επεξεργασία των κριτηρίων με την ίδια σημασία με ένα μη συμπαγή τρόπο.

Η αναθεώρηση που προτείνεται για αυτές τις προοπτικές δεν έχει εφαρμοστεί επιτυχώς στα διάφορα ιδρύματα, όπως το Agence de l' Environnement et de la Maitrise de l' Energie. Αρκετες συμβουλευτικές εταιρείες κάνουν χρήση αυτού του μοντέλου αλλά η δουλειά τους δεν είδε το φως της δημοσιότητας. Αυτή η διαδικασία κάλλιστα προσαρμόζεται στα πλαίσια όπου, για διαφορετικούς λόγους χρειάζεται να φέρουμε στην επιφάνεια όχι μόνο ένα αλλά

περισσότερα σεντ βαρών. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι σημαντικό να εκμεταλλευτούμε γρήγορα την πληροφορία σε διαφορετικές φάσεις.

Ας υπογραμμίσουμε ότι, όπως και στην προηγούμενη μέθοδο, η αναθεωρημένη έκδοση στοχεύει στο να αποδοθεί ένα εγγενές βάρος σε κάθε κριτήριο, το οποίο να μην εξαρτάται είτε από τη σειρά της κλίμακας είτε από την κωδικοποίηση που εκφράζει την αξιολόγηση σχετικά με αυτήν την κλίμακα. Εφαρμογές στην πραγματική ζωή δείχνουν ότι όταν κάποιος ρωτά ένα αποφασίζοντα τη αξία θέλει να δώσει σε κάθε κριτήριο, αυτός εκφράζει τις προτιμήσεις του αυθόρμητα χωρίς να γνωρίζει είτε το εύρος της κλίμακας και τη διαδικασία με την οποία κωδικοποιείται η κλίμακα. Εντούτοις, διάφορες διαδικασίες συνάθροισης, και συγκεκριμένα η MAUT και το "Weighted Sum Aggregation Method" χρησιμοποιούν βάρη που δεν έχουν αυτό το εγγενές χαρακτηριστικό. Σε αυτή την περίπτωση, το γεγονός ότι το βάρος ενός κριτηρίου είναι μεγαλύτερο από το βάρος ενός άλλου δεν είναι τόσο σημαντικό διότι μερικές αλλαγές στο εύρος ή στη μονάδα της κλίμακας μπορούν να ανατρέψουν τη θέση αυτών των δύο κριτηρίων. Προκειμένου να ληφθεί μια σχετική πληροφορία στα πλαίσια τέτοιων διαδικασιών, είναι κρίσιμο η παραγωγή να λαμβάνει υπόψη τη φύση και την κωδικοποίηση. Εντούτοις αυτό δεν είναι πάντα το πρόβλημα. Για παράδειγμα, η Analytic Hierarchy Process του Saaty ρωτά το χρήστη να σκεφτεί και να εκφράσει τις προτιμήσεις του χωρίς να γίνεται αναφορά στο εύρος και την κωδικοποίηση της κλίμακας κριτηρίων. Τα βάρη που αποκομίζονται χρησιμοποιούνται στη Μέθοδο Συνάθροισης Ποσού (Weighted Sum Aggregation Method). Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει ο φόβος ότι ο τρόπος που εκμεταλλευόμαστε το αποτέλεσμα, δεν είναι συνεπής με αυτό που σημαίνει.

## Η προτεινόμενη διαδικασία του Simos (Revised Simos)

Η κύρια καινοτομία στη νέα προσέγγιση έγκειται στην αντιστοίχιση μιας «κάρτας παιχνιδιού» με κάθε κριτήριο. Το γεγονός ότι το άτομο που εξετάζεται πρέπει να χειριστεί τις κάρτες ώστε να τις κατατάξει, εισάγωντας τις λευκές κάρτες, επιτρέπει μια επιπλέον διαισθητική κατανόηση του στόχου αυτής της διαδικασίας. Αφού εξηγήσουμε πως να συλλέξουμε τις πληροφορίες (Τμήμα 2.1), υπενθυμίζουμε τον τρόπο που προτείνει ο Simos για να χρησιμοποιηθούν (Τμήμα 2.2). Εν τέλει, παρουσιάζουμε γιατί κατά την γνώμη μας γιατί η τεχνική του δεν είναι ικανοποιητική (Τμήμα 2.3).

### Συλλέγοντας τις πληροφορίες

Η τεχνική που χρησιμοποιείται για συλλογή της πληροφορίας αποτελείται από τα ακόλουθα τρία βήματα:

1. Δίνουμε στο άτομο που εξετάζεται ένα σύνολο καρτών: το όνομα κάθε κριτηρίου είναι γραμμένο πάνω σε κάθε κάρτα μαζί με άλλες πληροφορίες αν θεωρηθεί αναγκαίο. Γι'αυτό και έχουμε  $N$  κάρτες αν  $N$  είναι και ο αριθμός των κριτηρίων μιας ομάδας  $f$ . Αυτές οι κάρτες δε θα πρέπει να φέρουν κανένα αριθμό για να μην «προδώσουν» τις απαντήσεις. Δίνουμε επίσης και ένα σετ λευκών καρτών με το ίδιο μέγεθος. Ο αριθμός αυτών θα εξαρτηθεί από τις ανάγκες των χρηστών.
2. Ζητάμε από το χρήστη να κατατάξει αυτές τις κάρτες (ή κριτήρια) από τη λιγότερο σημαντική στην περισσότερο. Έτσι ο χρήστης θα κατατάξει με αύξουσα σειρά σύμφωνα με τη σπουδαιότητα που θέλει να αντιστοιχίσει στα κριτήρια: το πρώτο κριτήριο στην κατάταξη θα είναι το λιγότερο σημαντικό ενώ το τελευταίο κριτήριο το σημαντικότερο. Σύμφωνα με την οπτική γωνία του χρήστη, αν κάποια κριτήρια έχουν την ίδια σπουδαιότητα, θα μπορούσε να χτίσει ένα υποσύνολο από κάρτες τις οποίες θα συνδέσει μεταξύ τους με ένα συνδετήρα. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι για να καταταγούν οι κάρτες και εξαρτώνται καθαρά από την φαντασία του χρήστη. Συνεπώς λαμβάνουμε μια πλήρη προδιάταξη όλων των κριτηρίων  $N$ . Θεωρούμε  $n$  τον αριθμό των επιπέδων αυτής της προδιάταξης, Το πρώτο επίπεδο είναι το «Επίπεδο 1», το δεύτερο «Επίπεδο 2» κτλ.
3. Ζητάμε από το χρήστη να λάβει υπόψιν το γεγονός ότι η σπουδαιότητα από δύο διαδοχικά κριτήρια κατά την ταξινόμηση μπορεί να είναι λιγότερο ή περισσότερο κοντά. Ο προσδιορισμός των βαρών πρέπει να λαμβάνει υπόψιν αυτή τη είτε μικρότερη είτε μεγαλύτερη διαφορά στη σπουδαιότητα των διαδοχικών κριτηρίων. Έτσι ζητάμε να εισάγει λευκές κάρτες ανάμεσα σε διαδοχικά κριτήρια. Όσο μεγαλύτερη η διαφορά μεταξύ των βαρών τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των λευκών καρτών.
  - Καμία λευκή κάρτα, σημαίνει πως τα κριτήρια δεν έχουν το ίδιο βάρος και ότι η διαφορά μεταξύ των βαρών μπορεί να επιλεγεί ως μονάδα μέτρησης των διαστημάτων μεταξύ των βαρών. Έστω  $u$  η μονάδα μέτρησης.

- Μια λευκή κάρτα σημαίνει δύο φορές το  $u$ .
- Δύο λευκές κάρτες αναφέρονται σε μια διαφορά της τάξης των τρία  $u$ , κτλ.

### Καθορίζοντας τα βάρη των κριτηρίων με μια διαδικασία Simos

Ας θεωρήσουμε την οικογένεια  $F$  με 12 κριτήρια :

$$F = \{ a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l \}.$$

Υποθέτουμε ότι ο χρήστης ομαδοποιεί τις κάρτες που σχετίζονται με τα κριτήρια που έχουν την ίδια σπουδαιότητα σε έξι διαφορετικά υποσύνολα κριτηρίων. Ο «Πίνακας 1» δείχνει την κατάταξη αυτών των καρτών συνυπολογίζοντας τον αριθμό των λευκών καρτών που εισάγονται μεταξύ δύο διαδοχικών υποσυνόλων κριτηρίων. Για να μετατρέψουμε την κατάταξη σε βάρη ο Simos προτείνει τον ακόλουθο αλγόριθμο:

1. Κατάταξη των υποσυνόλων των κριτηρίων από το λιγότερο καλό στο καλύτερο σύμφωνα με τις λευκές κάρτες.

Κατάταξη	Υποσύνολο Κριτηρίων	Αριθμός Καρτών
1	{c,g,l}	3
2	{d}	1
3	White Card	1
4	{b,f,i,j}	4
5	{e}	1
6	{a,h}	2
7	{k}	1

Πίνακας 1 - Παρουσίαση της πληροφορίας που απορρέει από τον αριθμό καρτών

2. Αποδίδοντας μια θέση ( βάρος σύμφωνα με τον Simos ) σε κάθε κριτήριο για κάθε λευκή κάρτα : η λιγότερο κατάλληλη κάρτα λαμβάνει τη θέση 1, επόμενη θέση 2 και ούτω καθεξής.
3. Καθορίζοντας το μη-κανονικοποιημένο βάρος κάθε κατηγορίας: διαιρώντας το άθροισμα των θέσεων μιας κατηγορίας με το συνολικό αριθμό κριτηρίων που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.
4. Καθορίζοντας το κανονικοποιημένο βάρος για κάθε κριτήριο: διαιρώντας το μη-κανονικοποιημένο βάρος της κατηγορίας με το συνολικό άθροισμα των θέσεων των κριτηρίων χωρίς να υπολογίζονται οι άσπρες κάρτες. Να σημειωθεί ότι τα κανονικοποιημένα βάρη είναι



ακέραιοι αριθμοί. Η τεχνική βασίζεται στην στρογγυλοποίηση των βαρών στην κοντινότερη μεγαλύτερη ή μικρότερη ακέραια τιμή.

## Οι κύριες αντιρρήσεις στον τρόπο της διαδικασίας Simos για καθορισμό αριθμητικών τιμών για βάρη.

### Αποκλεισμός συγκεκριμένων υποσυνόλων κριτηρίων

Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, τέσσερα κριτήρια  $a, b, c$  και  $d$ . Αν ο χρήστης κατατάξει αυτά τα κριτήρια με την ακόλουθη σειρά:  $a, b, c, d$  και αν θεωρήσει ότι η διαφορά σπουδαιότητας ανάμεσα στο  $a$  και  $b$ ,  $b$  και  $c$ ,  $c$  και  $d$  είναι η ίδια τότε δεν υπάρχει λόγος να εισάγουμε λευκές κάρτες μεταξύ των διαδοχικών κριτηρίων. Επαγωγικά προκύπτει ότι το βάρος του κριτηρίου  $d$  θα είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερο του βάρους του κριτηρίου  $a$ . Αυτή η αναλογία καθορίζεται αυτόματα από τη διαδικασία χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η προτίμηση του χρήστη. Εντούτοις, άλλα σύνολα κριτηρίων όπως  $3, 4, 5, 6$  ή  $6, 7, 8, 9$  θα ταιριάζανε στην γνώμη του χρήστη για την σχετική σπουδαιότητα των κριτηρίων. Τέτοια σύνολα βαρών δυστυχώς δεν μπορούν να αποκτηθούν με την διαδικασία Simos.

Ας υποθέσουμε ότι ο χρήστης επιθυμεί να διαβαθμίσει τις διαφορές ανάμεσα στα βάρη με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε διαφορά να είναι πάντα μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Επομένως θα μπορούσε να εισάγει δύο λευκές κάρτες μεταξύ  $A$  και  $B$ , τρεις λευκές κάρτες μεταξύ  $B$  και  $C$  και τέσσερις λευκές κάρτες μεταξύ  $C$  και  $D$ . Το αποτέλεσμα είναι τα ακόλουθα βάρη:  $1, 4, 8, 13$ . Συνεπώς το κριτήριο  $D$  είναι δεκατρείς φορές πιο σημαντικό από το κριτήριο  $A$ . Για παράδειγμα, ένα σύνολο βαρών  $10, 12, 15, 19$  ίσως είναι πιο αντιπροσωπευτικό για τις επιθυμίες του χρήστη, ωστόσο αυτό το σύνολο δεν είναι δυνατό να παραχθεί όταν επεξεργαζόμαστε την πληροφορία με τη διαδικασία Simos. Η προτεινόμενη διαδικασία για μετατροπή των κατηγοριών σε βάρη περιορίζει το σύνολο των εφικτών βαρών διότι καθορίζει αυτομάτως την αναλογία ανάμεσα στα βάρη του καλύτερου και του χειρότερου κριτηρίου στην κατάταξη. Επομένως αν δεν υπάρχουν λευκές κάρτες στην πρώτη και τελευταία κατηγορία, η αναλογία είναι ίδια με το σύνολο των καρτών  $T$ . Αν έχουμε όμως ένα υποσύνολο με  $q$  πιο σημαντικά κριτήρια και ένα υποσύνολο με  $p$  λιγότερο σημαντικά κριτήρια στην κατάταξη, λαμβάνουμε την παρακάτω αναλογία:

$$z = \frac{\left(\sum_{i=0}^{q-1} (T-i)\right)p}{\left(\sum_{i=0}^{p-1} (1+i)\right)q}$$

Στο παράδειγμα του πίνακα 2 ,  $T = 13$  ,  $q = 1$  ,  $p = 3$  που μας οδηγεί στην αναλογία  $z = \frac{13}{2} = 6.5$  . Το άτομο που εξετάζεται δεν γνωρίζει για αυτό τον κανόνα υπολογισμού, ο οποίος μπορεί να έχει συγκεκριμένα απροσδόκητα αποτελέσματα. Στις μεθόδους τύπου ELECTRE τα βάρη πρέπει να ερμηνεύονται ως ο αριθμός των ψήφων που αντιστοιχούν σε κάθε κριτήριο. Αυτές οι ψήφοι μπορούν να προστεθούν μεταξύ τους και να καθορίσουν το βάρος της δομής. Η αναλογία ανάμεσα στον μέγιστο αριθμό ψήφων και τον ελάχιστο αριθμό που αποδίδονται στα διαφορετικά κριτήρια είναι ένα είδος πληροφορίας που αποκτήσαμε αυτομάτως από το σύνολο των καρτών που ενσωματώσαμε. Αυτό το μειονέκτημα αποκλείει πολλά ρεαλιστικά σύνολα βαρών.

### Επεξεργασία των υποσυνόλων των ίσων κριτηρίων

Ας επιστρέψουμε στο παράδειγμα του πίνακα 2. Ας υποθέσουμε ότι το  $c$  είναι το λιγότερο σημαντικό κριτήριο, και τα  $g$  και  $l$  είναι δύο ίσα κριτήρια στο επίπεδο 2. Το βάρος του  $c$  μειώνεται από 2 σε 1, αλλά τα βάρη των  $g$  και  $l$  αυξάνονται από 2 σε 2.5 . Τα υπόλοιπα βάρη δεν αλλάζουν, και μπορούμε να συλλογιστούμε για τα θεμέλια της αύξησης στα βάρη των  $g$  και  $l$  . Αν πάρουμε τα  $c$  και  $g$  ως τα λιγότερα σημαντικά κριτήρια, και τα  $l$  και  $d$  ως ένα υποσύνολο των ίσων κριτηρίων τότε αποκτούμε τις τιμές 1.5 για τα  $c$  και  $g$  και 3.5 για τα  $l$  και  $d$  . Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση , τα βάρη των υπολοίπων κριτηρίων δεν διαφοροποιούνται κα μας προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι το βάρος του κριτηρίου  $d$  μειώνεται από 4 σε 3.5 . Αυτό συμβαίνει διότι το  $l$ , που ήταν στην πρώτη κατηγορία ενώ ήταν ίσο με τα  $c$  και  $g$  τώρα είναι ίσο με το  $d$ .

Πίνακας 2 - Μετατρέποντας την κατάταξη σε βάρη με τη διαδικασία Revised Simos.

Subsets of ex aequo	Number of cards	Positions	Non-normalized weights	Normalized weights	Total
{c,g,l}	3	1,2,3	$(1+2+3)/3 = 2$	$2/86 * 100 \approx 2$	$3*2 = 6$
{d}	1	4	4	$4/86 * 100 \approx 5$	$1*5 = 5$
<b>White</b>	1	(5)	...	...	...
{b,f,i,j}	4	6,7,8,9	$(6+7+8+9)/4 = 7.5$	$7.5/86 * 100 \approx 9$	$4*9 = 36$
{e}	1	10	10	$\approx 12$	$1*12 = 12$
{a,h}	2	11,12	11.5	$\approx 13$	$2*13 = 26$
{k}	1	13	13	$\approx 15$	$1*15 = 15$
<b>Sum</b>	13	86*	...	...	100

Ο αστερίσκος \* υποδηλώνει ότι το άθροισμα δεν περιλαμβάνει τις τιμές σε παρενθέσεις.

Στον πίνακα 2 μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε τα παραπάνω. Αν θεωρήσουμε 2 συνεχόμενα κριτήρια στο σύνολο των καρτών και αν δεν υπάρχει καμιά λευκή κάρτα ανάμεσά τους, τότε η διαφορά των βαρών που αποδίδονται σε αυτά τα κριτήρια δεν είναι συνεχής. Παρατηρούμε μια διαφορά της τιμής 2 μεταξύ των c, g, l και d, 2.5 μεταξύ των b, f, l, j και e ,και 1.5 μόλις για τα e, a, h. Αυτό συμβαίνει διότι η διαφορά των βαρών ανάμεσα σε δύο διαδοχικά υποσύνολα κριτηρίων επηρεάζεται αυτομάτως από την ύπαρξη ίσων καρτών ανάμεσα σε αυτά τα διαδοχικά υποσύνολα. Ο χρήστης δεν έχει μια πραγματική ή απόλυτη αντίληψη για τον τρόπο με τον οποίο οι αριθμητικές τιμές καθορίζονται από τη διαδικασία. Επιπλέον , η τεχνική που προτείνει ο Simos για την επεξεργασία των υποσυνόλων ως ίσων επιτρέπει τον καθορισμό της αναλογίας z από τον παρακάτω τύπο :

$$z = \frac{\sum_{i=0}^{q-1} (T-i)p}{\sum_{i=0}^{p-1} (1+i)q}$$

Έτσι τα  $p$  και  $q$  αποκτούν μια σημασία που φαντάζει ανεπαρκώς ορισμένη και εντελώς ανεξέλεγκτη από το χρήστη.

### Η τεχνική της στρογγυλοποίησης στην επόμενη ακέραια τιμή

Στα πραγματικά πλαίσια υποστήριξης αποφάσεων, όταν τα κανονικοποιημένα βάρη έχουν ορισθεί, είναι πολύ δύσκολο για τον αποφασίζοντα να αποδεχτεί τη διαδικασία Simos διότι, σε πολλές περιπτώσεις, το άθροισμα όλων των κανονικοποιημένων βαρών δεν αντιστοιχεί στο 100, όπως βλέπουμε στον Πίνακα 3. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι πολύ εύκολο να κατασκευάσουμε άλλα σύνολα δεδομένων όπου ένα θετική ή αρνητική διαφορά σε σχέση με το 100 μπορεί να συμπεριλάβει διάφορες μονάδες.

Πίνακας 3 -Μετατρέποντας τις κατηγορίες σε βάρη για ένα υποσύνολο  $F'$  της  $F$ .

Ίσα Υποσύνολα	Αριθμός Καρτών	Θέσεις	Μη Κανονικοποιημένα Βάρη	Κανονικοποιημένα Βάρη	Σύνολο
{c,g,l,}	3	1,2,3	$(1+2+3)/3 = 2$	$(2/40)*100 = 5$	$3 * 5 = 15$
{d}	1	4	4	10	10
Κενό	1	(5)			
{b,f,l,j}	4	6,7,8,9	7.5	$18,75 \rightarrow 19$	$4*19 = 76$
<b>Άθροισμα</b>	<b>9</b>	<b>40*</b>			<b>101</b>

Το \* υποδηλώνει ότι στο άθροισμα δεν περιέχεται η θέση σε παρενθέσεις ( ).

## Η αναθεωρημένη διαδικασία

Η αναθεωρημένη έκδοση του Simos υπολογίζει ένα νέο είδος επιπρόσθετης πληροφορίας από τον αποφασίζων και αλλάζει συγκεκριμένους κανόνες υπολογισμού σε σχέση με την προηγούμενη μέθοδο.

### Περίληψη της νέας διαδικασίας

Η αναθεωρημένη διαδικασία Simos χρησιμοποιεί τη μέθοδο συλλογής δεδομένων που περιγράφηκε στο τμήμα 2.1. Σε πολλές περιπτώσεις φαίνεται να είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη. Γενικά, είναι πολύ εύκολο για το χρήστη να εκφράσει τις προτιμήσεις του ως μια διάταξη κριτηρίων. Ακόμη μπορεί να τύχει να αντιστοιχίσει απευθείας αριθμητική τιμή σε κάθε κριτήριο. Δυστυχώς, αυτές οι τιμές συνήθως δεν είναι εύκολα ερμηνεύσιμες σε βάρη. Αυτή η διαδικασία συλλογής πληροφορίας είναι εύκολη και γρήγορη. Επομένως, ταιριάζει πολύ καλά σε πλαίσια υποστήριξης αποφάσεων με πολλαπλούς αποφασίζοντες.

Έτσι ώστε να αντιμετωπίσουμε το μειονέκτημα που παρουσιάζεται στο τμήμα 2.3.1, υιοθετούμε ένα νέο είδος ζητώντας από το χρήστη να ορίσει πόσες φορές ποιο σημαντικό είναι ένα κριτήριο σε σχέση με το προηγούμενο στην κατάταξη. Έστω  $z$  η τιμή αυτής της αναλογίας. Συνήθως δεν ορίζεται καλά από την οπτική γωνία του χρήστη. Επομένως είναι πολύ σημαντικό να αναλύσουμε, με ένα εύκολο τρόπο, την επίδραση στα αποτελέσματα των αλλαγών του  $z$ .

Ο αλγόριθμος που παρουσιάζεται στις παρακάτω υποενότητες:

- Υπολογίζει ένα επιπλέον είδος πληροφορίας σε σχέση με την τιμή του  $z$ .
- Εξαλείφει τα λάθη της επεξεργασίας στα υποσύνολα των ίσων κριτηρίων της προηγούμενης μεθόδου
- Επεξεργάζεται την στρογγυλοποίηση των αριθμητικών τιμών με βέλτιστο τρόπο όπως θα παρουσιαστεί στην ενότητα 3.3.

### Ο αλγόριθμος

Ο αλγόριθμος πρέπει να αποδώσει μια αριθμητική τιμή στο βάρος κάθε κριτηρίου  $g_i$  για  $i = 1, \dots, n$ . Πρέπει να καθορίσει επιτυχώς :

- Τα μη κανονικοποιημένα βάρη συνδεδεμένα με κάθε υποσύνολο ίσων κριτηρίων ανάλογα με την κατάταξή τους θέτοντας  $k(1) = 1$ .  
Αυτή η μετατροπή δεν είναι δεσμευτική διότι το αποτέλεσμα της μεθόδου ELECTRE δεν αλλάζει όταν πολλαπλασιάζουμε τα βάρη των κριτηρίων με μια σταθερά.
- Τα κανονικοποιημένα βάρη που χρειάζονται διαφορετική σύμβαση :  $\sum_{i=1}^n k_i = 100$  ;  
Το  $k_i$  δηλώνει ότι το κανονικοποιημένο βάρος κάθε κριτηρίου  $g_i$ , για  $i = 1, \dots, n$ .

### Καθορίζοντας τα μη-κανονικοποιημένα βάρη $k(r)$

Ας θεωρήσουμε το  $e'_r$  τον αριθμό λευκών καρτών μεταξύ των κατηγοριών  $r$  και  $r+1$ .

Θέτουμε:

$$e_r = e'_r + 1 \quad \forall r = 1, \dots, \bar{n} - 1$$

$$e = \sum_{r=1}^{\bar{n}-1} e_r ,$$

$$u = \frac{z-1}{e}$$

Αποκτούμε:  $k(r) = 1 + u(e_0 + \dots + e_{r-1})$  με  $e_0 = 0$ .

Αν υπάρχουν διάφορα ίσα κριτήρια στην κατηγορία  $r$ , τότε όλα αυτά τα κριτήρια πρέπει να έχουν το ίδιο βάρος  $k(r)$ . Ο πίνακας 4 δείχνει το αποτέλεσμα σχετικά με τα δεδομένα που δίνονται στον πίνακα 1, για  $z = 6.5$ , που δίνει  $u = 0.916666$  καθώς το  $e = 6$ .

### Καθορίζοντας τα κανονικοποιημένα βάρη $k_i$

Θεωρούμε  $g_i$  το κριτήριο της κατηγορίας  $r$  και  $k'_i$  το μη κανονικοποιημένο βάρος αυτού του κριτηρίου,  $k'_i = k(r)$ . Θέτουμε :

$$K' = \sum_{i=1}^n k'_i,$$

$$k^*_i = \frac{100}{K'} k'_i.$$

Αφαιρώντας μερικά δεκαδικά ψηφία από το  $k^*_i$  μπορούμε να αποκτήσουμε το  $k_i$ . Θα θεωρήσουμε τρεις επιλογές χαρακτηρίζοντάς τες ως  $w$  :

Πίνακας 4 – Μη κανονικοποιημένα βάρη για  $z = 6,5$

Κατηγορία $r$	Κριτήρια της κατηγορίας $r$	Αριθμός λευκών καρτών σχετικά με την κατηγορία $r$ , $e'_r$	$e_r$	Μη κανονικοποιημένα βάρη	Σύνολο
1	{c,g,l}	0	1	1.00	3.00
2	{d}	1	2	1.92	1.92
3	{b,f,i,j}	0	1	3.75	15.00
4	{e}	0	1	4.67	4.67
5	{a,h}	0	1	5.58	11.16
6	{k}	...	...	6.50	6.50
<b>Σύνολο</b>	12	1	6	...	42,25

$w = 0$  : δεν υπολογίζει ψηφία μετά το πρώτο δεκαδικό ψηφίο

$w = 1$  : υπολογίζει μόνο ένα ψηφίο μετά το πρώτο δεκαδικό ψηφίο

$w = 2$  : υπολογίζει μόνο δύο ψηφία μετά το πρώτο δεκαδικό ψηφίο.

Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική στρογγυλοποίησης αποκτούμε το ακόλουθο αποτέλεσμα:

$$K'' = \sum_{i=1}^n k_i \leq 100,$$

$$e = 100 - K'' \leq 10^{-w} * n.$$

Στην πραγματικότητα, η τιμή  $\omega=10^w$  \* e είναι ένας ακέραιος περίπου ίσος με το n. Τώρα αν θέσουμε  $k_i = k_i'' + 10^{-w}$  για n κριτήρια ταιριαστά διαλεγμένα και  $k_i''$  για τα άλλα n – n κριτήρια, έχουμε

$$\sum_{i=1}^n k_i = 100 \text{ με τα κανονικοποιημένα βάρη } k_i \text{ να δείχνουν τον απαιτούμενο αριθμό των}$$

δεκαδικών ψηφίων ( το οποίο αποτελούσε τον στόχο μας).

Για να επιτύχουμε την ελάχιστη διαταραχή των βαρών, η επιλογή των n κριτηρίων όπου πρέπει να προσθέσουμε το  $10^{-w}$  διεξάγεται από τον ακόλουθο αλγόριθμο:

1. Καθορίζουμε για κάθε κριτήριο  $g_i$ , τις αναλογίες:

$$d_i = \frac{10^{-w} - (k_i^* - k_i'')}{k_i^*} \quad \text{και} \quad \bar{d}_i = \frac{(k_i^* - k_i'')}{k_i^*},$$

Όπου  $k_i^* = 100 \times k_i' / K'$  και το  $k_i''$  καθορίζεται από το  $k_i^*$  διατηρώντας μόνο τις πρώτες w δεκαδικές θέσεις (  $w = 0,1,2$ ). Πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι η αναλογία  $d_i$  αντιπροσωπεύει τη δυσλειτουργία που αναφέρεται στο σχετικό λάθος στρογγυλοποιημένο προς τα πάνω στον

κοντινότερο ακέραιο αριθμό, και η αναλογία  $\bar{d}_i$  αντιπροσωπεύει τη δυσλειτουργία που αναφέρεται στο σχετικό λάθος στρογγυλοποιημένο προς τα κάτω στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό.



**2. Δημιουργούμε δύο λίστες  $L$  και  $\bar{L}$  όπως παρακάτω :**

- Η λίστα  $L$  σχηματίζεται από τα ζεύγη  $(i, d_i)$  με κατάταξη ανάλογη στις αύξουσες τιμές της αναλογίας  $d_i$ .
- Η λίστα  $\bar{L}$  σχηματίζεται από τα ζεύγη  $(l, \bar{d}_l)$  με κατάταξη ανάλογη στις φθίνουσες τιμές της αναλογίας  $\bar{d}_l$ .

**3. Τμηματοποίηση των  $n$  κριτηρίων του  $F$  σε δύο υποσύνολα  $F^+$  και  $F^-$  όπου  $|F^+| = v$  και  $|F^-| = n - v$ . Τα κριτήρια του  $F^+$  στρογγυλοποιούνται προς τα πάνω στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό και τα κριτήρια του  $F^-$  στρογγυλοποιούνται προς τα κάτω. Η τμηματοποίηση του  $F$  διεξάγεται όπως παρακάτω :**

- Αν το  $m + v \leq n$ , τότε κατασκευάσε  $F^-$  με τα  $m$  κριτήρια από το  $M$  συν τα  $n - v - m$  τελευταία κριτήρια του  $\bar{L}$  που δεν ανήκουν στο  $M$ . Επομένως, η λίστα  $F^+$  δημιουργείται από τα πρώτα  $v$  κριτήρια του  $\bar{L}$  που δεν ανήκουν στο  $M$ .
- Αν το  $m + v > n$ , τότε κατασκευάσε  $F^+$  με τα  $n - m$  κριτήρια του  $L$  που δεν ανήκουν στο  $M$ . Επομένως, η λίστα  $F^-$  δημιουργείται από τα  $n - v$  τελευταία κριτήρια του  $L$  που δεν ανήκουν στο  $M$ .

Εντούτοις έχουμε δύο μικρές δυσκολίες :

- Μερικές φορές, η αύξηση του  $10^{-w}$  θα πρέπει να γίνεται μόνο για ορισμένα κριτήρια ενός δοσμένου υποσυνόλου κριτηρίων μεταξύ τους ίσα. Σε αυτή την περίπτωση και καθώς η επιλογή των κριτηρίων στα οποία πρέπει να προσθέσουμε το  $10^{-w}$  είναι αυθαίρετη, διαλέγουμε τα κριτήρια  $g_i$  με τις υψηλότερες τιμές  $i$ .
- Η διαδικασία μπορεί να στρογγυλοποιήσει προς το μηδέν τα βάρη των κριτηρίων που ανήκουν στις πρώτες κατηγορίες. Ο πίνακας 5 δείχνει τα κανονικοποιημένα βάρη κάθε κριτηρίου για  $w = 1$ . Ο πίνακας 6 παρουσιάζει τις λίστες  $L$  και  $\bar{L}$ . Τα κριτήρια του  $M$  είναι μαρκαρισμένα με ένα (\*). Η λίστα  $F^+$  είναι η ακόλουθη :  
 $F^+ \leftarrow (12, 7, 3, 10, 9, 6, 2)$ .

### Δικαιολόγηση των νέων υπολογιστικών κανόνων

Η πληροφορία που πρέπει να συλλέξει το σύνολο των καρτών εξαρτάται από τη μία πλευρά από την κατάταξη των καρτών και από την άλλη από την αναλογία των διαφορών ανάμεσα στα διαδοχικά κριτήρια. Αυτές οι διαφορές πρέπει να είναι ανάλογες με τον αριθμό των διαστημάτων που διαχωρίζουν αυτά τα δύο υποσύνολα των διαδοχικών κριτηρίων. Από τις συναρτήσεις που συναντήσαμε στην προηγούμενη ενότητα συμπεραίνουμε την παρακάτω ισότητα :

$$\frac{k(r+1)-k(r)}{k(s+1)-k(s)} = \frac{e_r}{e_s}, \text{ όπου } e_r \text{ (και το } e_s \text{ αντιστοίχως) είναι ο αριθμός των διαστημάτων που}$$

διαχωρίζουν τα υποσύνολα των καρτών που ανήκουν στις κατηγορίες  $r+1$  και (αντίστοιχα  $s+1$  και  $s$ ). Αύτες οι σχέσεις εγγυώνται την συμφωνία του αποτελέσματος και τη συλλογή της πληροφορίας που σχετίζεται με την αναλογία  $z$ , υπό την προϋπόθεση ότι:

$$k(\bar{n}) = 1 + u(e_0 + e_1 + \dots + e_{n-1}) = 1 + ue = z = zk(1)$$

Είναι φανερό ότι η στρογγυλοποίηση της διαδικασίας που παρουσιάζεται οδηγεί στα κανονικοποιημένα βάρη των οποίων το άθροισμα είναι ακριβώς 100. Το κριτήριο που αυτή η διαδικασία επιχειρεί να βελτιστοποιήσει φέρνει στο προσκήνιο την αλληλουχία των παραμορφώσεων  $d_i$  και  $\bar{d}_i$ , τα οποία παράγονται κατά τη διαδικασία των στρογγυλοποιήσεων είτε από έλλειμμα είτε από πλεόνασμα. Η προβλεπόμενη λύση όχι μόνο ελαχιστοποιεί τη μεγαλύτερη από αυτές τις παραμορφώσεις, αλλά επίσης και την δεύτερη μεγαλύτερη και όλες τις υπόλοιπες, κατά ένα λεξικογραφικό τρόπο.

**Σύνοψη**

Η αναθεωρημένη μέθοδος Simos που προτείνεται από τους Jose Figuera και Bernard Roy έχει εφαρμοστεί σε διάφορες εκφάνσεις της καθημερινής ζωής. Έχει αποδειχτεί πολύ αποτελεσματική μέθοδος και οι πληροφορίες που αποκομίστηκαν από αυτή είναι πολύ σημαντικές από την οπτική γωνία του αποφασίζοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

#### 4.1 Μοντελοποίηση προβλήματος αναφοράς

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ένα πρόβλημα κατάταξης για να δείξει την τη χρησιμότητα αλλά και την αποτελεσματικότητα της θεωρίας που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Η πηγή από την οποία προέρχεται το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι το βιβλίο «Μοντέλα Αποφάσεων» του επιβλέποντα Καθηγητή Ιωάννη Σίσκου ( Μοντέλα Αποφάσεων – Κεφάλαιο 2). Τόσο η παρουσίαση όσο και τα δεδομένα του προβλήματος έχουν υποστεί τις απαραίτητες απλουστεύσεις η τροποποιήσεις , ώστε να είναι δυνατή η τεχνική επεξεργασία τους από τα μοντέλα αποφάσεων καθώς και η πλήρης εξαγωγή στοιχείων επίλυσης για τη λήψη αποφάσεων.

#### 4.2 Αγορά μοτοσυκλέτας

Νεαρός μοτοσυκλετιστής κρίνει ότι ήρθε η ώρα να αποκτήσει την μοτοσυκλέτα της ζωής του επενδύοντας έτσι τις πολύτιμες οικονομίες του. Πριν όμως κάνει οτιδήποτε, ζήτησε τις συμβουλές ενός φίλου του, τελειόφοιτου του Πανεπιστημίου Πειραιώς για να τον στηρήξει στην απόφαση που θα πάρει.

Στην πρώτη συνάντησή τους σχετικά με το τι θέλει να αγοράσει ο νεαρός αποφασίζων, ανέκμησαν τα εξής δεδομένα:

1. Οι μοτοσυκλέτες διακρίνονται σε κατηγορίες βάσει του αριθμού των κυβικών τους, με τα οποία καθορίζονται και οι επιδόσεις τους. Ο αριθμός αυτών, που εκφράζεται σε cc δεν είναι ενδεικτικός της ποιότητας της μοτοσυκλέτας, αλλά καθορίζει την ισχύ που εκφράζεται σε hp ( ιπποδύναμη ) και την ταχύτητα που εκφράζεται σε km/h.
2. Οι διαθέσιμες κατηγορίες είναι δύο: αυτές μικρού κυβισμού ( 125cc – 400cc ) και αυτές μεγάλου κιβυσμού ( 500cc – 1200cc ). Εντός κάθε κατηγορίας οι τιμές παρουσιάζουν κάποια σύγκλιση, ενώ μεταξύ των δύο κατηγοριών παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις.
3. Ο νεαρός αποφασίζων δήλωσε ότι θα ήταν ευχαριστημένος αν η μηχανή του επέτρεπε να κάνει ταξίδια και να πηγαίνει στη δουλειά του, που είναι αρκετά μακριά από το σπίτι του, άνετα, γρήγορα και με ασφάλεια.
4. Οι παραπάνω προδιαγραφές ικανοποιούνται από μηχανές των 500cc και άνω, οπότε η κατηγορία των μηχανών μικρού κιβυσμού απορρίπτεται.

5. Λόγω σημαντικής αύξησης του κόστους των μηχανών άνω των 1000cc ο νεαρός αποφασίζων συμφώνησε στον περιορισμό των εναλλακτικών επιλογών μεταξύ των μοτοσυκλετών των 500cc – 1000cc.

Για τον προσδιορισμό των μηχανών που θα λάβουν μέρος στην ανάλυση και την άντληση των σχετικών με αυτές στοιχείων, χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές ένα περιοδικό του χώρου της μοτοσυκλέτας και διαδικτυακοί τόποι.

Μετά από διαβουλεύσεις, το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών αποφασίστηκε από κοινού να περιλαμβάνει τα παρακάτω τέσσερα μοντέλα μηχανών:

- BMW F800S
- H-Davidson XLH 883 STD
- Honda CBR 600F
- Yamaha YZF-R6

Ενώ πρώτο πρόβλημα που ανέκυψε αφορούσε στην αξιολόγηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των μηχανών. Από το σύνολο των τεχνικών χαρακτηριστικών, που είναι διαθέσιμα για κάθε ένα από τα τέσσερα εναλλακτικά μοντέλα, ο αποφασίζων επέλεξε ως σημαντικότερα κατά σειρά προτίμησης τα εξής:

1. Δυνατότητα επιλογής πλαισίου κατασκευασμένου από ατσάλι ή αλουμίνιο: Το κριτήριο εκφράζει το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το εξωτερικό περίβλημα της μοτοσυκλέτας και κατά συνέπεια εκφράζει το πόσο βαριά ή ελαφριά αντίστοιχα είναι η μοτοσυκλέτα. Παίρνει τις τιμές ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ και ΑΤΣΑΛΙ. Το ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ προτιμάται από το ατσάλι, διότι ο αποφασίζων δεν θέλει η μηχανή που θα αγοράσει να είναι πάρα πολύ βαριά.
2. Αριθμός σχέσεων στο κιβώτιο ταχυτήτων: Παίρνει τιμές στο σύνολο των ακεραίων. Είναι καθαρός αριθμός και εκφράζει τον αριθμό των ταχυτήτων που έχει καθέ εναλλακτικό μοντέλο. Παίρνει τις τιμές «6» και «5». Το «6» προτιμάται του «5».
3. Κυβισμός μηχανής: Παίρνει τιμές στο σύνολο των ακεραίων. Είναι καθαρός αριθμός και εκφράζει τα κυβικά του κινητήρα της κάθε μοτοσυκλέτας.

Σειρά Κατάταξης	Μηχανή	Υλικό Κατασκευής	Αριθμός Ταχυτήτων	Κυβισμός Μηχανής
1	H-Davidson XLH 883 STD	Αλουμίνιο	6	883
2	BMW F800S	Αλουμίνιο	6	798
3	Honda CBR 600F	Αλουμίνιο	6	600
3	Yamaha YZF-R6	Αλουμίνιο	6	599

Πίνακας 1 – Λεξικογραφική αξιολόγηση των μηχανών ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά (Μοντέλα Αποφάσεων – Ιωάννης Σίσκος)

Με βάση τις τιμές των έξι μοντέλων μοτοσυκλέτας στα παραπάνω κριτήρια και με εφαρμογή της λεξικογραφικής μεθόδου προέκυψε η κατάταξη του παραπάνω πίνακα. Τώρα μπορεί να αντιστραφεί η κατάταξη των μηχανών, έτσι ώστε αυτή που έρχεται πρώτη στην κατάταξη να λάβει την τιμή 3 και αυτή που έρχεται τελευταία να λάβει την τιμή 1. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζεται ένα ποιοτικό κριτήριο που έχει κλίμακα τιμών από το 1 ως το 3. Τα αποτελέσματα του κριτηρίου αυτού φαίνονται και στον συνολικό Πίνακα 2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πίνακας 2 – Αξιολόγηση των υποψήφιων μοτοσυκλετών στα εννέα κριτήρια (Μοντέλα Αποφάσεων – Ιωάννης Σίσκος).

Μοντέλο Μηχανής	Τιμή (Ευρώ)	Κόστος Ανταλλακτικών (1-10)	Ποιότητα Κατασκευής (1-10)	Άνεση (1-10)	Ισχύς Κινητήρα (hp)	Αντίληψη Μάρκας (1-10)	Ασφάλεια (1-10)	Εργονομία (1-10)	Τεχνικά Χαρακτηριστικά (1-3)	Ταχύτητα (km/h)
H-Davidson XLH 883 STD	9990	10	9,5	10	50	5	4	10	3	205
BMW F800S	9100	9	9	9	85	5	4	9	2	227
Honda CBR 600F	9775	8	8,5	9	110	4	5	8	1	229
Yamaha YZF-R6	11800	8	8,5	8	127	4	5	8	1	259



Στη συνέχεια,προσδιορίστηκαν από κοινού τα εννέα κριτήρια απόφασης με τα οποία θα γίνει η επιλογή και αξιολογήθηκαν οι τέσσερις υποψήφιες μηχανές. (Πίνακας -2)

Τα κριτήρια **τιμή,ταχύτητα και ισχύς κινητήρα** είναι αυτονόητα.Τα υπόλοιπα κριτήρια έχουν οριστεί ως εξής:

- **Κόστος Ανταλλακτικών:** Εκφράζει μια συνολική αποτίμηση, σε απόλυτη κλίμακα (1:το ελάχιστο κόστος έως 10:το μέγιστο κόστος) του κόστους των εξαρτημάτων από τα οποία αποτελείται μια μηχανή.Ο τεχνικός σύμβουλος χρησιμοποίησε ως πηγή τιμών το περιοδικό «2 ΤΡΟΧΟΙ» καθώς περιέχει μια ποιο αναλυτική αξιολόγηση σε σχέση με το διαδίκτυο.
- **Αντίληψη Μάρκας:** Εκφράζει σε απόλυτη κλίμακα (1-5, αύξουσαως προς τος προτιμήσεις του αγοραστή) την υποκειμενική αξία που αποδίδει ο αποφασίζων στη μάρκα κάθε εναλλακτικής μοτοσυκλέτας.
- **Ασφάλεια:** Εκφράζει σε απόλυτη κλίμακα (1-5) την ασφάλεια που παρέχει κάθε μοντέλο μοτοσυκλέτας στον αναβάτη του, όπως αυτή υπάρχει αυτούσια στο περιοδικό «2 ΤΡΟΧΟΙ».
- **Εργονομία και Άνεση:** Εκφράζει μια συνολική αποτίμηση σε απόλυτη κλίμακα (1-10,αύξουσα ως προς τις προτιμήσεις) της εργονομίας και της ευκολίας οδήγησης της μηχανής (προέρχεται επίσης από το περιοδικό «2 ΤΡΟΧΟΙ»).
- **Τεχνικά Χαρακτηριστικά:** Εκφράζει σε απόλυτη κλίμακα (1-5,αύξουσα ως προς τις προτιμήσεις) την ποιότητα των τεχνικών χαρακτηριστικών όπως αυτή ορίστηκε στην Πίνακα-1 παραπάνω.
- **Ποιότητα Κατασκευής:** Εκφράζει μια συνολική αποτίμηση, σε απόλυτη κλίμακα (1-10,αύξουσα ως προς τις προτιμήσεις) της ποιότητας κατασκευής (υλικά κατασκευής,αντοχή,στιβαρότητα...).Οι τιμές για το κριτήριο έχουν παρθεί από τους αντίστοιχους δικτυακούς τόπους.

Μετά το δύσκολο και επίπονο έργο της τεχνικής αξιολόγησης των μηχανών, σειρά έχει η κατάταξη των κριτηρίων από το νεαρό μοτοσυκλετιστή έτσι ώστε ο ειδικός των επιστημονικών μεθόδων να μπορέσει να τον οδηγήσει την καλύτερη δυνατή αγορά. Για να γίνει αυτό εφικτό, ο νεαρός αποφασίζων έκανε μία συζήτηση με τον αναλυτή φίλο του ώστε να τον καθοδηγήσει στην κατάταξη των κριτηρίων. Το αποτέλεσμα της συνομιλίας τους ήταν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Αυτό που ενδιαφέρει λιγότερο το νεαρό μοτοσυκλετιστή είναι η **ισχύς του κινητήρα** και ακολούθως η **ταχύτητα**. Επομένως θα βρεθούν στην τελευταία θέση (7).
- Η **αντίληψη μάρκας** είναι επίσης κάτι που λίγο ενδιαφέρει τον αποφασίζοντα, και επέλεξε να κατατάξει το κριτήριο αυτό στην προτελευταία θέση, καθώς το θεωρεί ελαφρώς σημαντικότερο από την ισχύ του κινητήρα και την ταχύτητα (6).
- Επειδή πρόκειται για τις οικονομίες που έκανε ο νεαρός και κατάφερε και μάζεψε με πολύ κόπο, η **τιμή** της μοτοσυκλέτας είναι το ισχυρότερο κριτήριο για αυτόν.

Επομένως θα βρίσκεται στην πρώτη θέση (1) της κατάταξης των κριτηρίων και με διαφορά από τα υπόλοιπα (εδώ εισάγουμε δηλαδή μία λευκή κάρτα σύμφωνα με την αναθεωρημένη μέθοδο Simos).

- Το αμέσως επόμενο κριτήριο είναι το **κόστος ανταλλακτικών**, καθώς είναι και αυτό οικονομικής φύσεως. Θα πάρει τη δεύτερη θέση με διαφορά μίας λευκής κάρτας (2).
- Η **ασφάλεια** είναι το κριτήριο που θα δώσει ιδιαίτερο βάρος ο νεαρός αγοραστής μετά από τα οικονομικής φύσεως κριτήρια. Την κατατάσει στην τρίτη θέση (3).
- Το κριτήριο που ακολουθεί είναι η **εργονομία** και **άνεση**, και καταλαμβάνουν την τέταρτη θέση (4).
- Τα **τεχνικά χαρακτηριστικά** και η ποιότητα κατασκευής είναι για τον αποφασίζοντα δύο φορές λιγότερο σημαντικά από την εργονομία και άνεση, με αποτέλεσμα να έχουμε εδώ εισαγωγή δύο λευκών καρτών (5<sup>η</sup> θέση).

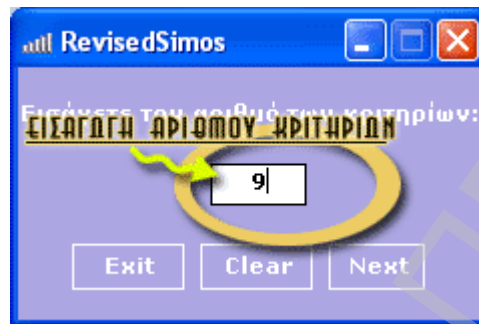
Ποιο παραστατικά βλέπουμε παρακάτω την κατάταξη των κριτηρίων όπως την σκιαγράφησε ο νεαρός αποφασίζων, από το σημαντικότερο στο λιγότερο σημαντικό κριτήριο :

1. Τιμή
2. Κόστος ανταλλακτικών  
ΛΕΥΚΗ ΚΑΡΤΑ
3. Ασφάλεια
4. Εργονομία και άνεση.  
ΛΕΥΚΗ ΚΑΡΤΑ  
ΛΕΥΚΗ ΚΑΡΤΑ
5. Τεχνικά χαρακτηριστικά
6. Αντίληψη μάρκας
7. Ταχύτητα και ισχύς του κινητήρα

Στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε την παραπάνω ανάλυση στο λογισμικό που αναπτύχθηκε για αυτό το σκοπό. Να εκτελεί δηλαδή τον παραπάνω αλγόριθμο και να υπολογίζει τα κανονικοποιημένα βάρη των κριτηρίων.

### 4.3 Εφαρμογή του μοντέλου στο ειδικά ανεπτυγμένο λογισμικό για την αναθεωρημένη μέθοδο Simos

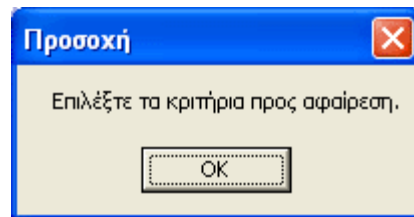
Με την εκκίνηση της εφαρμογής εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο και μας παρακινεί να εισάγουμε τον αριθμό των κριτηρίων με τα οποία θα δουλέψουμε στη συνέχεια. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχουμε 9 κριτήρια. Εισάγουμε το 9 και πατάμε το πλήκτρο “next”.



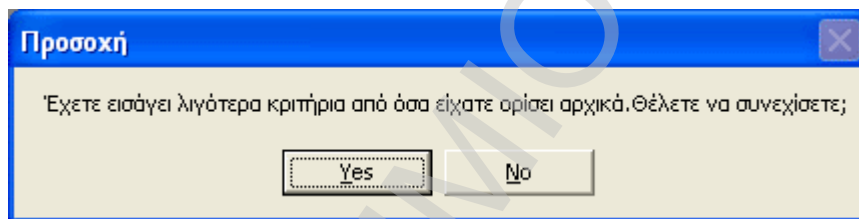
Παρακάτω βλέπουμε το επόμενο παράθυρο. Στο πεδίο 1 είναι το πλήκτρο «Προσθήκη κριτηρίων» με το οποίο θα προσθέσουμε κριτήρια στην εφαρμογή. Τα πλήκτρα στα πεδία 2 και 3 μας βοηθούν να αφαιρέσουμε κριτήρια από την εφαρμογή, σε περίπτωση που έχουμε κάνει λάθος. Τα τελευταία δυο πλήκτρα μας δίνουν τη δυνατότητα να κάνουμε πλοήγηση μέσα στο πρόγραμμα μπροστά και πίσω.



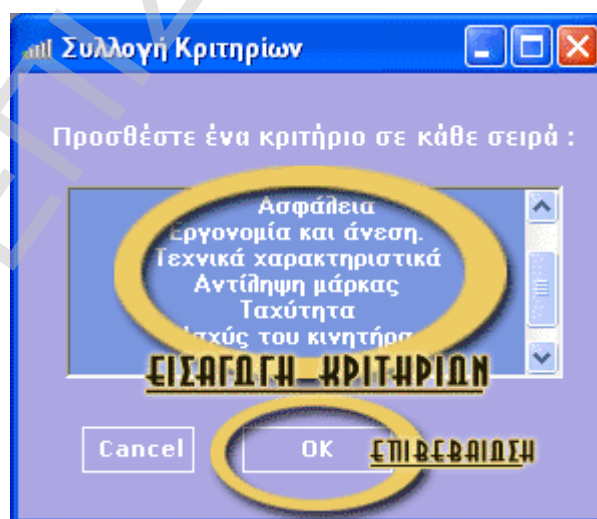
Το παρακάτω προειδοποιητικό μήνυμα αφορά την περίπτωση που θέλουμε να αφαιρέσουμε κριτήρια από τη λίστα. Πρέπει να επιλέξουμε αρχικά το κριτήριο και στη συνέχεια να πιάσουμε το πλήκτρο αφαίρεση κριτηρίου, διαφορετικά θα εμφανιστεί το συγκεκριμένο μήνυμα.



Στην περίπτωση θελήσουμε να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο της εφαρμογής και έχουμε εισάγει λιγότερα κριτήρια από τον αριθμό που έχουμε αρχικά ορίσει το λογισμικό θα μας ενημερώσει για τον αν πραγματικά θέλουμε να συνεχίσουμε ή αν θέλουμε να προσθέσουμε κάποιο κριτήριο ακόμη.

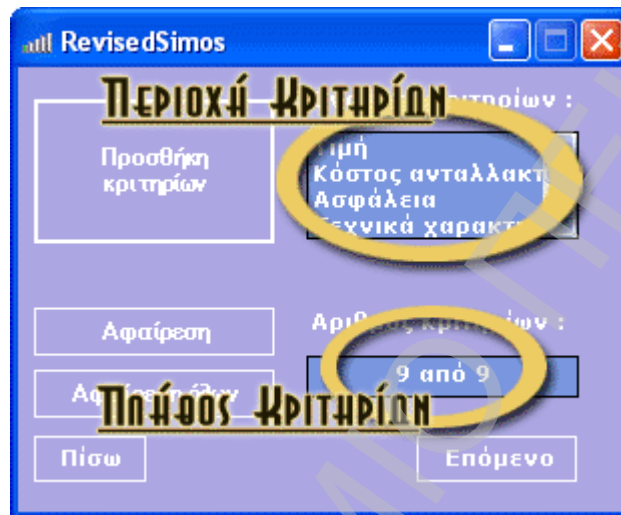


Ας προχωρήσουμε λοιπόν στην προσθήκη των κριτηρίων.Κάνουμε κλικ στο αντίστοιχο πλήκτρο και εμφανίζεται το παρακάτω πλαίσιο όπου μπορούμε να εισάγουμε τα κριτήριά μας.



Εισάγουμε ένα κριτήριο και πατάμε το “Enter” ώστε να μεταβούμε στην επόμενη γραμμή. Όταν ολοκληρώσουμε την εισαγωγή των κριτηρίων κάνουμε κλικ στο πλήκτρο OK για να επιστρέψουμε στην προηγούμενη φόρμα.

Παρατηρούμε ότι στην περιοχή των κριτηρίων έχουν εμφανιστεί οι ονομασίες τους, ενώ παράλληλα έχει ενημερωθεί και ο αριθμός των κριτηρίων στο πλαίσιο που βρίσκεται ακριβώς από κάτω.

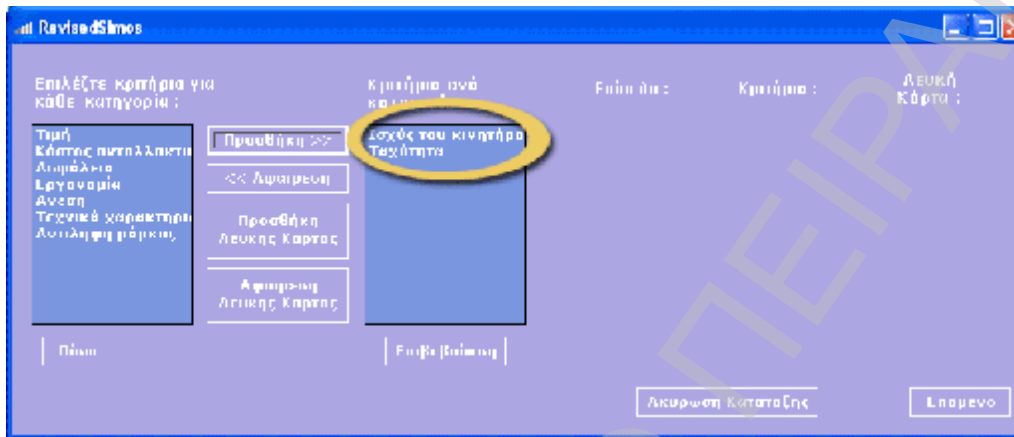


Όταν τελειώσουμε με την εισαγωγή κριτηρίων πατάμε το πλήκτρο «Επόμενο» και μεταφερόμαστε στην παρακάτω φόρμα του λογισμικού μας.

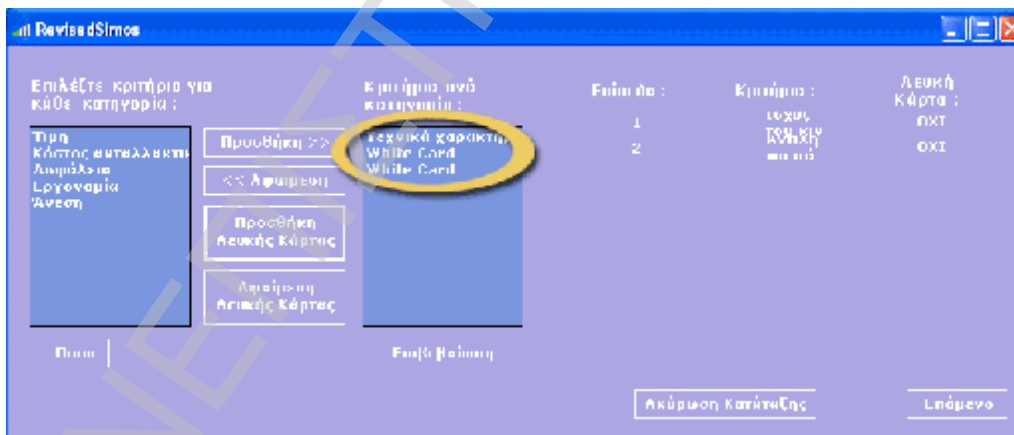


Αριστερά βλέπουμε τα κριτήρια που έχουμε ορίσει στην προηγούμενη φόρμα. Επίσης παρατηρούμε τα πλήκτρα «Προσθήκη», «Αφαίρεση», «Προσθήκη Λευκής Κάρτας» και «Αφαίρεση Λευκής Κάρτας».

Σκοπός μας είναι να οργανώσουμε μια κατάταξη με τα κριτήριά μας. Ο τρόπος με τον οποίο το λογισμικό οργανώνει την κατάταξη είναι από το λιγότερο σημαντικό κριτήριο στο περισσότερο. Επιλέγουμε ένα κριτήριο και πατάμε το πλήκτρο προσθήκη. Αυτό το επαναλαμβάνουμε όσες φορές θέλουμε σε περίπτωση που τα κριτήρια μιας κατηγορίας είναι περισσότερα του ενός.

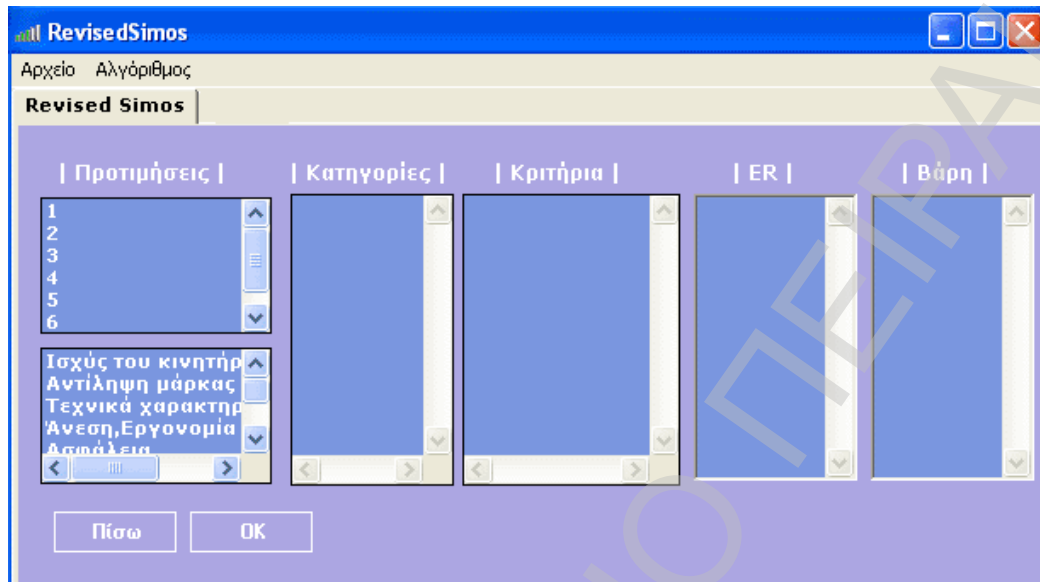


Τα κριτήρια «Ταχύτητα και Ισχύς του κινητήρα» αφαιρούνται από το αριστερό list box και εμφανίζονται στο διπλανό. Θεωρούμε σύμφωνα με την μοντελοποίηση του προβλήματος, που έγινε σε προηγούμενη ενότητα, ότι τα συγκεκριμένα κριτήρια ανήκουν στην τελευταία κατηγορία. Πατώντας το πλήκτρο επιβεβαίωση δημιουργείται μία κατηγορία με τα αντίστοιχα κριτήρια.

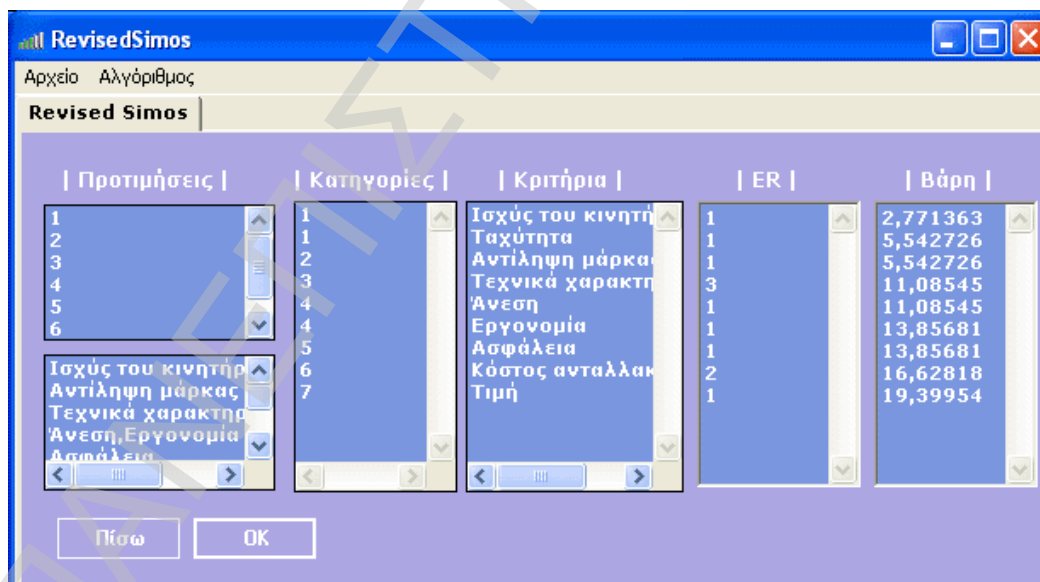


Θα πρέπει να επαναλάβουμε τη συγκεκριμένη διαδικασία για όλα τα κριτήρια του αριστερού list box έως ότου αυτό «αδειάσει». Όταν ολοκληρώσουμε τη κατανομή των κριτηρίων και την προσθήκη των λευκών καρτών πατάμε το πλήκτρο «Επόμενο».

Μεταφερόμαστε στην παρακάτω φόρμα η οποία είναι και η τελική. Στην αριστερή πλευρά του προγράμματος βλέπουμε τον αριθμό των κατηγοριών και ακριβώς από κάτω τα κριτήρια του μοντέλου μας.



Το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να πατήσουμε το πλήκτρο «OK». Το λογισμικό θα εκτελέσει την αναθεωρημένη μέθοδο του Simos και θα μας δώσει τα αποτελέσματα στα διπλανά «κουτάκια».



Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε το αποτέλεσμα σχετικά με την αγορά μοτοσυκλέτας. Στην στήλη «Κατηγορίες» έχουμε τον αριθμό κάθε κατηγορίας. Παρατηρούμε ότι κάποιοι αριθμοί επαναλαμβάνονται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις συγκεκριμένες κατηγορίες ανήκουν

περισσότερα του ενός κριτήρια όπως παρατηρούμε και στη διπλανή στήλη των κριτηρίων. Στην τρίτη στήλη έχουμε την μεταβλητή  $e_i$  η οποία σύμφωνα με τη νέα μέθοδο πέρνει την τιμή 1 για κάθε κατηγορία. Όταν όμως προσθέσουμε λευκές κάρτες μεταξύ 2 κατηγοριών θα αυξηθεί η αρχική της τιμή κατά 1 για κάθε λευκή κάρτα. Στην τελευταία στήλη βλέπουμε τα κανονικοποιημένα βάρη για κάθε κριτήριο. Τα συγκεκριμένα βάρη είναι αποτέλεσμα των προτιμήσεων του νεαρού μοτοσυκλετιστή. Θα εφαρμόσουμε τα βάρη αυτά στις 4 κατηγορίες μοτοσυκλετών και θα αναζητήσουμε τη συμφέρουσα για αυτόν αγορά.



#### 4.4 Αποτελέσματα μοντελοποίησης

Μοντέλο Μηχανής	Τιμή (Ευρώ)	Κόστος Ανταλλακτικών (1-10)	Ποιότητα Κατασκευής (1-10)	Άνεση (1-10)	Ισχύς Κινητήρα (hp)	Αντίληψη Μάρκας (1-10)	Ασφάλεια (1-10)	Εργονομία (1-10)	Τεχνικά Χαρακτηριστικά (1-3)	Ταχύτητα (km/h)
H-Davidson XLH 883 STD	9990	10	9,5	10	50	5	4	10	3	205
BMW F800S	9100	9	9	9	85	5	4	9	2	227
Honda CBR 600F	9775	8	8,5	9	110	4	5	8	1	229
Yamaha YZF-R6	11800	8	8,5	8	127	4	5	8	1	259

Στην προηγούμενη ενότητα με τη βοήθεια του λογισμικού υπολογίσαμε τα κανονικοποιημένα βάρη των προτιμήσεων του μοτοσυκλετιστή μας σχετικά με τα κριτήρια επιλογής των μοτοσυκλετών. Με τη βοήθειά τους θα υπολογίσουμε ένα συνολικό «σκορ» για κάθε μηχανή και θα της κατατάξουμε ώστε να βρούμε την καλύτερη δυνατή αγορά για τον νεαρό φίλο μας.

Βάρη	Κριτήρια
2,771363	Ισχύς
5,542427	Ταχύτητα, Αντίληψη
11,08545	Τεχνικά Χαρακτηριστικά, Άνεση
13,85681	Εργονομία, Ασφάλεια
16,62818	Κόστος Ανταλλακτικών
19,39954	Τιμή

Πίνακας 3 – Βάρη Simos για κάθε κριτήριο

Υπολογισμός τελικού βαθμού για κάθε κατηγορία μηχανής:

### 1. H-Davidson XLH 883 STD

Κόστος Ανταλλακτικών:  $10 * 0,1662818 = 1,662818$

Άνεση:  $10 * 0,1108545 = 1,108545$

Ισχύς Κινητήρα:  $5 * 0,02771363 = 0,13856815$

Αντίληψη Μάρκας:  $5 * 0,0542427 = 0,27712135$

Ασφάλεια:  $4 * 0,1385681 = 2,2170896$

Εργονομία:  $10 * 0,1385681 = 1,385681$

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:  $3 * 0,1108545 = 0,3325635$

Ταχύτητα:  $20,5 * 0,05542427 = 1,1361975$

(-) Τιμή:  $9,99 * 0,1939951 = 1,938014046$

**Τελικό σκορ: 6,32**

### 2. BMW F800S

Κόστος Ανταλλακτικών:  $9 * 0,1662818 = 1,4965362$

Άνεση:  $9 * 0,1108545 = 0,9976905$

Ισχύς Κινητήρα:  $8,5 * 0,02771363 = 0,235566855$

Αντίληψη Μάρκας:  $5 * 0,0542427 = 0,2712135$

Ασφάλεια:  $4 * 0,1385681 = 0,5542724$

Εργονομία:  $9 * 0,1385681 = 1,2471127$

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:  $2 * 0,1108545 = 0,221709$

Ταχύτητα:  $22,7 * 0,05542427 = 1,258130929$

(-) Τιμή:  $9,1 * 0,1939951 = 1,76535541$

**Τελικό σκορ: 4,5**

**3. Honda CBR 600F**

Κόστος Ανταλλακτικών:  $8 * 0,1662818 = 1,3302544$

Άνεση:  $9 * 0,1108545 = 0,9976905$

Ισχύς Κινητήρα:  $11 * 0,02771363 = 0,30484993$

Αντίληψη Μάρκας:  $4 * 0,0542427 = 0,2169708$

Ασφάλεια:  $5 * 0,1385681 = 0,6928405$

Εργονομία:  $8 * 0,1385681 = 1,1085448$

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:  $1 * 0,1108545 = 0,1108545$

Ταχύτητα:  $22,9 * 0,05542427 = 1,269215783$

(-) Τιμή:  $9,775 * 0,1939951 = 1,8963021025$

**Τελικό σκορ: 4,13**

**4. Yamaha YZF-R6**

Κόστος Ανταλλακτικών:  $8 * 0,1662818 = 1,3302544$

Άνεση:  $8 * 0,1108545 = 0,886836$

Ισχύς Κινητήρα:  $12,7 * 0,02771363 = 0,373660181$

Αντίληψη Μάρκας:  $4 * 0,0542427 = 0,2169708$

Ασφάλεια:  $5 * 0,1385681 = 0,6928405$

Εργονομία:  $8 * 0,1385681 = 1,1085448$

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:  $1 * 0,1108545 = 0,1108545$

Ταχύτητα:  $25,9 * 0,05542427 = 1,435488593$

(-) Τιμή:  $11,8 * 0,1939951 = 2,28914218$

**Τελικό σκορ: 3,87**

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε κατατάξει τα μοντέλα των μηχανών με βάση τον τελικό βαθμό αξιολόγησής τους που προέκυψε από την εφαρμογή της αναθεωρημένης μεθόδου Simos. Είναι ξεκάθαρο πως η καλύτερη δυνατή επιλογή για το νεαρό μοτοσυκλετιστή είναι η H-Davidson XLH 883 STD, έχοντας μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες τρεις υποψήφιες μηχανές.

<b>ΜΗΧΑΝΗ</b>	<b>ΒΑΘΜΟΣ</b>
H-Davidson XLH 883 STD	6,32
BMW F800S	4,5
Honda CBR 600F	4,13
Yamaha YZF-R6	3,87

*Πίνακας 4 -Αξιολόγηση μοτοσυκλετών, τελικός βαθμός κριτηρίων*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναμφίβολα δεν υπάρχουν αποφάσεις των οποίων τα αποτελέσματα να μπορούν να αξιολογηθούν με ένα μόνο κριτήριο, και αυτό διότι κάθε απόφαση δεν έχει μόνο οφέλη αλλά και κόστη, σε όλες τις εκφάνσεις της καθημερινής ζωής. Κατά συνέπεια ένας αναλυτής ή μελετητής ενός προβλήματος απόφασης είναι υποχρεωμένος να καταγράψει, αναλύσει και να αξιολογήσει κάθε πιθανό αποτέλεσμα, κάθε κριτήριο επιλογής εναλλακτικών λύσεων που εσωκλείει το εκάστοτε πρόβλημα.

Θεωρητικά η καλύτερη μέθοδος είναι εκείνη που θα τύχει αποδοχής από τον ίδιο τον αποφασίζοντα. Αν για παράδειγμα βρεθεί τρόπος να γράψει ο ίδιος ο αποφασίζον τη δική του συνάρτηση αξίας, αυτό θα αποτελούσε και την πιο αποτελεσματική μέθοδο. Αυτό ακριβώς επιχειρήσαμε να εφαρμόσουμε και στην περίπτωση του νεαρού μοτοσυκλετιστή, με την αναθεωρημένη μέθοδο Simos. Παρέχοντας του τη δυνατότητα να εισάγει λευκές κάρτες μεταξύ των κριτηρίων των μηχανών ουσιαστικά μας σκιαγράφησε μια συνάρτηση αξίας για το συνολικό βαθμό αξιολόγησης των μηχανών. Η δυνατότητα αυτή της αναθεωρημένης μεθόδου είναι που τη διαφοροποιεί από την αρχική μέθοδο του Simos, η οποία δεν έχει την επιλογή των λευκών καρτών με αποτέλεσμα να γίνεται μια απλή – τύπου λεξικογραφική – κατάταξη των κριτηρίων. Επομένως αρκετές φορές το αποτέλεσμα την αρχικής μεθόδου Simos δεν ανταποκρίνεται στην καλύτερη δυνατή λύση για ένα πρόβλημα απόφασης.

Ο παράγοντας αβεβαιότητα που διέπει πολλές καταστάσεις λήψης αποφάσεων είναι η κύρια αιτία που επενδυτές χάνουν τα χρήματά τους ή επιχειρήσεις πέφτουν έξω. Οι αναλυτές των αποφάσεων αυτών έχουν μεγάλη ευθύνη στο επιτελικό τους έργο, μια ευθύνη που δεν εστιάζεται μόνο στην ανάλυση των σεναρίων ενός προβλήματος επιλογής και την υποστήριξη επιλογής λύσεων αλλά κυρίως σε συνέπειες, καταστροφικές και μη αντιστρέψιμες μερικές φορές που μπορούν να επιφέρουν ριψοκίνδυνες συμπεριφορές.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Decision Aiding. Jose Figuiera<sup>a,b,\*</sup> , Bernard Roy<sup>b,1</sup> , Received 28 February 1999, accepted 2 May 2001
- [2] A foundation for the study of the group decision support systems. Gerardine DeSanctis and Brent Gallupe. Management Sciences Department, University of Minnesota.
- [3] Past, present, and future of decision support technology. Merrill Warkentin, James F. Courtney, Daniel J. Power , 2002.
- [4] Understanding compliance with internet use policy from the perspective of rational choice theory .Publication year: 2009. Source: Decision Support Systems, In Press, Accepted Manuscript, Available online 16 December 2009. Han Li, Jie Zhang, Rathindra Sarathy.
- [5] Combinatorial coalition formation for multi-item group-buying with heterogeneous customers. Publication year: 2009. Source: Decision Support Systems, In Press, Accepted Manuscript, Available online 16 December 2009, Cuihong Li, Katia Sycara, Alan Scheller-Wolf.
- [6] P. Abry. "Multiresolutions, algorithms de composition, invariance d'echelles". Diterot Editor, Paris 1997.
- [7] Clyde W. Holsapple , Mark P. Sena, ERP plans and decision-support benefits, Decision Support Systems, v.38 n.4, p.575-590, January 2005.
- [8] Ganesh Datt Bhatt , Jigish Zaveri, The enabling role of decision support systems in organizational learning, Decision Support Systems, v.32 n.3, p.297-309, January 2002.
- [9] Meurig Beynon , Suwanna Rasmequan , Steve Russ, A new paradigm for computer-based decision support, Decision Support Systems, v.33 n.2, p.127-142, June 2002
- [10] Μοντέλα Αποφάσεων – Μεθοδολογία επιχειρησιακής έρευνας, Θεωρία Πολυκριτήριας Ανάλυσης – Εφαρμογές σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Γιάννης Σίσκος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2008.



- [11] Giuliano Pistoiesi, How synthetic characters can help decision making, Decision making support systems: achievements, trends and challenges for, Idea Group Publishing, Hershey, PA, 2002.
- [12] Souren Paul , William D. Haseman , K. Ramamurthy, Collective memory support and cognitive-conflict group decision-making: an experimental investigation, Decision Support Systems, v.36 n.3, p.261-281, January 2004.
- [13] Gloria E. Phillips-Wren , Guisseppi A. Forgionne, Aided search strategy enabled by decision support, Information Processing and Management: an International Journal, v.42 n.2,p.503-518, March 2006.