



ΘΑΛΗΣ - Πανεπιστήμιο Πειραιά
Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της
ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων
με πολλαπλά κριτήρια

Δ4 – Εφαρμογές ανάλυσης ευστάθειας σε
αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες

Π4 – Τεχνική έκθεση (εφαρμογές σε
πραγματικά δεδομένα μέτρων αξιολόγησης
ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές
διαδικασίες)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Στοιχεία παραδοτέου

Δράση: Δ4 – Εφαρμογές ανάλυσης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες

Τίτλος παραδοτέου: Π4 – Τεχνική έκθεση (εφαρμογές σε πραγματικά δεδομένα μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες)

Τύπος παραδοτέου: S - PU

Έκδοση: 02

Ημερομηνία: 1 Μαρτίου 2014

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.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΘΟΔΟ MUSA: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	5
2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ MUSA	5
2.1.1 Βασικές αρχές.....	5
2.1.2 Μαθηματική ανάπτυξη μοντέλου	7
2.1.3 Γνήσια αύξουσες συναρτήσεις ικανοποίησης.....	11
2.1.4 Ανάλυση ευστάθειας.....	13
2.1.5 Βασικά αποτελέσματα της μεθόδου	15
2.1.6 Δείκτες προσαρμογής και ευστάθειας	20
2.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ .	23
2.2.1 Προσεγγίσεις για τη βελτίωση της ευστάθειας.....	23
2.2.2 Μοντελοποίηση προτιμήσεων για τη σημαντικότητα των κριτηρίων.....	23
2.2.3 Εισαγωγή πρόσθετων περιορισμών στο μοντέλο MUSA	29
2.3 ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ MUSA.....	30
2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΕ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ	33
2.4.1 Στοιχεία της έρευνας	33
2.4.2 Ο Κλάδος της Κινητής τηλεφωνίας: Ιστορική Αναδρομή.....	34
2.4.3 Κριτήρια Ικανοποίησης.....	35
2.4.4 Ταυτότητα Έρευνας	37
2.4.5 Αποτελέσματα	37
3. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΘΟΔΟ UTA: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	43
3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ UTA	43
3.1.1 Βασικές αρχές.....	43
3.1.2 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων(Φάση 1)	44
3.1.3 Προσδιορισμός συντελεστών βαρύτητας(Φάση 2).....	46
3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ	48
3.2.1 Γενικά στοιχεία	48
3.2.2 Ορισμός προβλήματος.....	49
3.2.3 Εφαρμογή μοντέλου	57
3.2.4 Ανάλυση ευστάθειας προτεινόμενου μοντέλου	61
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67

1. Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης είναι η επαλήθευση της αποτελεσματικότητας και η αξιοποίηση των θεωρητικών ευρημάτων και μεθοδολογιών ανάλυσης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες μέσω της εφαρμογής τους σε πραγματικά προβλήματα.

Συγκεκριμένα, εφαρμόζονται τεχνικές βελτίωσης της ευστάθειας και μέτρα για την ανάλυση της ευστάθειας σε δύο πραγματικά προβλήματα που έχουν να κάνουν με τη μεθοδολογία MUSA για τη μέτρηση και την ανάλυση της ικανοποίησης των πελατών, και τη μέθοδο UTA, η οποία εφαρμόζεται σε προβλήματα κατάταξης εναλλακτικών λύσεων – δράσεων.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύονται οι βασικές αρχές της μεθόδου MUSA και τα βασικά αποτελέσματα που παρέχει, ενώ προτείνονται και συγκεκριμένοι δείκτες και μέτρα για την ανάλυση της προσαρμογής και της ευστάθειας της μεθόδου. Περιγράφονται εναλλακτικές προσεγγίσεις για τη βελτίωση της ευστάθειας με την εισαγωγή πρόσθετων πληροφοριών και περιορισμών και προτείνεται μια επέκταση της μεθοδολογίας MUSA με τη μοντελοποίηση των επιπρόσθετων αυτών πληροφοριών και περιορισμών. Η μεθοδολογία MUSA και η επέκταση της εφαρμόστηκε σε ένα πραγματικό πρόβλημα για τη μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου επικεντρώνονται στην ανάλυση της βελτίωσης που επιτυγχάνεται από την προσθήκη πρόσθετων περιορισμών στη μεθοδολογία MUSA.

Το κεφάλαιο 3 είναι αφιερωμένο στην ανάλυση του προβλήματος της ευστάθειας στη μέθοδο UTA. Αναλύονται οι βασικές αρχές της μεθόδου και περιγράφεται η μεθοδολογία που εφαρμόζεται για την κατάταξη εναλλακτικών λύσεων – δράσεων. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε για την αξιολόγηση και σύγκριση των επιδόσεων των χωρών στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Πραγματοποιήθηκε κατάταξη 21 χωρών ανάλογα με τις επιδόσεις τους σε διαφορετικά κριτήρια αξιολόγησης ενώ εφαρμόστηκαν και διαφορετικές τεχνικές για την ανάλυση της ευστάθειας των παρεχόμενων αποτελεσμάτων της μεθόδου.

Η έκθεση ολοκληρώνεται με τα τελικά συμπεράσματα από την εφαρμογή των προτεινόμενων μεθοδολογιών.

2. Το πρόβλημα της ευστάθειας στη μέθοδο MUSA: Θεωρητική ανάπτυξη και εφαρμογές

2.1 Μέθοδος MUSA

2.1.1 Βασικές αρχές

Η μεθοδολογία MUSA εκτιμά την ικανοποίηση ενός συνόλου ατόμων (πελατών, εργαζομένων, κ.λπ.) με βάση το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του συνόλου αυτού. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από συγκεκριμένου τύπου έρευνες ικανοποίησης, συνθέτει τις διαφορετικές προτιμήσεις σε μοναδικές συναρτήσεις ικανοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο αναλύεται σε βάθος η συμπεριφορά των πελατών και καθορίζεται ή επαναπροσδιορίζεται η στρατηγική μιας επιχείρησης.

Ο βασικός σκοπός της πολυκριτήριας μεθόδου MUSA είναι η σύνθεση των προτιμήσεων ενός συνόλου πελατών σε μια ποσοτική μαθηματική συνάρτηση αξιών. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος υποθέτει ότι η συνολική ικανοποίηση ενός μεμονωμένου πελάτη εξαρτάται από ένα σύνολο μεταβλητών, τα οποία αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά του προσφερόμενου προϊόντος ή υπηρεσίας (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Σύνθεση προτιμήσεων των πελατών

Η εκτίμηση της ικανοποίησης ενός συνόλου πελατών μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα πρόβλημα στο επιστημονικό πεδίο της Πολυκριτήριας Ανάλυσης, υποθέτοντας ότι η συνολική ικανοποίηση ενός πελάτη εξαρτάται από ένα σύνολο κριτηρίων:

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Τα κριτήρια αυτά ονομάζονται διαστάσεις ικανοποίησης και αιτιολογούν την έννοια της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης της μεθοδολογίας. Τα απαιτούμενα δεδομένα της μεθόδου συλλέγονται από ένα απλό, αλλά εξειδικευμένο ερωτηματολόγιο, σύμφωνα με το οποίο ζητείται από κάθε πελάτη να αξιολογήσει τις υπηρεσίες που του προσφέρονται, δηλαδή να εκφράσει τόσο τη συνολική όσο και την επιμέρους ικανοποίηση για κάθε ένα από τα κριτήρια-χαρακτηριστικά του προϊόντος ή της υπηρεσίας αυτής. Οι προτιμήσεις αυτές των

πελατών εκφράζονται σύμφωνα με μια μονότονη προκαθορισμένη ποιοτική κλίμακα (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Ενδεικτική ποιοτική κλίμακα ικανοποίησης

Το μοντέλο MUSA προσπαθεί να εκτιμήσει τη συνολική και τις επιμέρους συναρτήσεις ικανοποίησης Y^* και X_i^* αντίστοιχα, δεδομένων των προτιμήσεων Y και X_i που έχει εκφράσει το σύνολο των πελατών. Ο ορισμός των μεταβλητών παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Μεταβλητές της μεθόδου MUSA

Y :	συνολική ικανοποίηση του πελάτη
α :	αριθμός επιπέδων της κλίμακας συνολικής ικανοποίησης
y^m :	το m επίπεδο συνολικής ικανοποίησης ($m=1, 2, \dots, \alpha$)
n :	αριθμός κριτηρίων
X_i :	ικανοποίηση του πελάτη σύμφωνα με το i κριτήριο ($i=1, 2, \dots, n$)
α_i :	αριθμός επιπέδων της κλίμακας ικανοποίησης του κριτηρίου i
x_i^k :	το k επίπεδο ικανοποίησης του κριτηρίου i ($k=1, 2, \dots, \alpha_i$)
Y^* :	συνάρτηση αξιών του Y (συνάρτηση ολικής ικανοποίησης)
y^{*m} :	αξία του y^m επιπέδου ικανοποίησης
X_i^* :	συνάρτηση αξιών του X_i (συνάρτηση μερικής ικανοποίησης)
x_i^{*k} :	αξία του x_i^k επιπέδου ικανοποίησης

Η μέθοδος MUSA ακολουθεί τις γενικές αρχές της ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπό περιορισμούς, χρησιμοποιώντας τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για την επίλυσή της (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982, Siskos and Yannacopoulos, 1985, Siskos, 1985). Η βασική εξίσωση της γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης έχει ως εξής:

$$Y^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1$$

όπου οι συναρτήσεις Y^* και X_i^* είναι κανονικοποιημένες στο διάστημα $[0, 100]$ ενώ b_i είναι ο συντελεστής βάρους του κριτηρίου i .

Οι περιορισμοί κανονικοποίησης μπορούν να γραφούν ως εξής:

$$y^{*1} = 0, y^{*\alpha} = 100 \quad (2.2)$$

$$x_i^{*1} = 0, x_i^{*\alpha_i} = 100 \text{ για } i = 1, 2, \dots, n$$

Οι σχέσεις «προτίμησης» μοντελοποιούν τους περιορισμούς μονοτονίας των συναρτήσεων Y^* και X_i^* έχουν ως εξής:

$$y^{*m} \leq y^{*m+1} \Leftrightarrow y^m \preceq y^{m+1} \text{ για } m = 1, 2, \dots, \alpha - 1 \quad (2.3)$$

$$x_i^{*k} \leq x_i^{*k+1} \Leftrightarrow x_i^k \preceq x_i^{k+1} \text{ για } k = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1$$

όπου \succeq : προτίμηση ή ισοδυναμία

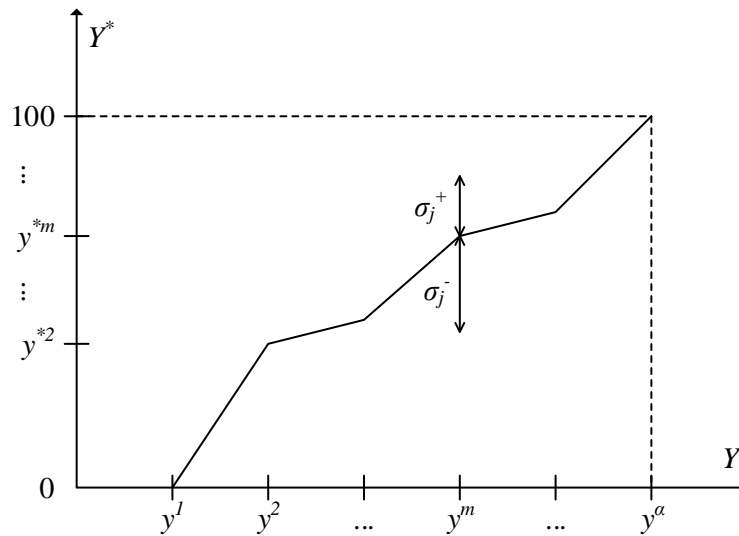
\preceq : μη προτίμηση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι Y^* και X_i^* είναι μονότονες και αύξουσες διακριτές συναρτήσεις.

2.1.2 Μαθηματική ανάπτυξη μοντέλου

Η μέθοδος MUSA προσπαθεί να εκτιμήσει μια συλλογική συνάρτηση αξιών (collective value function) Y^* και ένα σύνολο μερικών συναρτήσεων ικανοποίησης X_i^* με βάση τις γνώμες των πελατών, έχοντας σαν αντικειμενικό σκοπό την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής συμφωνίας ανάμεσα στη συνάρτηση Y^* και στις απόψεις των πελατών Y . Πιο αναλυτικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι:

- οι συναρτήσεις Y^* και X_i^* εκφράζουν τις προτιμήσεις ενός συνόλου καταναλωτών,
- η μέθοδος MUSA «συνθέτει» ένα σύνολο διαφορετικών απόψεων ικανοποίησης σε μοναδικές συναρτήσεις Y^* και X_i^* ,
- η σύνθεση αυτή γίνεται με τις μικρότερες δυνατές αποκλίσεις.



Σχήμα 2.3: Μεταβλητές σφάλματος για τον j πελάτη

Με βάση την προηγούμενη διαμόρφωση του προβλήματος και εισάγοντας μια διπλή μεταβλητή σφάλματος, η βασική εξίσωση της ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης (1.1) παίρνει την ακόλουθη μορφή:

$$Y^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* - \sigma^+ + \sigma^- \quad (2.4)$$

όπου Y^* είναι η εκτίμηση της συλλογικής συνάρτησης αξιών Y^* , σ^+ και σ^- είναι αντίστοιχα το σφάλμα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης.

Η εξίσωση (2.4) ισχύει για κάθε ένα πελάτη που έχει εκφράσει μια συγκεκριμένη άποψη ικανοποίησης και για το λόγο αυτό οι μεταβλητές σφάλματος θα πρέπει να ορισθούν για κάθε πελάτη χωριστά, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.3.

Εξετάζοντας προσεκτικά την εξίσωση (2.4) είναι εύκολο να παρατηρηθεί η ομοιότητα της μεθόδου MUSA είτε με τις βασικές αρχές του γραμμικού προγραμματισμού στόχων (goal programming), είτε με την μεθοδολογία της γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπό περιορισμούς (ordinal regression analysis) και ειδικότερα με την οικογένεια των μοντέλων προσθετικής χρησιμότητας UTA (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982; Siskos and Yannacopoulos, 1985, Despotis et al., 1990).

Σύμφωνα με τις υποθέσεις και τους ορισμούς που έχουν αναφερθεί, το πρόβλημα της εκτίμησης της ικανοποίησης πελατών μπορεί πλέον να μορφοποιηθεί σαν ένα πρόβλημα μαθηματικού προγραμματισμού με στόχο την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των μεταβλητών σφάλματος υπό τους περιορισμούς:

- βασική εξίσωση ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης (2.4) για κάθε πελάτη,
- περιορισμοί κανονικοποίησης των Y^* και X_i^* στο διάστημα $[0, 100]$,
- περιορισμοί μονotonίας των Y^* και X_i^* .

Το μέγεθος του προηγούμενου μαθηματικού προγράμματος μπορεί να ελαττωθεί, με στόχο τη μείωση της υπολογιστικής δυσκολίας εύρεσης της βέλτιστης λύσης, εξαλείφοντας το

σύνολο των περιορισμών μονοτονίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση νέων μεταβλητών, οι οποίες εκφράζουν τα διαδοχικά βήματα αύξησης των συναρτήσεων Y^* και X_i^* (Siskos and Yannacopoulos, 1985, Siskos, 1985) και ορίζονται ως εξής (Σχήμα 2.4):

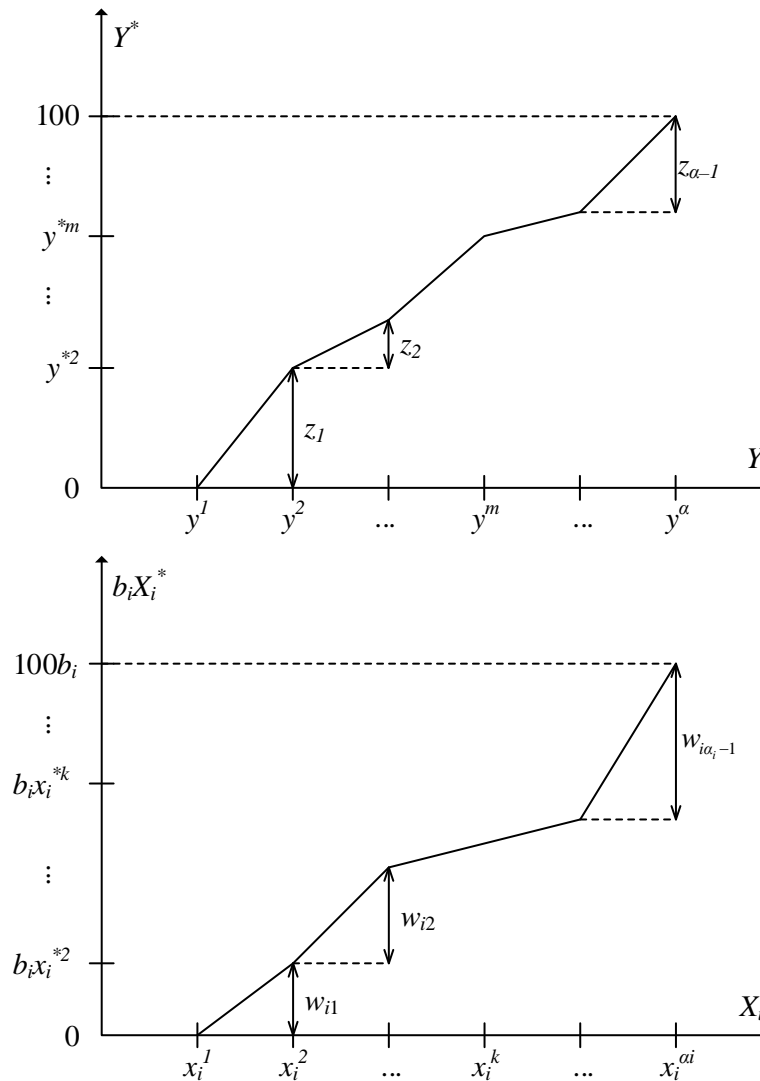
$$\begin{aligned} z_m &= y^{*m+1} - y^{*m} \text{ για } m=1,2,\dots,\alpha-1 \\ w_{ik} &= b_i x_i^{*k} \text{ για } k=1,2,\dots,\alpha_i - 1 \text{ και } i=1,2,\dots,n \end{aligned} \quad (2.5)$$

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η εισαγωγή των νέων αυτών μεταβλητών επιτυγχάνει τη γραμμικότητα του μοντέλου, δεδομένου ότι η εξίσωση (2.4) δεν είναι γραμμική (τόσο οι μεταβλητές Y^* και X_i^* , όσο και οι συντελεστές b_i πρέπει να εκτιμηθούν). Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2.5) οι αρχικές μεταβλητές απόφασης του γραμμικού προγράμματος γράφονται:

$$\begin{aligned} y^{*m} &= \sum_{i=1}^{m-1} z_i \text{ για } m=2,3,\dots,\alpha \\ b_i x_i^{*k} &= \sum_{i=1}^{k-1} w_{ii} \text{ για } k=2,3,\dots,\alpha_i \text{ και } i=1,2,\dots,n \end{aligned} \quad (2.6)$$

οπότε εισάγοντας τις νέες μεταβλητές z_m και w_{ik} και χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (2.5) και (2.6), η εξίσωση παλινδρόμησης (2.4) γίνεται:

$$\sum_m z_m = \sum_i \sum_k w_{ik} - \sigma^+ + \sigma^- \quad (2.7)$$



Σχήμα 2.4: Οι μεταβλητές μετασχηματισμού z_m και w_{ik}

Πιο συγκεκριμένα, έστω ότι ο πελάτης j έχει εκφράσει την ικανοποίησή του με βάση τις καθορισμένες ποιοτικές κλίμακες Y και X_i , δηλαδή:

$$\text{ολική ικανοποίηση } \bar{y}^j = y^{t_j} \text{ και } \bar{y}^j \in Y = \{y^1, y^2, \dots, y^{t_j}, \dots, y^\alpha\} \quad (2.8)$$

$$\text{μερική ικανοποίηση } \bar{x}_i^j = x_i^{t_j^i} \text{ και } \bar{x}_i^j \in X_i = \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{t_j^i}, \dots, x_i^{\alpha_i}\} \text{ για } i=1, 2, \dots, n$$

Τότε για την εξίσωση (2.7) θα ισχύει:

$$\sum_{m=1}^{t_j-1} z_m = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_j^i-1} w_{ik} - \sigma^+ + \sigma^- \quad \forall j \quad (2.9)$$

Άρα η τελική μορφή του γραμμικού προγράμματος θα έχει ως εξής:

$$[\min] F = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^-$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_j-1} w_{ik} - \sum_{m=1}^{t_j-1} z_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = 0 \text{ για } j=1,2,\dots,M$$

$$\sum_{m=1}^{\alpha-1} z_m = 100 \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} w_{ik} = 100$$

$$z_m \geq 0, w_{ik} \geq 0 \quad \forall m, i, k$$

$$\sigma_j^+ \geq 0, \sigma_j^- \geq 0 \text{ για } j=1,2,\dots,M$$

όπου M ο συνολικός αριθμός των πελατών.

Οι αρχικές μεταβλητές του προβλήματος υπολογίζονται με βάση τη βέλτιστη λύση του προηγούμενου γραμμικού προγράμματος, αφού εύκολα αποδεικνύεται ότι:

$$y^{*m} = \sum_{t=1}^{m-1} z_t \text{ για } m=2,3,\dots,\alpha$$

$$b_i = \frac{\sum_{t=1}^{\alpha_i-1} w_{it}}{100} \text{ για } i=1,2,\dots,n \quad (2.11)$$

$$x_i^{*k} = 100 \frac{\sum_{t=1}^{k-1} w_{it}}{\sum_{t=1}^{\alpha_i-1} w_{it}} \text{ για } i=1,2,\dots,n \text{ και } k=2,3,\dots,\alpha_i$$

Τα οριακά σημεία των συναρτήσεων ικανοποίησης y^{*1}, x_i^{*1} υπολογίζονται με βάση τους περιορισμούς κανονικοποίησης (2.2).

Το γραμμικό πρόγραμμα (2.10) αποτελεί τη βασική μορφή της μεθόδου MUSA.

2.1.3 Γνήσια αύξουσες συναρτήσεις ικανοποίησης

Το βασικό μοντέλο MUSA που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες υποθέτει ότι τόσο η ολική όσο και οι μερικές συναρτήσεις ικανοποίησης είναι προτιμησιακά αύξουσες, όπως υποδεικνύουν και οι περιορισμοί μονοτονίας (2.3). Σε αρκετές όμως περιπτώσεις απαιτούνται «αυστηρές» σχέσεις προτίμησης, έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα του τύπου: $y^{*m} = y^{*m+1}$ ή $x_i^{*k} = x_i^{*k+1}$ (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982). Οι «αυστηρές» σχέσεις προτίμησης έχουν την ακόλουθη μορφή:

$$\left\{ \begin{array}{l} y^{*m} < y^{*m+1} \Leftrightarrow y^m < y^{m+1} \text{ για } m=1,2,\dots,\alpha-1 \\ x_i^{*k} < x_i^{*k+1} \Leftrightarrow x_i^k < x_i^{*k+1} \text{ για } k=1,2,\dots,\alpha_i-1 \text{ και } i=1,2,\dots,n \end{array} \right\} \quad (2.12)$$

όπου το σύμβολο $<$ σημαίνει αυστηρή προτίμηση του δεξιού μέλους.

Με βάση τις σχέσεις (2.12) οι ακόλουθες ανισότητες πρέπει να ικανοποιούνται:

$$\begin{aligned} y^{*m+1} - y^{*m} &\geq \gamma \text{ για } m=1,2,\dots,\alpha-1 \\ (x_i^{*k+1} - x_i^{*k}) &\geq \gamma_i \text{ για } k=1,2,\dots,\alpha_i-1 \text{ και } i=1,2,\dots,n \\ \gamma, \gamma_i &> 0 \end{aligned} \quad (2.13)$$

όπου γ και γ_i είναι τα κατώφλια προτίμησης για τις συναρτήσεις Y^* και X_i^* .

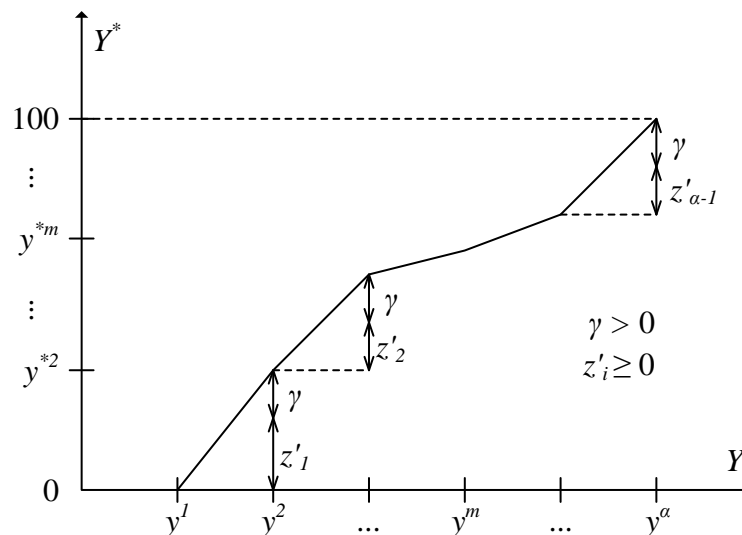
Εισάγοντας τα κατώφλια προτίμησης στις βασικές μεταβλητές της μεθόδου MUSA, προκύπτουν οι εξής νέοι μετασχηματισμοί:

$$\left\{ \begin{array}{l} z_m \geq \gamma \\ w_{ik} \geq \gamma_i \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} z_m - \gamma \geq 0 \\ w_{ik} - \gamma_i \geq 0 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} z'_m \geq 0 \text{ για } m=1,2,\dots,\alpha-1 \\ w'_{ik} \geq 0 \text{ για } k=1,2,\dots,\alpha_i-1 \text{ και } i=1,2,\dots,n \end{array} \right. \quad (2.14)$$

Όπου οι νέες μεταβλητές έχουν οριστεί ως εξής:

$$\left\{ \begin{array}{l} z_m = z'_m + \gamma \text{ για } m=1,2,\dots,\alpha-1 \\ w_{ik} = w'_{ik} + \gamma_i \text{ για } k=1,2,\dots,\alpha_i-1 \text{ και } i=1,2,\dots,n \end{array} \right. \quad (2.15)$$

Το Σχήμα 2.5 παρουσιάζει παραστατικά τη φυσική ερμηνεία για το κατώφλι προτίμησης της ολικής συνάρτησης ικανοποίησης, όπου αξίζει να παρατηρηθεί ότι:



Σχήμα 2.5: Κατώφλια προτίμησης για τη συνάρτηση Y^*

- Το κατώφλι προτίμησης γ εκφράζει το ελάχιστο «βήμα» αύξησης της συνάρτησης Y^* .

- Η «αυστηρή» σχέση υπεροχής υποδηλώνει ότι η ολική αξία ενός πελάτη που δηλώνει ότι ανήκει στο y^m επίπεδο ικανοποίησης είναι αυστηρά μικρότερη από την αντίστοιχη αξία ενός άλλου πελάτη του y^{m+1} επιπέδου ικανοποίησης.
- Οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις ισχύουν αντίστοιχα και για τις μερικές συναρτήσεις ικανοποίησης X_i^* .
- Αποδεικνύεται εύκολα ότι με την εισαγωγή των νέων μεταβλητών στο μοντέλο, το ελάχιστο βάρος ενός κριτηρίου X_i είναι $\gamma_i(\alpha_i - 1)/100$.
- Η προτεινόμενη επέκταση αποτελεί τη γενικευμένη μορφή της μεθόδου MUSA, δεδομένου ότι η βασική μορφή της είναι μια ειδική περίπτωση για $\gamma_i=0, \forall i$.

Χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες σχέσεις, το γενικευμένο μοντέλο MUSA παίρνει την ακόλουθη μορφή:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^- \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_{ij}-1} w_{ik}' - \sum_{m=1}^{t_j-1} z_m' - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = \gamma(t_j - 1) - \gamma_i \sum_{i=1}^n (t_{ij} - 1) \text{ για } j=1,2,\dots,M \\ \sum_{m=1}^{a-1} z_m' = 100 - \gamma(\alpha - 1) \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik}' = 100 - \sum_{i=1}^n \gamma_i(\alpha_i - 1) \\ z_m' \geq 0, \gamma_i > 0 \forall i \\ \sigma_j^+ \geq 0, \sigma_j^- \geq 0 \text{ για } j=1,2,\dots,M \end{array} \right. \quad (2.16)$$

όπου t_j και t_{ji} είναι οι κρίσεις του πελάτη j για την ολική και μερική ικανοποίησή του με:

$$y^{t_j} \in Y = \{y^1, y^2, \dots, y^{t_j}, \dots, y^a\}$$

$$x_i^{t_{ji}} \in X_i = \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{t_{ji}}, \dots, x_i^{a_i}\} \text{ για } i=1,2,\dots,n$$

2.1.4 Ανάλυση ευστάθειας

Η ανάλυση ευστάθειας της συγκεκριμένης μεθόδου, δεδομένου ότι βασίζεται στις γενικές αρχές του γραμμικού προγραμματισμού, αντιμετωπίζεται σαν ένα πρόβλημα ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης (post optimality analysis).

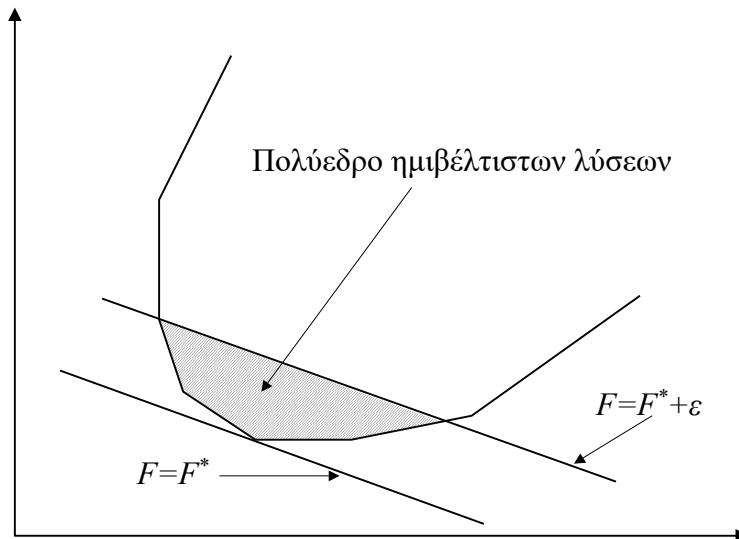
Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να αναφερθεί ότι δεν είναι σπάνιο το πρόβλημα της ύπαρξης πολλαπλών βέλτιστων (multiple optimal solutions) ή ημιβέλτιστων (near optimal solutions) λύσεων στις εφαρμογές του γραμμικού προγραμματισμού, ιδίως σε προβλήματα μεγάλου μεγέθους. Η λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα επιτυγχάνεται με μια ευρετική μέθοδο αναζήτησης ημιβέλτιστων λύσεων, οι οποίες όμως παρουσιάζουν κάποιες επιθυμητές ιδιότητες (Siskos, 1984, Σίσκος, 1998). Η ευρετική αυτή τεχνική βασίζεται στα εξής σημεία:

- Σε αρκετές περιπτώσεις, η βέλτιστη ή οι βέλτιστες λύσεις δεν είναι οι μόνες που ενδιαφέρουν, δεδομένης της ασάφειας που ισχύει για τις παραμέτρους του γραμμικού προγράμματος και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος (Van de Panne, 1975).
- Ο αριθμός των βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων είναι συχνά τεράστιος, οπότε οι μέθοδοι εξαντλητικής αναζήτησής τους (μέθοδος αντίστροφης simplex, αλγόριθμος Manas-Nedoma) απαιτούν πολύ χρόνο.

Το Σχήμα 2.6 παρουσιάζει το σύνολο των ημιβέλτιστων λύσεων του γραμμικού προγράμματος (1.10), όπου αναζητούνται νέες βέλτιστες λύσεις για τις οποίες η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης διαφέρει της βέλτιστης τιμής F^* κατά μια μικρή (πρακτικά αμελητέα) προκαθορισμένη ποσότητα ε . Ο χώρος των ημιβέλτιστων λύσεων οριοθετείται από το σύνολο-υπερπολύεδρο:

$$F \leq F^* + \varepsilon \quad (2.17)$$

όλοι οι περιορισμοί του γ.π. (2.10)



Σχήμα 2.6: Ανάλυση μεταβελτιστοποίησης και ημιβέλτιστες λύσεις (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982)

Η φάση της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης ολοκληρώνει τον αλγόριθμο της μεθοδολογίας MUSA και περιλαμβάνει την μορφοποίηση και επίλυση n γραμμικών προβλημάτων, όσος και ο αριθμός των κριτηρίων ικανοποίησης. Τα γραμμικά αυτά προγράμματα μεγιστοποιούν το βάρος b_i κάθε κριτηρίου και έχουν την ακόλουθη μορφή:

$$[\max] F^i = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} \quad \text{για } i=1,2,\dots,n$$

υπό τους περιορισμούς (2.18)

$$F \leq F^* + \varepsilon$$

όλοι οι περιορισμοί του γ.π. (2.10)

όπου ε είναι ένας μικρός θετικός αριθμός και F^* είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του γραμμικού προγράμματος (2.10).

Μια αντιπροσωπευτική τελική λύση για τις μεταβλητές της μεθόδου MUSA υπολογίζεται από την μέση τιμή των βέλτιστων λύσεων που δίνουν τα γραμμικά προγράμματα (2.18).

Η συγκεκριμένη ανάλυση μεταβελτιστοποίησης επιτρέπει την ανάλυση ευστάθειας της βέλτιστης λύσης (Σίσκος, 1998), δεδομένου ότι όταν το εύρος των τιμών που παίρνουν οι μεταβλητές στις διάφορες ημιβέλτιστες λύσεις είναι μικρό, τότε η βέλτιστη λύση είναι ευσταθής, ενώ σε αντίθετη περίπτωση η λύση είναι ασταθής.

2.1.5 Βασικά αποτελέσματα της μεθόδου

Συναρτήσεις και βάρη ικανοποίησης

Οι εκτιμώμενες συναρτήσεις ικανοποίησης αποτελούν τα σημαντικότερα αποτελέσματα της μεθόδου MUSA, δεδομένου ότι εκφράζουν την πραγματική αξία που προσδίδει το σύνολο των πελατών σε ένα καθορισμένο ποιοτικό επίπεδο ικανοποίησης. Η μορφή των συναρτήσεων αυτών είναι σε θέση να προσδιορίσει το βαθμό απαιτητικότητας των πελατών. Το Σχήμα 2.7 παρουσιάζει 3 βασικές ομάδες πελατών με διαφορετικό βαθμό απαιτητικότητας (τα αποτελέσματα ισχύουν τόσο για την ολική, όσο και για τις μερικές συναρτήσεις ικανοποίησης):

«Κανονικοί» πελάτες: η συνάρτηση ικανοποίησης έχει γραμμική μορφή, γεγονός που σημαίνει ότι οι συγκεκριμένοι πελάτες όσο περισσότερο ικανοποιημένοι δηλώνουν ότι είναι, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των προσδοκιών τους που εκπληρώνεται.

«Απαιτητικοί» πελάτες: η συνάρτηση ικανοποίησης έχει κυρτή μορφή, δεδομένου ότι η ομάδα αυτή των πελατών δεν είναι ικανοποιημένη παρά μόνο αν τους προσφέρεται το βέλτιστο επίπεδο υπηρεσιών.

«Μη-απαιτητικοί» πελάτες: η συνάρτηση ικανοποίησης έχει κοίλη μορφή, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι συγκεκριμένοι πελάτες δηλώνουν ότι είναι ικανοποιημένοι παρόλο που ένα μικρό ποσοστό των προσδοκιών τους εκπληρώνεται.

Γενικεύοντας, μπορεί να παρατηρηθεί ότι η συνάρτηση Y^* είναι η προσθετική συνάρτηση αξιών-χρησιμότητας (additive value/utility function) των πελατών ενώ οι συναρτήσεις X_i^* είναι οι μερικές ή περιθώριες συναρτήσεις αξιών-χρησιμότητας (marginal value/utility functions), όπως αναφέρονται στο πλαίσιο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Ειδικά για τη συλλογική συνάρτηση αξιών Y^* , θα πρέπει να σημειωθεί ότι αντιπροσωπεύει τη δομή των προτιμήσεων του πελάτη και υποδεικνύει τις επιπτώσεις των κριτηρίων ικανοποίησης.

Η βασική μορφή της μεθόδου MUSA, η οποία παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, υποθέτει ότι οι συναρτήσεις ικανοποίησης-αξιών Y^* και X_i^* είναι διακριτές μονότονες συναρτήσεις.

Τα βάρη των κριτηρίων ικανοποίησης υποδηλώνουν το σχετικό βαθμό σπουδαιότητας που δίνει το σύνολο των πελατών στις αξίες των διαστάσεων ικανοποίησης που έχουν καθοριστεί. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η απόφαση για να θεωρηθεί κάποιο κριτήριο ως «σημαντικό», σε ένα βαθμό, εξαρτάται και από το πλήθος των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται. Δεν θα πρέπει να λησμονείται η φυσική ερμηνεία των συντελεστών

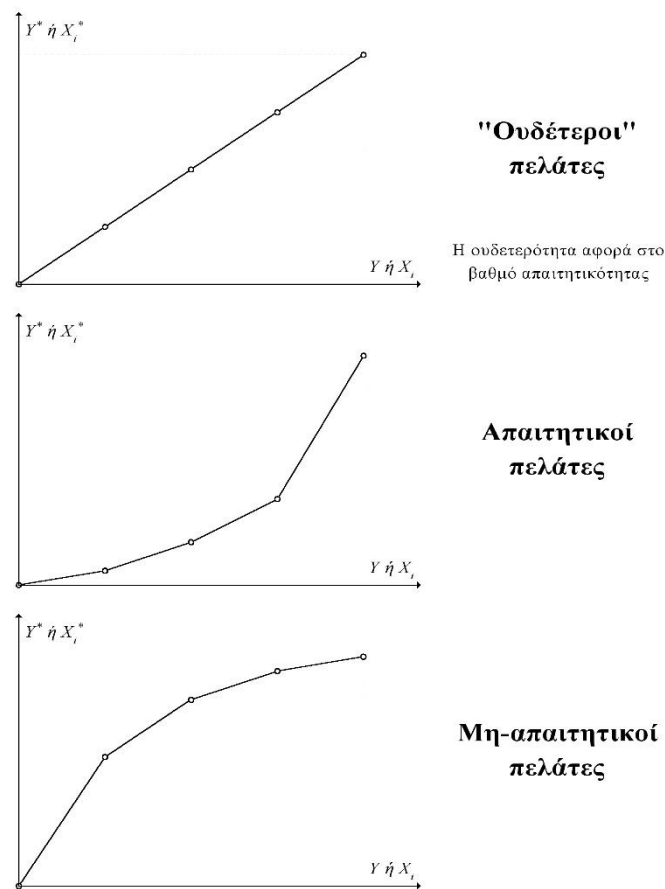
βαρύτητας, ότι τα βάρη είναι βαθμοί παραχώρησης (trade-offs) μεταξύ των αξιών στα κριτήρια.

Μέσοι δείκτες ικανοποίησης

Με βάση τα αποτελέσματα της μεθόδου που έχουν ήδη παρουσιαστεί, είναι δυνατός ο ορισμός ενός συνόλου μέσων δεικτών ικανοποίησης, τόσο ολικά, όσο και για κάθε ένα από τα κριτήρια ικανοποίησης.

Οι μέσοι δείκτες ολικής ικανοποίησης S και μερικής ικανοποίησης S_i ορίζονται με βάση τις σχέσεις (Σχήμα 2.8):

επίπεδο ικανοποίησης.



Σχήμα 2.7: Ομάδες πελατών με διαφορετικό βαθμό απαιτητικότητας

$$S = \frac{1}{100} \sum_{m=1}^a p^m y^{*m} \tag{2.19}$$

$$S_i = \frac{1}{100} \sum_{k=1}^{a_i} p_i^k x_i^{*k} \text{ για } i=1,2,\dots,n$$

όπου p^m and p_i^k είναι αντίστοιχα το ποσοστό των πελατών που ανήκουν στο y^m και x_i^k

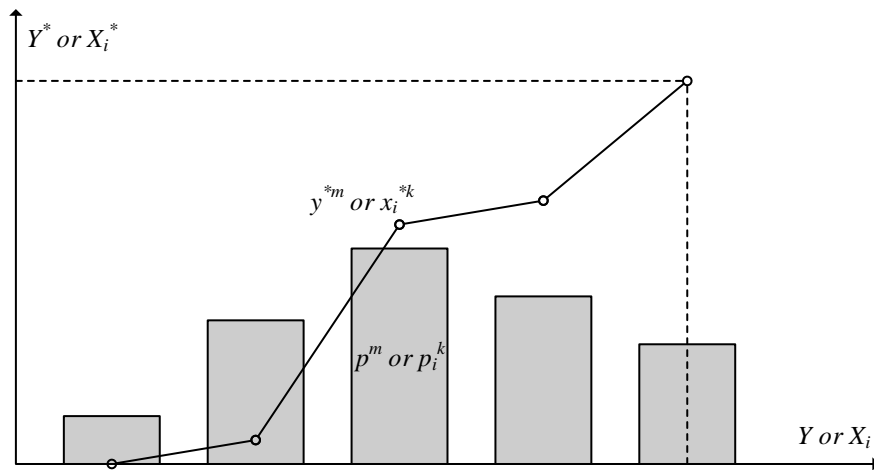
Είναι εύκολο να παρατηρηθεί ότι οι μέσοι δείκτες ικανοποίησης είναι μεγέθη κανονικοποιημένα (0-100%), ενώ όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.8, ο προηγούμενος ορισμός υποδεικνύει ότι ένας δείκτης ικανοποίησης είναι η μέση τιμή της αντίστοιχης συνάρτησης ικανοποίησης-αξιών.

Μέσοι δείκτες απαιτητικότητας

Το θέμα της απαιτητικότητας των πελατών έχει ήδη παρουσιαστεί αρκετά αναλυτικά όπου προκύπτει η ανάγκη για τον ορισμό ενός συνόλου μέσων δεικτών απαιτητικότητας, δεδομένου ότι με τον τρόπο αυτό:

- ορίζεται μια ποσοτική μεταβλητή για την έννοια της απαιτητικότητας,
- εκμεταλλεύεται πλήρως το σύνολο των πληροφοριών που δίνουν οι συναρτήσεις ικανοποίησης.

Οι μέσοι δείκτες απαιτητικότητας ορίζονται με βάση τις σχέσεις (Σχήμα 2.9):

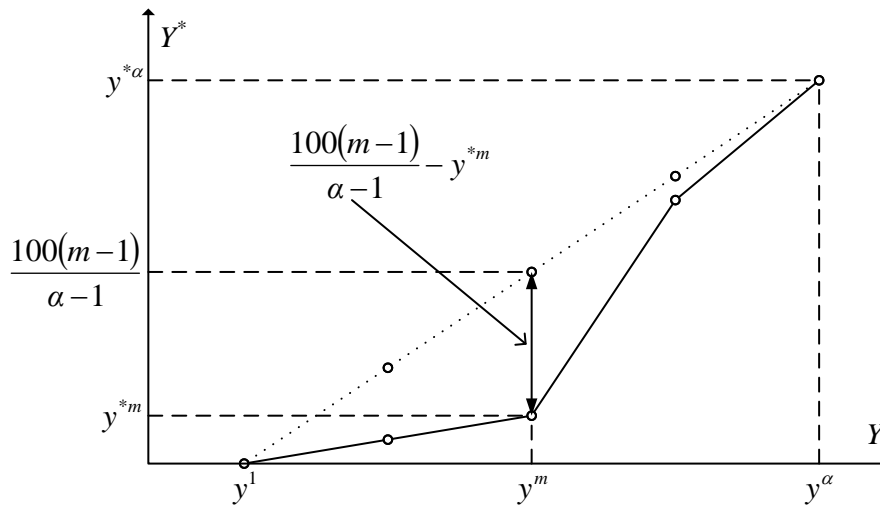


Σχήμα 2.8: Συναρτήσεις ικανοποίησης και συχνότητες απαντήσεων πελατών

$$D = \frac{\sum_{m=1}^{a-1} \left(\frac{100(m-1)}{a-1} - y^{*m} \right)}{100 \sum_{m=1}^{a-1} \frac{m-1}{a-1}} \text{ για } \alpha > 2 \quad (2.20)$$

$$D_i = \frac{\sum_{k=1}^{a_i-1} \left(\frac{100(k-1)}{a_i-1} - x_i^{*k} \right)}{100 \sum_{k=1}^{a_i-1} \frac{k-1}{a_i-1}} \text{ για } \alpha_i > 2 \text{ και } i=1,2,\dots,n$$

όπου D και D_i είναι αντίστοιχα οι μέσοι δείκτες ολικής και μερικής (σύμφωνα με το i κριτήριο) απαιτητικότητας.



Σχήμα 2.9: Τρόπος υπολογισμού μέσω δεικτών απαιτητικότητας

Σύμφωνα με τις σχέσεις (2.20) και το Σχήμα 2.9 μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα ότι οι μέσοι δείκτες απαιτητικότητας είναι κανονικοποιημένοι στο διάστημα $[-1, 1]$ και ισχύει:

- $D = 1$ ή $D_i = 1$: οι πελάτες παρουσιάζουν τον μέγιστο βαθμό απαιτητικότητας.
- $D = 0$ ή $D_i = 0$: η περίπτωση αυτή αφορά «κανονικούς» πελάτες.
- $D = -1$ ή $D_i = -1$: οι πελάτες παρουσιάζουν τον ελάχιστο βαθμό απαιτητικότητας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένοι δείκτες εκφράζουν την μέση απόκλιση των συναρτήσεων ικανοποίησης από μια «κανονική» (γραμμική) συνάρτηση αξιών, γεγονός που σημαίνει ότι οι δείκτες απαιτητικότητας μπορεί να έχουν διαφορετικές τιμές σε διαφορετικά επίπεδα της ποιοτικής κλίμακας ικανοποίησης (π.χ. είναι δυνατόν μια σιγμοειδής συνάρτηση ικανοποίησης να δώσει μηδενικό μέσο δείκτη απαιτητικότητας). Σε μια τέτοια περίπτωση και εφόσον απαιτείται σε βάθος ανάλυση του συγκεκριμένου θέματος, πρέπει να οριστεί ένα σύνολο διακριτών συναρτήσεων απαιτητικότητας:

$$D(y^m) = y^{*m+1} - y^{*m} \text{ για } m=1,2,\dots,\alpha-1 \quad (2.21)$$

$$D(x_i^k) = x_i^{*k+1} - x_i^{*k} \text{ για } k=1,2,\dots,\alpha_i-1 \text{ και } i=1,2,\dots,n$$

Επίσης, οι δείκτες απαιτητικότητας, εκτός από τον καθορισμό των προτιμήσεων και του τρόπου συμπεριφοράς των πελατών, μπορούν να υποδείξουν και το μέγεθος της προσπάθειας που πρέπει να καταβληθεί από την πλευρά της επιχείρησης για τη βελτίωση της συγκεκριμένης διάστασης ικανοποίησης.

Διαγράμματα δράσης

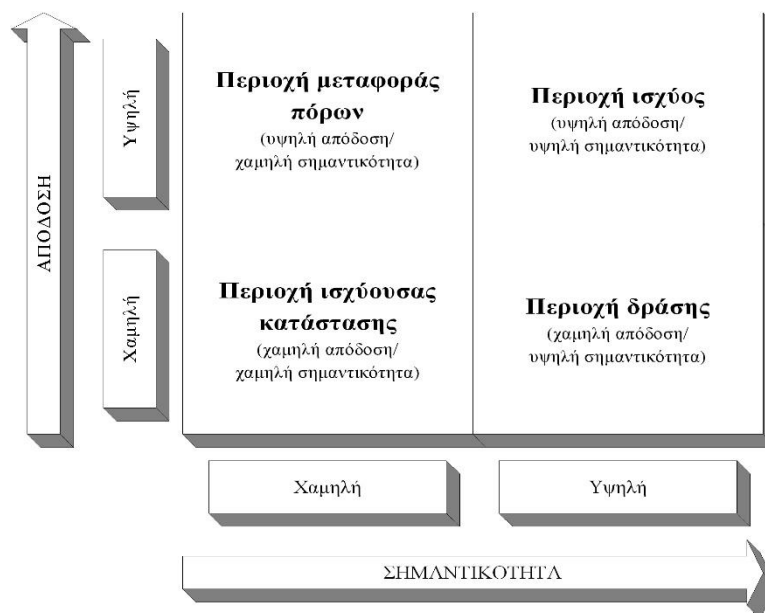
Συνδυάζοντας τα βάρη των κριτηρίων ικανοποίησης με τους μέσους δείκτες ικανοποίησης είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας σειράς διαγραμμάτων δράσης (action diagrams) τα οποία μπορούν να προσδιορίσουν ποια είναι τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της ικανοποίησης των πελατών, καθώς και το που πρέπει να στραφούν οι προσπάθειες βελτίωσης.

Τα διαγράμματα αυτά είναι ουσιαστικά χάρτες απόδοσης-σημαντικότητας (performance-importance maps), ενώ αναφέρονται συχνά και ως στρατηγικοί χάρτες (strategic maps),

χάρτες απόφασης (decision maps), ή αντιληπτικοί χάρτες (perceptual maps) στη διεθνή βιβλιογραφία (Γρηγορούδης και Σίσκος, 2000).

Κάθε διάγραμμα δράσης χωρίζεται σε τεταρτημόρια ανάλογα με την απόδοση (μέσοι δείκτες ικανοποίησης) και τη σημαντικότητα (βάρη) των κριτηρίων. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατός ο προσδιορισμός των απαιτούμενων ενεργειών για τη βελτίωση ή τη διατήρηση του επιπέδου ικανοποίησης των πελατών:

1. **Περιοχή ισχύουσας κατάστασης-status quo** (χαμηλή απόδοση και χαμηλή σημαντικότητα): συνήθως δεν απαιτείται καμιά πρόσθετη ενέργεια από την πλευρά της εταιρίας, δεδομένοι ότι οι συγκεκριμένες διαστάσεις ικανοποίησης δε θεωρούνται σημαντικές από τους πελάτες.
2. **Περιοχή ισχύος** (υψηλή απόδοση και υψηλή σημαντικότητα): τα χαρακτηριστικά που ανήκουν σε αυτό το τεταρτημόριο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως το συγκριτικό πλεονέκτημα της εταιρίας απέναντι στον ανταγωνισμό. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι συγκεκριμένες διαστάσεις ικανοποίησης αποτελούν και τη βασική αιτία και ειδοποιό διαφορά που έχει επιλεγεί η χρήση (αγορά) του εξεταζόμενου προϊόντος ή υπηρεσίας.
3. **Περιοχή δράσης** (χαμηλή απόδοση και υψηλή σημαντικότητα): στο τεταρτημόριο αυτό ανήκουν τα πλέον κρίσιμα χαρακτηριστικά που πρέπει να βελτιωθούν οπωσδήποτε ώστε να αυξηθεί το επίπεδο ικανοποίησης των πελατών.
4. **Περιοχή μεταφοράς πόρων** (υψηλή απόδοση και χαμηλή σημαντικότητα): οι πόροι και γενικότερα η προσπάθεια της επιχείρησης που αφορούν στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή της υπηρεσίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικό τρόπο (π.χ. βελτίωση των διαστάσεων ικανοποίησης που ανήκουν στην περιοχή δράσης).



Σχήμα 2.10: Διάγραμμα δράσης

Το διάγραμμα του παρακάτω Σχήματος (2.10) μπορεί επιπρόσθετα να καθορίσει την ιεράρχηση της σπουδαιότητας των ενεργειών βελτίωσης για τις κρίσιμες διαστάσεις της ικανοποίησης :

- Η περιοχή δράσης είναι προφανώς η πρώτη προτεραιότητα της επιχείρησης, δεδομένου ότι στο συγκεκριμένο τεταρτημόριο ανήκουν σημαντικά κριτήρια για τα οποία οι πελάτες δεν είναι ικανοποιημένοι.
- Η δεύτερη προτεραιότητα θα πρέπει να επικεντρωθεί στις διαστάσεις ικανοποίησης που ανήκουν στην περιοχή ισχύος, ειδικά όταν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης (ο δείκτης ικανοποίησης είναι κοντά στον κάθετο άξονα).
- Η περιοχή της ισχύουσας κατάστασης είναι η τρίτη κατά σειρά προτεραιότητα της επιχείρησης. Παρόλο που οι συγκεκριμένες διαστάσεις ικανοποίησης δεν είναι ιδιαίτερα κρίσιμες την περίοδο της ανάλυσης, ενδέχεται να γίνουν σημαντικές στο μέλλον, ενώ δεν πρέπει να λησμονείται το γεγονός ότι η ικανοποίηση των πελατών είναι χαμηλή για τα συγκεκριμένα κριτήρια.
- Η τελευταία προτεραιότητα της επιχείρησης θα πρέπει να είναι η περιοχή μεταφοράς πόρων, διότι περιλαμβάνει χαρακτηριστικά τα οποία αφενός δεν είναι σημαντικά για τους πελάτες και αφετέρου η απόδοση της εταιρίας είναι υψηλή.

2.1.6 Δείκτες προσαρμογής και ευστάθειας

Μέσοι δείκτες προσαρμογής

Η προσαρμογή του μοντέλου αφορά στην εύρεση ενός συστήματος αξιών (συναρτήσεις ικανοποίησης, βάρη κριτηρίων) για το σύνολο των πελατών, με τα ελάχιστα δυνατά σφάλματα. Για το λόγο αυτό, οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών σφάλματος υποδηλώνουν την αξιοπιστία του συστήματος αξιών που εκτιμάται.

Μέσος δείκτης Προσαρμογής AFI_1

Ο ορισμός ενός κανονικοποιημένου δείκτη προσαρμογής κρίνεται απαραίτητος, δεδομένου ότι η συνολική ποσότητα των σφαλμάτων εκτίμησης εξαρτάται από τον αριθμό των πελατών. Έτσι, ο πρώτος μέσος δείκτης προσαρμογής (Average Fitting Index) που ορίστηκε για τη μέθοδο MUSA είναι ο εξής:

$$AFI_1 = 1 - \frac{F^*}{100M} \quad (2.22)$$

όπου F^* είναι η βέλτιστη τιμή σφάλματος του αρχικού γραμμικού προγράμματος του μοντέλου MUSA και M είναι ο αριθμός των πελατών.

Ο μέσος δείκτης προσαρμογής AFI_1 παίρνει την τιμή 1 μόνο όταν $F^* = 0$ δηλαδή όταν το μοντέλο είναι σε θέση να εκτιμήσει ένα σύνολο αξιών για τους πελάτες με μηδενικά σφάλματα. Όμοια, ο μέσος δείκτης προσαρμογής παίρνει την τιμή 0 μόνο όταν $F^* = 100M$ δηλαδή όταν τα ζεύγη των μεταβλητών σφάλματος σ_i^+ και σ_i^- παίρνουν την μέγιστη δυνατή τιμή τους. Είναι εύκολο να αποδειχθεί ότι $\sigma_j^+ \sigma_j^- = 0 \quad \forall j$ δηλαδή η βέλτιστη λύση

περιλαμβάνει μια τουλάχιστον μηδενική μεταβλητή σφάλματος για κάθε πελάτη, δεδομένου ότι η συγκεκριμένη μοντελοποίηση είναι όμοια με αυτή του προγραμματισμού στόχων (Charnes and Cooper, 1961).

Παρατηρώντας τις παραπάνω περιπτώσεις στις οποίες ο μέσος δείκτης προσαρμογής AFI_1 παίρνει τις ακραίες τιμές 0 και 1 συμπεραίνεται ότι αποτελεί έναν υπερτιμημένο δείκτη. Για το λόγο αυτό προτείνονται 2 νέοι εναλλακτικοί δείκτες προσαρμογής οι οποίοι δίνουν αφενός τις απόλυτες διαστάσεις των μηδενικών σφαλμάτων ως ποσοστό του συνόλου των πελατών και αφετέρου συνυπολογίζουν το μέγιστο σφάλμα σε κάθε επίπεδο ικανοποίησης σε συνδυασμό με το βάρος του επιπέδου αυτού. Οι δύο νέοι δείκτες προσαρμογής ορίζονται παρακάτω.

Μέσος δείκτης Προσαρμογής AFI_2

$$AFI_2 = \% \text{ πελατών με } \sigma^+ = \sigma^- = 0 \quad (2.23)$$

Ο δείκτης αυτός υπολογίζει το ποσοστό των πελατών με μηδενικό σφάλμα. Έτσι όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης αυτός τόσο το καλύτερο για το μοντέλο το οποίο δείχνει να προσαρμόζεται καλύτερα αφού δίνει λιγότερα σφάλματα. Οι τιμές που μπορεί να πάρει ο δείκτης AFI_2 είναι στο διάστημα $[0, \dots, 1]$. Ο δείκτης αυτός όμως δεν παύει να είναι ένας αυστηρός δείκτης δεδομένου ότι ελέγχει μόνο το αν υπάρχει η δεν υπάρχει σφάλμα σε κάθε πελάτη και όχι αν το σφάλμα που υπάρχει είναι μικρό ή μεγάλο. Έτσι για παράδειγμα αν έχουμε 2 τιμές για το δείκτη AFI_2 π.χ. 0,2 και 0,1 δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η περίπτωση με δείκτη 0,2 είναι καλύτερη από αυτήν με δείκτη 0,1 γιατί μπορεί μη μηδενικά σφάλματα στην περίπτωση όπου $AFI_2=0,2$ να είναι μεγαλύτερα κατά απόλυτα μεγέθη από τα σφάλματα στην περίπτωση όπου $AFI_2=0,1$ (το άθροισμα δηλαδή των σφαλμάτων στην πρώτη περίπτωση να είναι μεγαλύτερο από ότι στη δεύτερη παρά το γεγονός ότι η 1^η περίπτωση έχει καλύτερο δείκτη AFI_2)

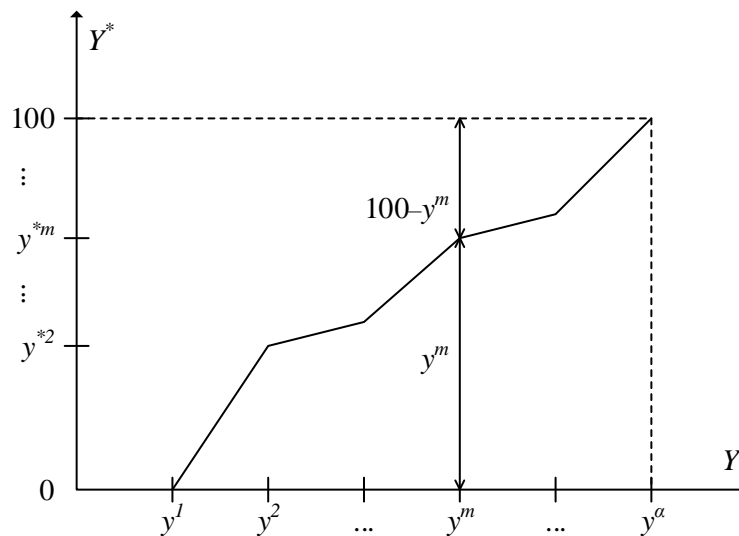
Μέσος δείκτης Προσαρμογής AFI_3

$$AFI_3 = 1 - \frac{F^*}{M \sum_{m=1}^a P^m \max \{y^{*m}, 100 - y^{*m}\}} \quad (2.24)$$

Ο συγκεκριμένος δείκτης Προσαρμογής AFI_3 αντιμετωπίζει κάθε επίπεδο ικανοποίησης της συνολικής ικανοποίησης ξεχωριστά και υπολογίζει ποιο είναι το μέγιστο σφάλμα εκτίμησης που μπορεί να έχουμε για το επίπεδο αυτό. Η τιμή που μπορεί να πάρει η εκτίμηση Y^* κάθε επιπέδου m ικανοποίησης της ολικής ικανοποίησης κυμαίνεται από 0 έως 100. Έτσι αν ο πελάτης έχει δώσει μια τιμή y^{*m} τότε το μέγιστο σφάλμα υπερεκτίμησης (σ^+) θα είναι $100 - y^{*m}$ ενώ το μέγιστο σφάλμα υποεκτίμησης (σ^-) θα είναι y^{*m} . Άρα το μέγιστο σφάλμα θα είναι η μέγιστη των 2 αυτών τιμών, δηλαδή $\max \{100 - y^{*m}, y^{*m}\}$. Με βάση τη λογική αυτή, για να υπολογιστεί το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να υπάρχει στο m επίπεδο ικανοποίησης του συνολικού επιπέδου ικανοποίησης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο αριθμός των πελατών

που επέλεξαν το επίπεδο αυτό (σύνολο πελατών επί πιθανότητα επιλογής m επιπέδου: MP^m). Άρα: $MP^m \max\{100-y^{*m}, y^{*m}\}$.

Άρα αν προστεθούν τα μέγιστα σφάλματα για κάθε επίπεδο ικανοποίησης m θα προκύψει το συνολικό μέγιστο σφάλμα, οπότε αν αντικατασταθεί στον παρονομαστή του AFI_1 το υπερεκτιμημένο συνολικό μέγιστο σφάλμα ($100 * M$) με το νέο συνολικό μέγιστο σφάλμα θα προκύψει ο νέος τύπος του δείκτη AFI_3 . Δεδομένου λοιπόν ότι ο νέος δείκτης προσαρμογής AFI_3 αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση του υπερτιμημένου δείκτη AFI_1 , θα έχει πάντα τιμή μικρότερη ή ίση του AFI_1 . Συγκεκριμένα, ενώ ο AFI_1 υποθέτει ότι το μέγιστο σφάλμα ανά πελάτη είναι 100, ο AFI_3 χρησιμοποιεί την εκτιμώμενη καμπύλη Y^* για να υπολογίσει το μέγιστο σφάλμα ανά πελάτη.



Σχήμα 2.11: Μέγιστες τιμές σφάλματος υποεκτίμησης, υπερεκτίμησης επιπέδου m συνολικής ικανοποίησης.

Μέσος δείκτης ευστάθειας

Η ευστάθεια των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης αποτελεί ένα πρόβλημα ανεξάρτητο από το βαθμό προσαρμογής της μεθόδου MUSA. Η προτεινόμενη ανάλυση μεταβελτιστοποίησης είναι μια διαδικασία αναζήτησης ημιβέλτιστων λύσεων με συγκεκριμένες επιθυμητές ιδιότητες η οποία ταυτόχρονα είναι σε θέση να δείξει την ευστάθεια των αποτελεσμάτων του μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της φάσης μεταβελτιστοποίησης επιλύονται n γραμμικά προγράμματα, τα οποία μεγιστοποιούν διαδοχικά το βάρος κάθε κριτηρίου i . Ως τελική λύση για τα βάρη των κριτηρίων υπολογίζεται η μέση τιμή των βαρών των γραμμικών αυτών προγραμμάτων. Η διακύμανση που παρατηρείται στον πίνακα μεταβελτιστοποίησης υποδηλώνει το βαθμό αστάθειας των αποτελεσμάτων.

Για την ανάλυση της ευστάθειας των αποτελεσμάτων της μεθόδου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η διακύμανση των βαρών των κριτηρίων του πίνακα μεταβελτιστοποίησης. Έτσι, ο μέσος δείκτης ευστάθειας (Average Stability Index) θα μπορούσε να οριστεί ως η μέση τιμή της κανονικοποιημένης τυπικής απόκλισης των εκτιμώμενων βαρών b_i των κριτηρίων του προβλήματος:

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{\lambda \sum_{j=1}^{\lambda} (b_i^j)^2 - \left(\sum_{j=1}^{\lambda} b_i^j \right)^2}}{\sqrt{\lambda - 1}} \quad (2.25)$$

όπου b_{ji} το εκτιμώμενο βάρος του κριτηρίου i κατά την επίλυση του j γραμμικού προγράμματος της φάσης μεταβελτιστοποίησης, και λ ο αριθμός των γραμμικών προβλημάτων που επιλύονται.

Ο μέσος δείκτης ευστάθειας παίρνει τιμές στο διάστημα $[0, 1]$ και πιο συγκεκριμένα:

1. Αποδεικνύεται ότι στην περίπτωση που ο δείκτης αυτός γίνεται μέγιστος έχουμε (Παπαδημητρίου, 1986):

$$ASI = 1 \Leftrightarrow b_i^j = b_i \quad \forall i, j \quad (2.26)$$

όπου b_i είναι η τελική λύση της μεθόδου για τα βάρη των κριτηρίων του προβλήματος.

2. Στην περίπτωση που ο δείκτης γίνεται ελάχιστος ισχύει:

$$ASI = 0 \Leftrightarrow b_i^j = \begin{cases} 100 & \text{αν } i=j \\ 0 & \text{αν } i \neq j \end{cases} \quad \forall i, j \quad (2.27)$$

2.2 Μοντελοποίηση πρόσθετης πληροφορίας και ιδιοτήτων για τη βελτίωση της ευστάθειας

2.2.1 Προσεγγίσεις για τη βελτίωση της ευστάθειας

Τα δεδομένα που συλλέγονται (ερωτήσεις ικανοποίησης) για τη μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών με τη βοήθεια της μεθόδου MUSA μπορεί να έχουν τέτοια χαρακτηριστικά που να κάνουν αδύνατη την εξεύρεση μιας εφικτής λύσης η οποία να συμβαδίζει όσο το δυνατόν με τις προτιμήσεις των πελατών. Η μη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τους αποφασίζοντες (πελάτες) δυσχεραίνει ακόμα περισσότερο το έργο της εξεύρεσης ευσταθών λύσεων. Για το λόγο αυτό απαιτούνται ενέργειες που θα μπορέσουν να βελτιώσουν την ευστάθεια των αποτελεσμάτων. Οι ενέργειες αυτές μπορεί να αφορούν είτε τους αποφασίζοντες (πελάτες) είτε τους αναλυτές που μοντελοποιούν και αναλύουν το πρόβλημα. Τέτοιες ενέργειες μπορεί να είναι η ζήτηση επιπλέον πληροφορίας από τους πελάτες (π.χ. μαζί με τις ερωτήσεις ικανοποίησης στα διάφορα κριτήρια μιας έρευνας ικανοποίησης των πελατών μπορεί να ζητηθούν και πληροφορίες σχετικά με τη σημαντικότητα των κριτηρίων), η χρήση των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα για τις προτιμήσεις των πελατών ή η προσθήκη νέων περιορισμών στο μοντέλο MUSA οι οποίες θα μειώσουν το πολύεδρο των εφικτών λύσεων. Οι παρακάτω ενότητες περιγράφουν τις προσπάθειες μοντελοποίησης των παραπάνω περιπτώσεων για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου MUSA.

2.2.2 Μοντελοποίηση προτιμήσεων για τη σημαντικότητα των κριτηρίων

Ανάπτυξη μοντέλου

Μια έρευνα ικανοποίησης πελατών μπορεί να συμπεριλαμβάνει, εκτός από τις συνηθισμένες ερωτήσεις απόδοσης των κριτηρίων, τις προτιμήσεις των πελατών σχετικά με τη σημαντικότητα των κριτηρίων. Η άμεση προτίμηση των πελατών σχετικά με το βάρος ενός κριτηρίου εκτιμάται μέσω ερωτήσεων σημαντικότητας και ονομάζεται *εκφρασμένη σημαντικότητα (stated importance)*. Η *εκτιμώμενη σημαντικότητα (derived importance)* των κριτηρίων εκτιμάται μέσω μιας ποσοτικής τεχνικής ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης η οποία χρησιμοποιεί τις εκτιμήσεις των πελατών σχετικά με την απόδοση των κριτηρίων ενός προϊόντος/ υπηρεσίας.

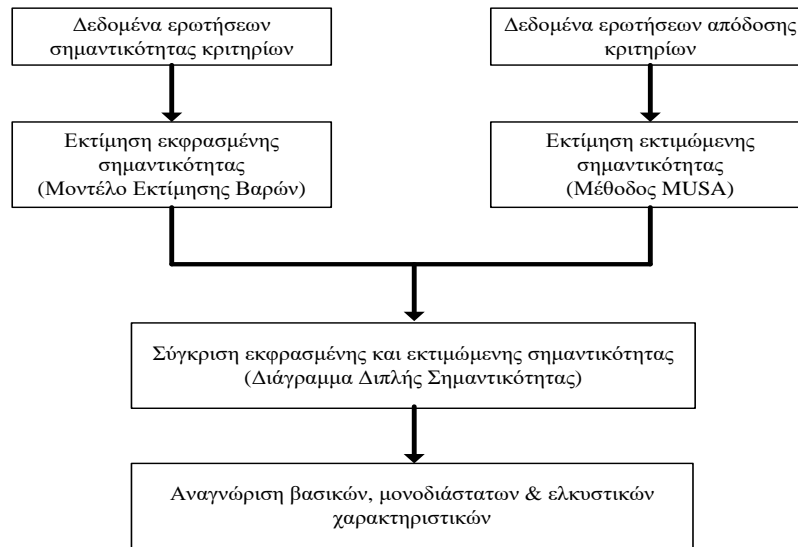
Ένα συνηθισμένο πρόβλημα κατά την ανάλυση δεδομένων ερευνών ικανοποίησης πελατών είναι η σύγκριση ανάμεσα στην εκφρασμένη και εκτιμώμενη σημαντικότητα για ένα σύνολο διαστάσεων ικανοποίησης. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον το ότι σπάνια η εκφρασμένη από τους πελάτες σημαντικότητα (*stated importance*) είναι η ίδια με την εκτιμώμενη σημαντικότητα (*derived importance*). Δε θα ήταν παράλογο να πούμε ότι οι πελάτες όταν ερωτούνται άμεσα έχουν την τάση να βαθμολογούν όλα τα κριτήρια ως πολύ σημαντικά [Naumann and Giel (1995)]. Λόγω αυτής της τάσης των πελατών οι ερευνητές αντιμετωπίζουν συχνά με επιφύλαξη τα αποτελέσματα της εκφρασμένης από τους πελάτες σημαντικότητα, ενώ τα δεδομένα εκτιμώμενης σημαντικότητας θεωρούνται γενικά περισσότερο αξιόπιστα.

Παρόλα αυτά, η σύγκριση ανάμεσα στην εκφρασμένη και εκτιμώμενη σημαντικότητα μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες. Κάνει δυνατή την αναγνώριση των χαρακτηριστικών που οι πελάτες βαθμολογούν ως σημαντικά και επιτρέπει σε μια εταιρία να εξετάσει αν υπάρχει συμφωνία με τις πραγματικά σημαντικές (εκτιμώμενες) και τις πραγματικά ασήμαντες διαστάσεις ικανοποίησης. Επιπροσθέτως, βοηθά να εντοπιστούν οι διαστάσεις που αποτελούν 'σιωπηλά κίνητρα' για την επιλογή ενός προϊόντος/ υπηρεσίας από τους πελάτες ή ακόμα αναμενόμενες υπηρεσίες. Η προσέγγιση αυτή συμφωνεί επίσης με τις αρχές του μοντέλου του Kano για τον ορισμό διαφορετικών επιπέδων ποιότητας και καθιστά δυνατή την ταξινόμηση των απαιτήσεων των πελατών.

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζεται μια μεθοδολογία που επιτρέπει τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων σημαντικότητας των πελατών για τα διάφορα χαρακτηριστικά υπηρεσιών. Η προτεινόμενη προσέγγιση καθιστά δυνατή τη σύγκριση της εκφρασμένης και εκτιμώμενης σημαντικότητας των διαστάσεων ικανοποίησης και βοηθά στην εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων.

Μεθοδολογία εκτίμησης βαρών

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται κατά την εκτίμηση βαρών, βασίζεται στη συγκριτική ανάλυση της σχέσης ανάμεσα στην εκφρασμένη και εκτιμώμενη σημαντικότητα και εφαρμόζεται σε δύο βασικά στάδια (Σχήμα 2.12). Στο πρώτο στάδιο συγκεντρώνονται τα δεδομένα της εκφρασμένης και εκτιμώμενης σημαντικότητας μέσω ενός εξειδικευμένου ερωτηματολογίου και μέσω ερωτήσεων σημαντικότητας κριτηρίων και απόδοσης κριτηρίων, αντίστοιχα. Η εκφρασμένη και εκτιμώμενη σημαντικότητα για κάθε κριτήριο ικανοποίησης εκτιμάται μέσω διαφορετικών τεχνικών.



Σχήμα 2.12: Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης βαρών

Μέσω των ερωτήσεων απόδοσης οι πελάτες ερωτώνται σχετικά με το επίπεδο ικανοποίησης/δυσαρέσκειας για κάθε κριτήριο (Σχήμα 2.13). Έπειτα, γίνεται η εκτίμηση της εκτιμώμενης σημαντικότητας μέσω της μεθόδου MUSA, η οποία βασίζεται στις αρχές της πολυκριτήριας ανάλυσης με χρήση τεχνικών ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης.

Πόσο ικανοποιημένος είστε από το κριτήριο;

Πολύ Ικανοποιημένος

Ικανοποιημένος

Λιγότερο Ικανοποιημένος

Σχήμα 2.13: Ερώτηση απόδοσης κριτηρίων

Ως προς τις ερωτήσεις σημαντικότητας μπορούν να αναγνωριστούν δύο διαφορετικοί τύποι ερωτήσεων: ερωτήσεις απόδοσης σημαντικότητας και ερωτήσεις κατάταξης κριτηρίων. Μέσω των ερωτήσεων απόδοσης σημαντικότητας (Σχήμα 2.14α) οι πελάτες μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα σε διάφορα επίπεδα σημαντικότητας για κάθε κριτήριο. Το κύριο μειονέκτημα αυτού του τύπου των ερωτήσεων είναι ότι οι πελάτες έχουν την τάση να ‘υπερεκτιμούν’ τη σημαντικότητα των κριτηρίων και να θεωρούν όλα τα κριτήρια σημαντικά ή πολύ σημαντικά. Το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω των ερωτήσεων κατάταξης κριτηρίων (Σχήμα 2.14β) όπου οι πελάτες καλούνται να κατατάξουν τα κριτήρια από το περισσότερο σημαντικό μέχρι το λιγότερο σημαντικό. Με αυτόν τον τρόπο δεν μπορούν να τοποθετήσουν κανένα κριτήριο στην ίδια κατηγορία σημαντικότητας με τα άλλα, οπότε υπάρχει ομαλή κατανομή των κριτηρίων στα επίπεδα σημαντικότητας. Τα δεδομένα σημαντικότητας αποτελούν τα εισερχόμενα δεδομένα του μοντέλου εκτίμησης βαρών που χρησιμοποιεί τεχνικές ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπό περιορισμούς (ordinal

regression analysis) και το οποίο θα αναφέρεται εφεξής ως WORT (Weights evaluation using Ordinal Regression Techniques).

Στο δεύτερο στάδιο, η εκφρασμένη και η εκτιμώμενη σημαντικότητα συγκρίνονται μέσω ενός Διαγράμματος Διπλής Σημαντικότητας (Dual Importance Diagram), το οποίο ορίζει διαφορετικά επίπεδα ποιότητας σε συμφωνία με την προσέγγιση του Καπο και καθιστά δυνατή την ταξινόμηση των απαιτήσεων των πελατών. Μέσω του Διαγράμματος Διπλής Σημαντικότητας μπορούν να αναγνωριστούν τα χαρακτηριστικά που οι πελάτες βαθμολογούν ως σημαντικά και να εξεταστεί η συμφωνία τους με τα πραγματικά σημαντικά και τα πραγματικά ασήμαντα χαρακτηριστικά. Επιπλέον αναγνωρίζονται οι βασικές, οι μονοδιάστατες και οι ελκυστικές διαστάσεις ικανοποίησης.

Πόσο σημαντικό είναι για εσάς το κριτήριο;		Κατατάξτε τα ακόλουθα κριτήρια από το περισσότερο σημαντικό (1) μέχρι το λιγότερο σημαντικό (3):	
Πολύ Σημαντικό	<input type="checkbox"/>	Ποιότητα	<input type="checkbox"/>
Σημαντικό	<input type="checkbox"/>	Εξυπηρέτηση	<input type="checkbox"/>
Λιγότερο Σημαντικό	<input type="checkbox"/>	Τιμές	<input type="checkbox"/>

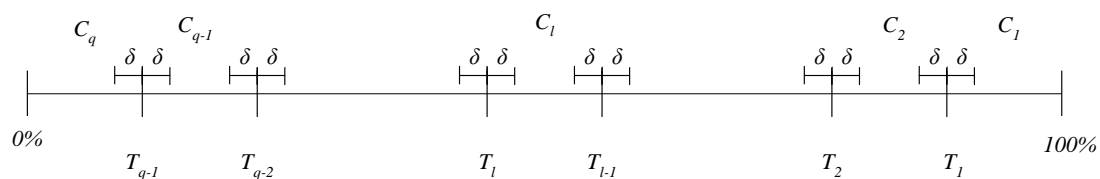
2.14α

2.14β

Σχήμα 2.14: Ερωτήσεις σημαντικότητας κριτηρίων

Μοντελοποίηση εκφρασμένης σημαντικότητας

Χρησιμοποιώντας τις ερωτήσεις σημαντικότητας κάθε ένα από τα κριτήρια ικανοποίησης μπορεί να τοποθετηθεί σε μια από τις ακόλουθες κλάσεις C_1, C_2, \dots, C_q , όπου C_1 και C_q είναι οι κλάσεις των περισσότερο σημαντικών και των λιγότερο σημαντικών κριτηρίων, αντίστοιχα. Αν θεωρήσουμε ότι οι C_1, C_2, \dots, C_q βρίσκονται διατεταγμένες σε μία κλίμακα από 0% - 100%, υπάρχουν T_{q-1} κατώφλια προτίμησης που καθορίζουν την % τιμή που διαχωρίζει κάθε μία από τις q κατηγορίες (Σχήμα 2.15).



Σχήμα 2.15: Διάταξη κλάσεων σημαντικότητας κριτηρίων

Προκειμένου να εκτιμήσουμε την εκφρασμένη από τους πελάτες σημαντικότητα δημιουργείται ένα γραμμικό πρόγραμμα (ΓΠ) εκτίμησης βαρών που χρησιμοποιεί τεχνικές ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπό περιορισμούς (ordinal regression analysis) και το οποίο ονομάστηκε WORT - Weights evaluation using Ordinal Regression Techniques (Grigoroudis and Spiridaki, 2003; Grigoroudis et al., 2004). Ένα τέτοιο γραμμικό πρόγραμμα

είναι ιδιαίτερα χρήσιμο δεδομένου ότι η εκφρασμένη σημαντικότητα προκύπτει από τις απαντήσεις των πελατών στις ερωτήσεις σημαντικότητας, άρα είναι ποιοτική μεταβλητή και πρέπει να εκτιμηθεί. Επιπλέον η χρήση σφαλμάτων υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης μπορεί να ελαχιστοποιήσει, και κατά κάποιον τρόπο να διορθώσει, τις εσφαλμένες εκτιμήσεις των πελατών. Το γραμμικό πρόγραμμα υπολογίζει τις τιμές των κατωφλίων T_1, T_2, \dots, T_{q-1} , όπου T_1 είναι η τιμή πάνω από την οποία ένα κριτήριο θεωρείται πολύ σημαντικό και T_{q-1} η τιμή κάτω από την οποία ένα κριτήριο θεωρείται λιγότερο σημαντικό από τους πελάτες. Γνωρίζοντας τα κατώφλια προτίμησης μπορεί να εκτιμηθεί η σημαντικότητα των κριτηρίων σύμφωνα με τις προτιμήσεις των πελατών και να συγκριθούν με τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο MUSA για τη σημαντικότητα των κριτηρίων.

Για να δημιουργήσουμε το γραμμικό πρόγραμμα WORT θεωρούμε τους παρακάτω περιορισμούς:

Για κάθε κριτήριο $i = 1, 2, \dots, n$ και για κάθε πελάτη $j = 1, 2, \dots, M$, όπου n και M είναι το πλήθος των κριτηρίων και των πελατών αντίστοιχα έχουμε:

- Αν $\hat{b}_{ij} \in C_1$, δηλαδή ο πελάτης j θεωρεί το κριτήριο i 'πολύ σημαντικό', τότε:

$$\sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100T_1 - \delta + S_{ij}^- > 0, \quad \hat{b}_{ij} \in C_1 \quad (2.28)$$

- Αν $\hat{b}_{ij} \in C_l$, δηλαδή ο πελάτης j θεωρεί το κριτήριο i τόσο σημαντικό όσο ορίζει η κλάση l , τότε:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100T_{l-1} + \delta - S_{ij}^+ < 0 \\ \sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100T_l - \delta + S_{ij}^- \geq 0 \end{array} \right\}, \hat{b}_{ij} \in C_l, \quad l = 2, \dots, q-1 \quad (2.29)$$

- Αν $\hat{b}_{ij} \in C_q$, δηλαδή ο πελάτης j θεωρεί το κριτήριο i 'λιγότερο σημαντικό', τότε:

$$\sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100T_{q-1} + \delta - S_{ij}^+ < 0, \quad \hat{b}_{ij} \in C_q \quad (2.30)$$

όπου S_{ij}^+ και S_{ij}^- εκφράζουν τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης αντίστοιχα, για το κριτήριο i και τον πελάτη j , a_i είναι ο αριθμός των επιπέδων της κλίμακας ικανοποίησης του κριτηρίου i και w_{it} είναι μεταβλητή του μοντέλου MUSA και δ είναι ένας πολύ μικρός και θετικός αριθμός που χρησιμοποιείται για την αποφυγή περιπτώσεων που το βάρος του κριτηρίου είναι ίδιο με την τιμή ενός κατωφλιού.

Η τελική μορφή του WORT είναι η παρακάτω (2.31):

$$\begin{aligned}
 & [\min] \quad F_2 = \sum_j \sum_i S_{ij}^+ + S_{ij}^- \\
 & \left. \begin{aligned}
 & \sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100 T_1 - \delta + S_{ij}^- > 0, \quad \hat{b}_{ij} \in C_1 \\
 & \sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100 T_{l-1} + \delta - S_{ij}^+ < 0 \\
 & \sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100 T_l - \delta + S_{ij}^- \geq 0 \\
 & \sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it} - 100 T_{q-1} + \delta - S_{ij}^+ < 0, \quad \hat{b}_{ij} \in C_q
 \end{aligned} \right\} \hat{b}_{ij} \in C_l, \quad l=2, \dots, q-1 \quad \forall \quad i=1, 2, \dots, n \quad \text{και} \quad j=1, 2, \dots, M \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} = 100 \\
 & T_{q-1} \geq \lambda \\
 & T_{q-2} - T_{q-1} \geq \lambda \\
 & \vdots \\
 & T_1 - T_2 \geq \lambda \\
 & w_{ik}, S_{ij}^+, S_{ij}^- \geq 0, \quad \forall i, j, k
 \end{aligned} \tag{2.31}$$

όπου δ είναι ένας πολύ μικρός και θετικός αριθμός που χρησιμοποιείται για την αποφυγή περιπτώσεων όπου το βάρος του κριτηρίου είναι ίδιο με την τιμή ενός κατωφλιού, $b_{ij} = T_k, k = 1, \dots, q$ και λ είναι ένας μικρός και θετικός αριθμός. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές λ θα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε $\lambda \leq (100/n)\%$, σύμφωνα με τη μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει το λ , αφού το λ δε θα πρέπει να υπερβαίνει το βάρος που θα είχαν τα κριτήρια αν ήταν ισοβαρή μεταξύ τους.

Μετά την επίλυση του ΓΠ(2.31) ακολουθεί η ανάλυση μεταβελτιστοποίησης. Εδώ μορφοποιούνται και επιλύονται n γραμμικά προβλήματα, ίσα με τον αριθμό κριτηρίων ικανοποίησης. Τα γραμμικά αυτά προγράμματα μεγιστοποιούν τα βάρη b_i κάθε κριτηρίου και έχουν τη μορφή:

$$\left\{ \begin{aligned}
 & [\max] \quad F_2' = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} \quad \text{για} \quad i=1, 2, \dots, n \\
 & \text{υπό} \\
 & F_2 \leq F_2^* + \varepsilon \\
 & \text{όλοι οι περιορισμοί του WORT ΓΠ(2.31)}
 \end{aligned} \right. \tag{2.32}$$

όπου ε είναι ένας μικρός και θετικός αριθμός και F_2^* είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του ΓΠ(2.31).

Το προηγούμενο συμφωνεί με τις αρχές της αναλυτικής συνθετικής προσέγγισης [Jacquet-Lagrèze and Siskos (1982); Siskos (1985); Grigoroudis and Siskos (2002)], καθώς και τις αρχές

των μοντέλων της οικογένειας UTADIS [Zorounidis and Doumpos (2001); Doumpos and Zorounidis (2002)].

2.2.3 Εισαγωγή πρόσθετων περιορισμών στο μοντέλο MUSA

Η μορφοποίηση του ΓΠ της μεθόδου MUSA δίνει τη δυνατότητα για την προσθήκη επιπλέον περιορισμών σχετικά με συγκεκριμένες ιδιότητες των μεταβλητών του εκτιμώμενου μοντέλου. Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες επεκτάσεις αφορά επιπρόσθετες ιδιότητες για τους εκτιμώμενους μέσους δείκτες.

Για παράδειγμα, μπορεί να υποθεθεί η σύνδεση μεταξύ του ολικού και των μερικών μέσων δεικτών ικανοποίησης καθώς οι δείκτες αυτοί θεωρούνται ως οι κύριοι δείκτες μέτρησης της απόδοσης ενός οργανισμού. Συγκεκριμένα, ο ολικός μέσος δείκτης ικανοποίησης S υπολογίζεται σαν το σταθμισμένο μέσο των μερικών δεικτών ικανοποίησης S_i :

$$S = \sum_{i=1}^n b_i S_i \Leftrightarrow \sum_{m=1}^{\alpha} P^m y^{*m} = \sum_{i=1}^n b_i \sum_{k=1}^{\alpha_i} P_i^k x_i^{*k} \quad (2.33)$$

Χρησιμοποιώντας τους μετασχηματισμούς της (2.11) και (2.19) η παραπάνω εξίσωση μετασχηματίζεται ως εξής:

$$\sum_{m=2}^{\alpha} P^m \sum_{t=1}^{m-1} z_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} P_i^k \sum_{t=1}^{k-1} w_{it} \quad (2.34)$$

Στην περίπτωση του γενικευμένου μοντέλου MUSA, θα πρέπει να εισαχθούν τα κατώφλια προτίμησης γ και γ_i και η παραπάνω εξίσωση παίρνει τη μορφή:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} P_i^k \sum_{t=1}^{k-1} w_{it} - \sum_{m=2}^{\alpha} P^m \sum_{t=1}^{m-1} z_t = \sum_{m=2}^{\alpha} P^m \gamma (m-1) - \sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} P_i^k \gamma_i (k-1) \quad (2.35)$$

Παρόμοια, μπορεί να υποθεθεί ένας αντίστοιχος σταθμισμένος μέσος για τους μέσους δείκτες απαιτητικότητας:

$$D = \sum_{i=1}^n b_i D_i \quad (2.36)$$

Χρησιμοποιώντας τους μετασχηματισμούς της (2.11) και (2.20) η παραπάνω εξίσωση μπορεί να μετατραπεί σε όρους των μεταβλητών της MUSA ως εξής:

$$\frac{\sum_{m=1}^{\alpha-1} 100(m-1) - (\alpha-1) \sum_{t=1}^{m-1} z_t}{\alpha(\alpha-1)} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} (k-1) \sum_{t=1}^{\alpha_i-1} w_{it} - (\alpha_i-1) \sum_{t=1}^{k-1} w_{it}}{\alpha_i(\alpha_i-1)} \quad (2.37)$$

Οι παραπάνω εξισώσεις (2.35) και (2.37) σχετικά με τους μέσους δείκτες ικανοποίησης και απαιτητικότητας μπορούν να εισαχθούν ως επιπλέον περιορισμοί στο ΓΠ (2.10). Ωστόσο, οι επιπλέον αυτοί περιορισμοί των μέσων δεικτών θα πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά καθώς η μορφή τους δεν εγγυάται μια εφικτή λύση του ΓΠ, ειδικότερα σε περιπτώσεις μεγάλης ασυνέπειας μεταξύ της συνολικής και των μερικών εκτιμήσεων ικανοποίησης. Για

το λόγο αυτό, οι προαναφερθείσες εξισώσεις μπορούν να γραφτούν με τη χρήση τεχνικών προγραμματισμού στόχων και να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά σαν κριτήρια μεταβελτιστοποίησης.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} p_i^k \sum_{t=1}^{k-1} w_{it} - \sum_{m=2}^{\alpha} p^m \sum_{t=1}^{m-1} z_t - es^+ + es^- = 0 \quad (2.38)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{k=1}^{\alpha_i-1} (k-1) \sum_{t=1}^{\alpha_i-1} w_{it} - (\alpha_i-1) \sum_{t=1}^{k-1} w_{it}}{\alpha_i(\alpha_i-1)} - \frac{\sum_{m=1}^{\alpha-1} 100(m-1) - (\alpha-1) \sum_{t=1}^{m-1} z_t}{\alpha(\alpha-1)} - ed^+ + ed^- = 0 \quad (2.39)$$

2.3 Επέκταση της μεθόδου MUSA

Το ΓΠ(2.16) του μοντέλου MUSA και το ΓΠ(2.31) του μοντέλου WORT δημιουργήθηκαν με την ίδια φιλοσοφία και παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες. Η σύνθεση των παραπάνω δύο γραμμικών προγραμμάτων σε ένα πρόβλημα και η εισαγωγή με αυτόν τον τρόπο πρόσθετης πληροφορίας σχετικά με τα βάρη των κριτηρίων μέσα στο μοντέλο του MUSA μπορεί να βελτιώσει την ευστάθεια των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η εισαγωγή των πρόσθετων περιορισμών 2.38 και 2.39 σχετικά με τις ιδιότητες των μεταβλητών S και D του μοντέλου μπορούν να περιορίσουν ακόμα περισσότερο το πολύεδρο των εφικτών λύσεων βελτιώνοντας ακόμα περισσότερο την ευστάθεια των αποτελεσμάτων

Στην παρούσα ανάλυση εξετάζεται το παρακάτω πρόβλημα π.γ.π.:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F_1 = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^- \\ [\min] F_2 = \sum_j \sum_i S_{ij}^+ + S_{ij}^- \\ [\min] F_3 = es^+ + es^- + ed^+ + ed^- \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του MUSA ΓΠ(2.10)} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του WORT ΓΠ(2.31)} \\ \text{οι περιορισμοί (2.38) και (2.39)} \end{array} \right. \quad (2.40)$$

Ο βασικός στόχος της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι να εξεταστεί κατά πόσο η επιπρόσθετη πληροφορία σχετικά με τα βάρη των κριτηρίων και οι επιπρόσθετοι περιορισμοί σχετικά με τις επιθυμητές ιδιότητες των S και D μπορούν να βελτιώσουν τα αποτελέσματα της μεθόδου MUSA.

Καθώς η ανταγωνιστικότητα των αντικειμενικών συναρτήσεων είναι το βασικό χαρακτηριστικό των π.γ.π, δεν έχει νόημα η αναζήτηση μιας λύσης η οποία θα βελτιστοποιεί ταυτόχρονα όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις F_1 , F_2 και F_3 . Μια βασική έννοια για την αναπαράσταση του ανταγωνισμού μεταξύ πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων είναι ο πίνακας πληρωμών ή κερδών (pay-off table). Για την κατασκευή του πίνακα πληρωμών

πραγματοποιείται η ελαχιστοποίηση καθεμίας χωριστά αντικειμενικής συνάρτησης και η αντικατάσταση της εκάστοτε βέλτιστης λύσης στην άλλη αντικειμενική συνάρτηση. Τα στοιχεία των τριών βελτιστοποιήσεων μεταφέρονται στον πίνακα, ο οποίος περιέχει σε κάθε γραμμή τη βελτιστοποίηση που πραγματοποιείται και τις τιμές της βέλτιστης λύσης πάνω σε όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις (Πίνακας 2.2).

Ο πίνακας πληρωμών παρέχει πολύ χρήσιμα στοιχεία, τόσο για την ποιότητα των λύσεων στις οποίες οδηγούν οι αντικειμενικές συναρτήσεις, όσο και για το ανταγωνιστικό καθεστώς που υπάρχει ανάμεσά τους. Όσον αφορά στο τελευταίο αρκεί κανείς να παρατηρήσει μια τις στήλες του τετραγωνικού πίνακα πληρωμών g_{ij} . Δύο κριτήρια g_j και g_k θεωρούνται ανταγωνιστικά όταν οι διαφορές $(g_{ij} - g_{ik})$ είναι συστηματικά υψηλές για διάφορες τιμές του κριτηρίου i , ενώ θεωρούνται μη ανταγωνιστικά όταν οι διαφορές είναι μικρές.

Πίνακας 2.2: Πίνακας Πληρωμών

Τύπος Λύσης	g_1	g_2	....	g_i	....	g_n	Αντιστοιχούσα λύση
$[\max]g_1(\mathbf{x})$	g_1^*	g_{12}	....	g_{1i}	....	g_{1n}	x_1^1 x_2^1 x_l^1
....
$[\max]g_i(\mathbf{x})$	g_{i1}	g_{i2}	....	g_i^*	....	g_{in}	x_1^i x_2^i x_l^i
....
$[\max]g_n(\mathbf{x})$	g_{n1}	g_{n2}	....	g_{ni}	....	g_n^*	x_1^n x_2^n x_l^n

Η προσέγγιση του ΓΠ(2.40) θα μπορούσε να λυθεί με οποιαδήποτε μέθοδο π.γ.π., δεδομένης της εκτενούς βιβλιογραφίας σχετικής με το συγκεκριμένο θέμα (βλ. για παράδειγμα Hwang et al. (1979), Zeleny (1982), Steuer (1985) και Σίσκος (1998)). Τέτοιες μέθοδοι π.γ.π. είναι ο συναινετικός προγραμματισμός, η μέθοδος ολικού κριτηρίου, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ευρεστικές μεθοδολογίες.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση προτείνεται μια ευρεστική μέθοδος η οποία ακολουθεί τις αρχές της λεξικογραφικής βελτιστοποίησης. Σε μια λεξικογραφική μέθοδο ιεραρχούνται τα κριτήρια βελτιστοποίησης από το σημαντικότερο μέχρι το υποδεέστερο και πραγματοποιείται σταδιακά η βελτιστοποίηση ένα προς ένα των κριτηρίων υπό όλους τους περιορισμούς [Σίσκος (1998)]. Η ευρεστική μέθοδος που περιγράφεται περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

Στάδιο Α: Επιλέγεται η συνάρτηση σφαλμάτων του MUSA, F_1 ως περισσότερο σημαντική, αφού βασικό ζητούμενο είναι να συμφωνεί το μοντέλο όσο το δυνατόν περισσότερο με τις προτιμήσεις απόδοσης των πελατών. Μορφοποιείται και επιλύεται το ακόλουθο ΓΠ:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] \quad F_1 = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^- \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του MUSA ΓΠ(2.10)} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του WORT ΓΠ(2.31)} \\ \text{οι περιορισμοί (2.38) και (2.39)} \end{array} \right. \quad (2.41)$$

Στάδιο Β: Γίνεται προσπάθεια ελαχιστοποίησης των σφαλμάτων του μοντέλου WORT σύμφωνα με το ΓΠ(2.42):

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] \quad F_2 = \sum_j \sum_i S_{ij}^+ + S_{ij}^- \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ F_1 \leq F_1^* + \varepsilon_1 \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του MUSA ΓΠ(2.10)} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του WORT ΓΠ(2.31)} \\ \text{οι περιορισμοί (2.38) και (2.39)} \end{array} \right. \quad (2.42)$$

όπου F_1^* είναι η βέλτιστη τιμή του ΓΠ(2.41) και ε_1 είναι ένα μικρό ποσοστό της F_1^* .

Στάδιο Γ: Ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων es^+ , es^- , ed^+ , ed^- σύμφωνα με το ΓΠ(2.43):

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] \quad F_3 = es^+ + es^- + ed^+ + ed^- \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ F_1 \leq F_1^* + \varepsilon_1 \\ F_2 \leq F_2^* + \varepsilon_2 \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του MUSA ΓΠ(2.10)} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του WORT ΓΠ(2.31)} \\ \text{οι περιορισμοί (2.38) και (2.39)} \end{array} \right. \quad (2.43)$$

όπου F_2^* είναι η βέλτιστη τιμή του ΓΠ(2.42) και ε_2 είναι ένα μικρό ποσοστό της F_2^* .

Στάδιο Δ: Πραγματοποίηση ανάλυσης ευστάθειας. Σε αυτό το στάδιο μορφοποιούνται και λύνονται n γραμμικά προγράμματα (ίσα με τον αριθμό των κριτηρίων), κάθε ένα από τα οποία μεγιστοποιεί το βάρος ενός κριτηρίου.

$$\left\{ \begin{array}{l} [\max] \quad F' = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} \quad , \text{για} \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ F_1 \leq F_1^* + \varepsilon_1 \\ F_2 \leq F_2^* + \varepsilon_2 \\ F_3 \leq F_3^* + \varepsilon_3 \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του MUSA ΓΠ(2.10)} \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του WORT ΓΠ(2.31)} \\ \text{οι περιορισμοί (2.38) και (2.39)} \end{array} \right. \quad (2.44)$$

όπου F_1^* , F_2^* και F_3^* είναι οι βέλτιστες τιμές των ΓΠ(2.41), (2.42) και (2.43), και ε_1 , ε_2 , ε_3 είναι μικρά ποσοστά των F_1^* , F_2^* και F_3^* , αντίστοιχα.

Η σειρά των βημάτων 2 και 3 μπορεί να αντιστραφεί ανάλογα με τη σχετική βαρύτητα που δίνεται στις δύο αντικειμενικές συναρτήσεις και το επίπεδο ευστάθειας και προσαρμογής που επιτυγχάνουν τα παραγόμενα αποτελέσματα.

Παρόμοια με το βασικό μοντέλο της μεθόδου MUSA, η τελική λύση υπολογίζεται σαν τη μέση τιμή των βέλτιστων λύσεων που παράγονται κατά το στάδιο της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης.

2.4 Εφαρμογή της μεθόδου σε εταιρίες κινητής τηλεφωνίας

2.4.1 Στοιχεία της έρευνας

Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε για τη μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα. Για τη διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δομημένα ερωτηματολόγια με ερωτήσεις σχετικά με την ικανοποίηση των πελατών από τις παρεχόμενες υπηρεσίες που παρέχουν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας με τις οποίες συνεργάζονται αλλά και συνολικά από τις ίδιες τις εταιρείες. Για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας, τα ερωτηματολόγια περιελάμβαναν και ερωτήσεις σχετικά με την κατάταξη των κριτηρίων από το σημαντικότερο στο λιγότερο σημαντικό. Η ανάλυση των απαντήσεων έγινε τόσο βάσει της μεθοδολογίας του βασικού μοντέλου MUSA όσο και της προτεινόμενης επέκτασης της MUSA. Με αυτό τον τρόπο έγινε δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρέχουν οι δύο προσεγγίσεις και η ανάλυση της βελτίωσης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων με την προσθήκη πρόσθετων περιορισμών σχετικά με τα βάρη των κριτηρίων και των επιθυμητών ιδιοτήτων των εκτιμώμενων δεικτών S και D . Στην έρευνα συμμετείχαν πελάτες και από τις τρεις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας (Cosmote, Vodafone, WIND).

2.4.2 Ο Κλάδος της Κινητής τηλεφωνίας: Ιστορική Αναδρομή

Στα τέλη του 1982 με πρωτοβουλία των κρατών-μελών του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών (CEPT), ιδρύθηκε στη Στοκχόλμη μία υπηρεσία με όνομα GSM (Group Special Mobile). Σκοπός ήταν η θέσπιση των προδιαγραφών για ένα πανευρωπαϊκό σύστημα ψηφιακής κινητής τηλεφωνίας. Από τις 7 Σεπτεμβρίου 1987 αρμόδιος για την ανάπτυξη του συστήματος είναι ο οργανισμός GSM MoU (GSM Memorandum of Understanding). Σήμερα τα αρχικά GSM σημαίνουν πλέον Global System For Mobile Communications λόγω της παγκόσμιας διάδοσης του. Το ξεκίνημα στη χρήση του έγινε το 1991.

Η ψηφιακή κινητή τηλεφωνία του GSM στηρίζεται στην ύπαρξη μεγάλου αριθμού κυψελών που καλύπτουν τις απαραίτητες εκτάσεις γης ώστε να είναι δυνατή η αναμετάδοση του σήματος. Κάθε φορά που πληκτρολογούμε ένα αριθμό στο κινητό μας τηλέφωνο, αυτό στέλνει σήμα στην κοντινότερη κεραία του δικτύου. Από εκεί μεταβιβάζεται στο ψηφιακό κέντρο διαχείρισης κλήσεων του φορέα παροχής υπηρεσιών (WIND, VODAFONE, COSMOTE). Το σήμα πλέον κατευθύνεται στην κεραία που βρίσκεται πιο κοντά στην συσκευή του δέκτη του τηλεφωνήματος και από εκεί και πέρα στο τηλέφωνο του δέκτη. Η γεωγραφική περιοχή που καλύπτει κάθε κεραία λέγεται κυψέλη, γι' αυτό και το σύστημα GSM λέγεται κυψελοειδές.

Στην Ελλάδα η αρχή για την κινητή τηλεφωνία έγινε όταν το Σεπτέμβριο του 1991 έγινε προκήρυξη του διαγωνισμού από την κυβέρνηση για την χορήγηση των αδειών λειτουργίας εθνικού δικτύου υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας. Από τον Ιούλιο του 1993, εποχή που ξεκίνησαν την λειτουργία τους τα δίκτυα της WIND και της VODAFONE, μέχρι και σήμερα, τα δίκτυα αυτά καλύπτουν περισσότερο από το 95% της πληθυσμιακής και γεωγραφικής έκτασης της χώρας. Αντίστοιχο ποσοστό γεωγραφικής κάλυψης παρουσιάζει και το δίκτυο της COSMOTE που δραστηριοποιήθηκε αργότερα αλλά με γοργούς ρυθμούς. Το ποσοστό αυτό ολοένα μεγαλώνει ενώ ο ανταγωνισμός έφερε σε χρήση και την κινητή τηλεφωνία με χρήση κάρτας χωρίς τη σύναψη συμβολαίου με τον φορέα παροχής της υπηρεσίας.

Από τότε που τα πρώτα δίκτυα κινητών επικοινωνιών έκαναν την εμπορική τους εμφάνιση στις αρχές της δεκαετίας του '80, έχουν συμβεί πολύ μεγάλες εξελίξεις στον τομέα των επικοινωνιών. Η εξάπλωση των κινητών τηλεφώνων αποδεικνύει ότι οι χρήστες αποδέχτηκαν με ενθουσιασμό την ιδέα του να μπορούν να επικοινωνούν οποτεδήποτε και από οπουδήποτε. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των κινητών τηλεφώνων είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι το τηλέφωνο είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος επικοινωνίας από απόσταση.

Έτσι, σήμερα ο κλάδος της κινητής τηλεφωνίας είναι ο ταχύτερα αναπτυσσόμενος κλάδος και τα κινητά τηλέφωνα, οι τηλεπικοινωνιακές συσκευές με το μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης πωλήσεων όλων των εποχών. Η εκρηκτική ανάπτυξη των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας συνεχίζεται, στηριζόμενη στην ευρύτατη αποδοχή του συστήματος GSM. Παράλληλα η χρήση των υπολογιστών, των συστημάτων επικοινωνίας, των υπηρεσιών εμπορικής και ψυχαγωγικής φύσης γίνεται η κινητήρια δύναμη της νέας ψηφιακής οικονομίας. Η ανάγκη για ταχεία αναζήτηση και ανταλλαγή πληροφοριών από μακρινά σημεία συνεχώς εντείνεται, αφού αυξάνονται οι μετακινήσεις των ανθρώπων που χρησιμοποιούν δημιουργικά το χρόνο τους κατά τη διάρκεια του ταξιδιού τους.

Κάθε εταιρεία κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει διαρκώς να επιβεβαιώνει την καλή της σχέση με τους συνδρομητές της και να κατανοεί τις διαρκώς μεταβαλλόμενες ανάγκες τους. Η πελατοκεντρική προσέγγιση των εταιρειών κι η εφαρμογή αρχών διαρκούς βελτίωσης είναι τα μόνα εχέγγυα της επιτυχίας. Ένα πρόγραμμα μέτρησης της ικανοποίησης των πελατών το

οποίο επαναλαμβάνεται τακτικά και δρα σαν βαρόμετρο ικανοποίησης, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο υποστήριξης επιχειρηματικών αποφάσεων.

Για τα πρώτα χρόνια λειτουργίας και χρήσης των κινητών έρευνα ικανοποίησης έδειξε ότι σε γενικές γραμμές οι συνδρομητές αισθάνονταν ικανοποιημένοι από τις υπηρεσίες που τους προσέφεραν οι διάφορες εταιρείες κινητής τηλεφωνίας. Βέβαια, θα πρέπει να αναφερθεί ότι πελάτες που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν μη-απαιτητικοί γεγονός που οφείλεται στην ισοπεδωτική άποψη αυτών για τις προσφερόμενες υπηρεσίες και προϊόντα, μιας και η αντίληψη που αποκομίζουν είναι ότι οι υπηρεσίες ή προϊόντα όλων των ανταγωνιστικών εταιρειών είναι στα ίδια επίπεδα. Η τάση αυτή των πελατών ενδεχομένως να ήταν διαφορετική υπό το καθεστώς διαφορετικών παραμέτρων, π.χ. τιμολογιακής πολιτικής κάποιας από τις εταιρείες, τεχνολογικών εξελίξεων, και δημιουργία νέων υπηρεσιών/προϊόντων. Ως σημαντικότερα κριτήρια ικανοποίησης αναδείχτηκαν για τους συνδρομητές η ενίσχυση της πίστης των πελατών καθώς κι η εξυπηρέτηση προσωπικού. Λιγότερης σημαντικότητας φάνηκαν να είναι οι χρεώσεις, η εικόνα της εταιρείας, το δίκτυο των αντιπροσώπων και η αξιοπιστία του δικτύου. (Σταθόπουλος και Παπαθανασίου, 2000).

Κάθε έρευνα αγοράς, όμως, «φωτογραφίζει» την κατάσταση που επικρατεί στη διάρκεια της εφαρμογής της και τα αποτελέσματά της είναι αξιοποιήσιμα μόνο όταν υπάρχει κριτήριο σύγκρισης. Τέτοιο κριτήριο μπορεί να αποτελέσει η επανάληψη της έρευνας σε τακτά χρονικά διαστήματα, προσφέροντας έτσι στις διάφορες εταιρείες τη δυνατότητα συγκριτικής ανάλυσης των επιδόσεων της, σε σχέση με τους ανταγωνιστές και την παρακολούθηση των μεταβολών του συνολικού και των μερικών δεικτών ικανοποίησης (Σταθόπουλος και Παπαθανασίου, 2000).

2.4.3 Κριτήρια Ικανοποίησης

Για τη μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών της κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιήθηκαν 8 βασικά κριτήρια (βλ. Σχήμα 2.16).

Πιο αναλυτικά, το πρώτο κριτήριο αφορά στις διάφορες προσφορές που κατά καιρούς διαθέτουν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας προς τους πελάτες τους. Την πληρότητα δηλαδή των προγραμμάτων σχετικά με τις κάρτες, τις συνδιαλέξεις, τα SMS/MMS καθώς και τις bonus παροχές, όπως δώρα, διαγωνισμοί, προνομιούχες κάρτες, δωρεάν SMS, κ.ο.κ. Ακόμη στο κομμάτι των προσφορών ανήκουν τα προνόμια για τις ανανεώσεις συμβολαίου, την μετατροπή καρτοκινητού σε σύνδεση και αντίστροφα, τη δυνατότητα 2 αριθμών σε 1 συσκευή, την μεταφορά υπολοίπου, αλλά και οι διάφορες πρόσθετες παροχές όπως οι ποικίλοι τρόποι αποπληρωμής, το κέρδος μονάδων με τη λήξη της κάρτας /συμβολαίου κλπ.

Το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στο κομμάτι των υπηρεσιών, όπως είναι οι υπηρεσίες δικτύου (αναμονή κλήσεων, αναφορά μηνυμάτων, προώθηση & αναγνώριση κλήσεων, αναμονή & κράτηση κλήσεων κλπ) και ψυχαγωγίας (παιχνίδια, chats, ringtones, video-clips, κλπ). Επιπλέον, οι υπηρεσίες αναφέρονται και στον τομέα της ενημέρωσης (λήψη ειδήσεων, πληροφόρηση ταινιών, καιρός, χρηματιστήριο, on-line banking, φωνητικές υπηρεσίες, κλπ) αλλά και της επικοινωνίας (προσωπικός τηλεφωνητής, ειδοποίηση κλήσεων, αποστολή & λήψη SMS, MMS, WAP, κλπ). Τέλος, υπάρχουν και κάποιες πρόσθετες υπηρεσίες (GPRS, Roaming, συνεργασία με άλλες εταιρείες κλπ), αλλά κι οι υπηρεσίες 3G.

Το τρίτο κριτήριο του ερωτηματολογίου προσεγγίζει την κατηγορία των συσκευών και πιο συγκεκριμένα τον εξωτερικό σχεδιασμό τους (design), την αξιοπιστία των παρεχόμενων

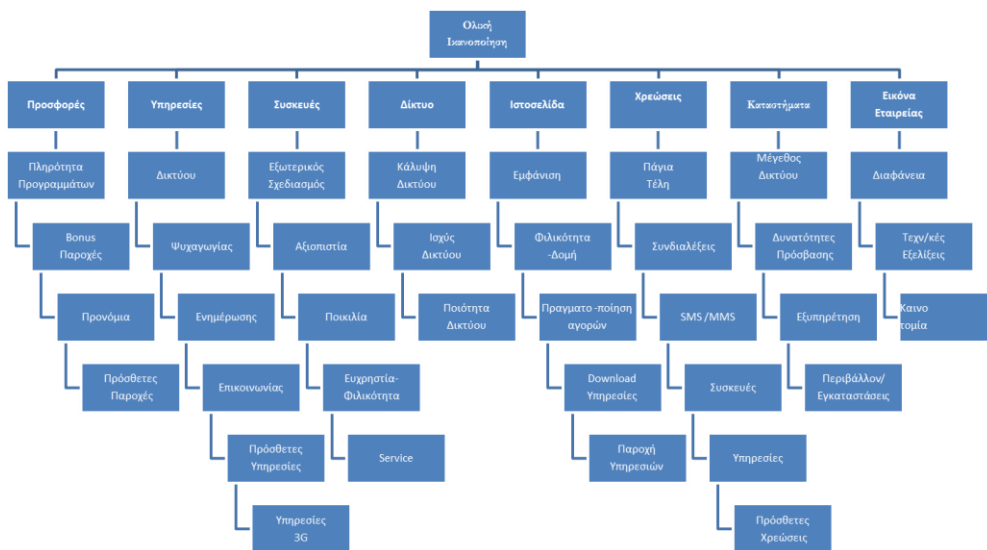
συσκευών, την ποικιλία (δυνατότητα εύρους επιλογών), τη φιλικότητα προς τον χρήστη και τέλος το service τους.

Το τέταρτο κριτήριο αφορά στον τομέα της ισχύος και της κάλυψης του δικτύου καθώς και την ποιότητα του (καθαρότητα ήχου, ποιότητα σύνδεσης, ταχύτητα πρόσβασης στις διάφορες υπηρεσίες κλπ).

Το πέμπτο κριτήριο καλύπτει το κομμάτι της ιστοσελίδας των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας. Για τη συνολική ικανοποίηση αυτής, σημαντικά κριτήρια αποτελούν η εμφάνιση (interface), η δομή και φιλικότητα της προς τον χρήστη, η πραγματοποίηση αγορών (παραγγελίες, καλάθι αγορών κλπ), οι download υπηρεσίες (ringtones, games, κλπ), καθώς κι η παροχή υπηρεσιών (ανανεώσεις χρόνου ομιλίας, δωρεάν sms ή mail, πληροφόρηση τεχνολογικών εξελίξεων, κλπ).

Το έκτο κριτήριο της έρευνας ικανοποίησης προσανατολίστηκε στον αμφιλεγόμενο τομέα των χρεώσεων. Τα πάγια δηλαδή τέλη, τις χρεώσεις συνδιαλέξεων και SMS/MMS, το κόστος των συσκευών και των διαφόρων υπηρεσιών όπως ο τηλεφωνητής, το helpdesk, η προώθηση κλήσεων και το roaming. Τέλος, υπάρχουν και κάποιες πρόσθετες χρεώσεις που αφορούν για παράδειγμα στις διεθνείς κλήσεις, στις χρεώσεις μετά τη λήξη του χρόνου ομιλίας και πολλές ακόμη.

Το έβδομο κριτήριο ασχολείται με τα καταστήματα των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας και πιο συγκεκριμένα με το μέγεθος του δικτύου τους (αν είναι δηλαδή επαρκής το πλήθος τους) καθώς και τις δυνατότητες πρόσβασης που υπάρχουν σε αυτά (τοποθεσία, ωράριο κλπ). Για τα καταστήματα, βέβαια, σημαντικό ρόλο παίζει και η εξυπηρέτηση από αυτά (προσωπικό, και διαδικασίες) αλλά και το περιβάλλον ή αλλιώς οι εγκαταστάσεις τους (μέγεθος, ατμόσφαιρα, κ.λπ.).



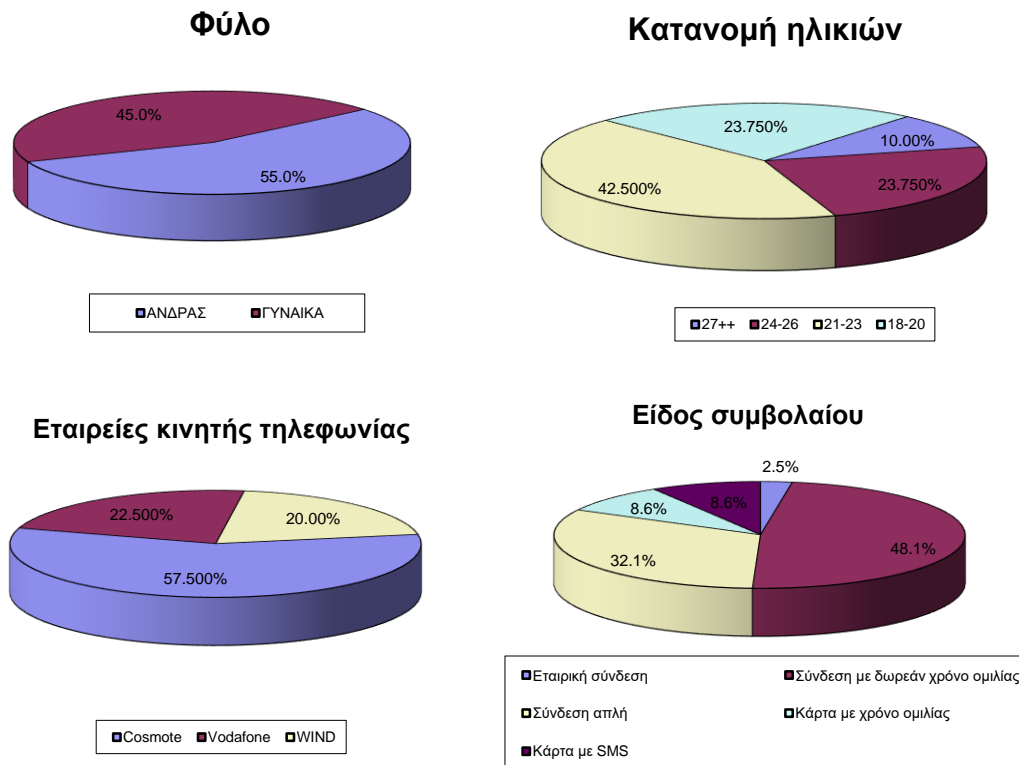
Σχήμα 2.16 : Ιεράρχηση δομής κριτηρίων και υποκριτηρίων πελατών κινητής τηλεφωνίας

Το όγδοο και τελευταίο κριτήριο για την έρευνα ικανοποίησης πελατών κινητής τηλεφωνίας «κινήθηκε» προς την εικόνα των διαφόρων εταιρειών και αναλυτικότερα τη συνέπεια και ταχύτητα ως προς τις τεχνολογικές εξελίξεις, την καινοτόμο στρατηγική τους αλλά και κυρίως

την αξιοπιστία που αποπνέουν τούτες προς τους συνδρομητές τους όσον αφορά τις χρεώσεις, τα μικρά γράμματα, τις διάφορες κρυφές χρεώσεις κλπ.

2.4.4 Ταυτότητα Έρευνας

Για την έρευνα συλλέχθηκαν συνολικά 80 έγκυρα ερωτηματολόγια στα οποία υπήρχαν τόσο ερωτήσεις ικανοποίησης από τα επιμέρους κριτήρια και συνολικά από τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας αλλά και ερωτήσεις σχετικά με την κατάταξη των κριτηρίων από το σημαντικότερο στο λιγότερο σημαντικό. Στην έρευνα συμμετείχε ένα ικανοποιητικό ποσοστό πελατών και από τις τρεις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας αλλά και πελατών με διαφορετική σχέση συνεργασίας με τις εταιρίες (π.χ. εταιρικές συνδέσεις, καρτοκινητή τηλεφωνία, κλπ). Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα.



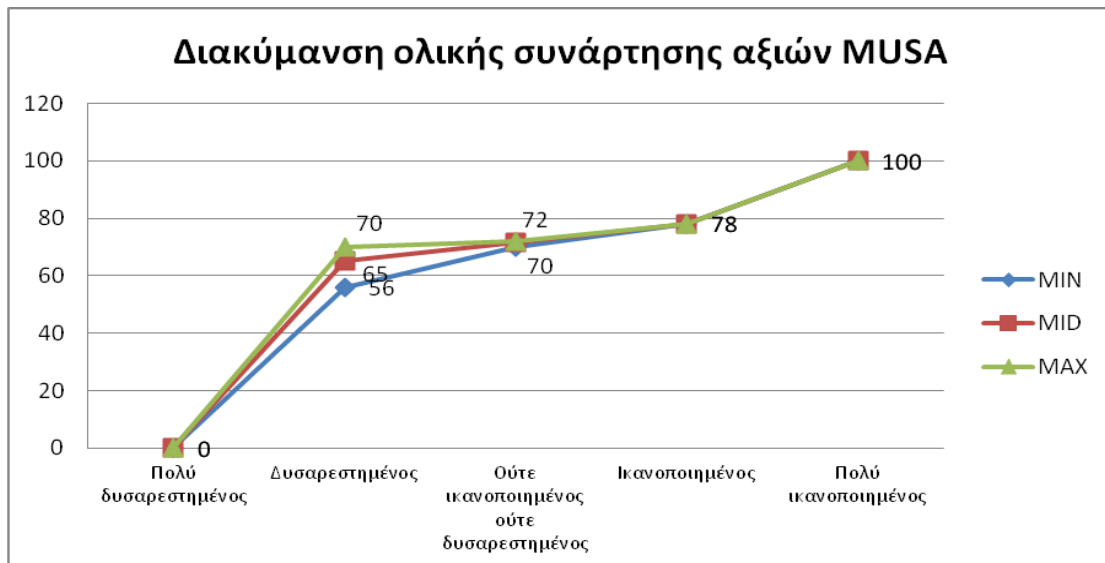
Σχήμα 2.17: Στατιστικά στοιχεία δείγματος

2.4.5 Αποτελέσματα

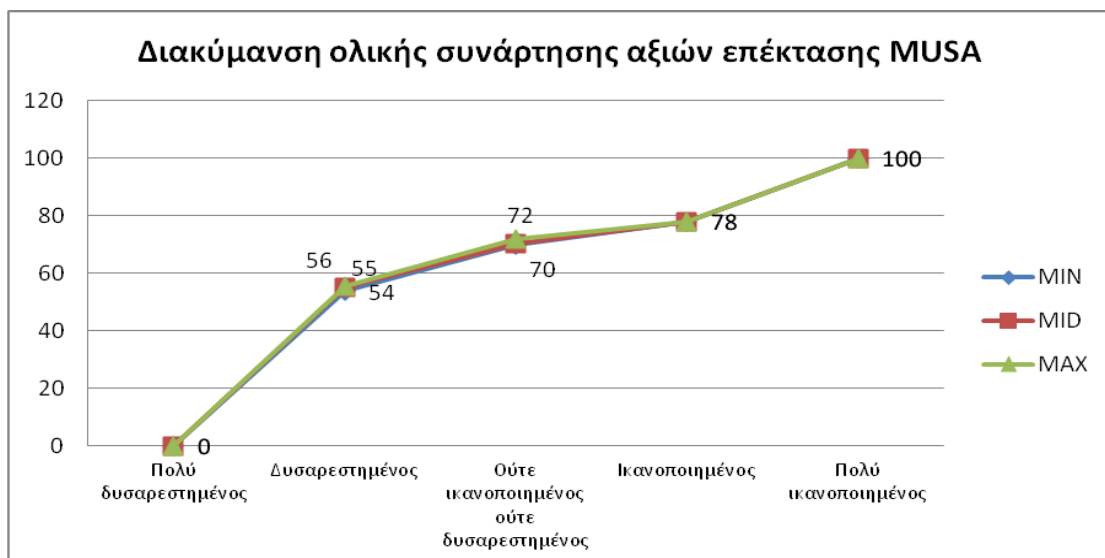
Συναρτήσεις αξιών

Τα διαγράμματα στα Σχήματα 2.18 και 2.19 απεικονίζουν την ολική συνάρτηση αξιών όπως υπολογίστηκε βάσει του βασικού μοντέλου MUSA και της προτεινόμενης επέκτασης της, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα δύο διαγράμματα, δεν υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις στη μορφή της συνάρτησης που προκύπτει από την εφαρμογή των δύο προσεγγίσεων και οι

πελάτες των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα απαιτητικοί καθώς επιτυγχάνεται αρκετά υψηλός δείκτης ικανοποίησης ακόμα και στις περιπτώσεις που οι πελάτες είναι συνολικά δυσαρεστημένοι από τις παρεχόμενες υπηρεσίες των εταιριών. Στα ίδια διαγράμματα απεικονίζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές που παίρνουν οι συναρτήσεις αξιών από τη μεγιστοποίηση των βαρών των κριτηρίων κατά τα στάδια της μεταβελτιστοποίησης. Είναι φανερό ότι η προσθήκη των επιπλέον περιορισμών στην επέκταση της μεθόδου MUSA ελαχιστοποιεί τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στις τιμές της συνάρτησης αξιών σε τέτοιο βαθμό που οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές σχεδόν ταυτίζονται, οδηγώντας με αυτό τον τρόπο σε πιο ευσταθή αποτελέσματα.



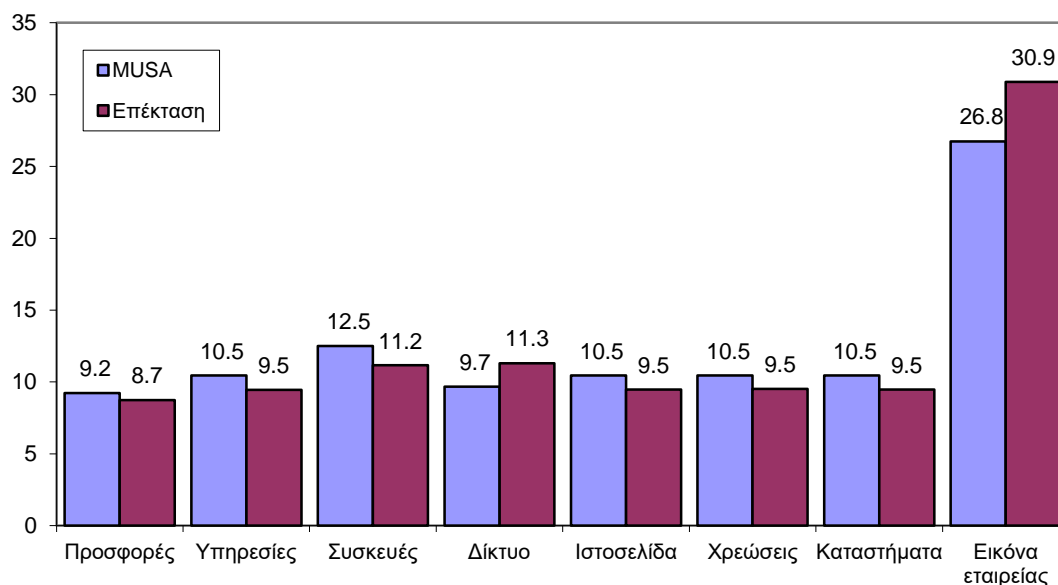
Σχήμα 2.18: Ολική συνάρτηση αξιών μεθόδου MUSA



Σχήμα 2.19: Ολική συνάρτηση αξιών επέκτασης MUSA

Βάρη κριτηρίων και δείκτες ικανοποίησης

Τα διαγράμματα στα Σχήματα 2.20 και 2.21 απεικονίζουν τη σημαντικότητα και τους δείκτες ικανοποίησης των κριτηρίων αντίστοιχα τόσο κατά την εφαρμογή του βασικού μοντέλου MUSA όσο και της προτεινόμενης επέκτασης της. Στα διαγράμματα φαίνεται ότι η προσθήκη των περιορισμών κατά την εφαρμογή της επέκτασης της μεθόδου δεν διαφοροποιεί σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο τα συμπεράσματα που εξάγονται από την ανάλυση της ικανοποίησης των πελατών των εταιριών κινητής τηλεφωνίας καθώς και των προτεινόμενων ενεργειών βελτίωσης. Σύμφωνα με τα διαγράμματα, η συνολική ικανοποίηση των πελατών δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή και αυτό κυρίως οφείλεται στις υψηλές χρεώσεις που κάνουν οι εταιρίες αλλά και στις χαμηλές προσφορές. Και οι δύο προσεγγίσεις υπολογίζουν το κριτήριο της «εικόνας της εταιρίας» ως το σημαντικότερο με τα υπόλοιπα κριτήρια να είναι σχεδόν εξίσου σημαντικά. Οι δύο προσεγγίσεις δίνουν μια ελαφρώς διαφορετική κατάταξη όσον αφορά τη σημαντικότητα των κριτηρίων (βλ. πίνακα 2.3) κυρίως όσον αφορά το κριτήριο του δικτύου όπου το βασικό μοντέλο MUSA το κατατάσσει έβδομο στη σειρά σημαντικότητας ενώ η επέκταση της MUSA δεύτερο. Όμως στην πραγματικότητα οι διαφοροποιήσεις αυτές είναι ελάχιστες καθώς οι διαφορές στη βαρύτητα των κριτηρίων από την εφαρμογή των δύο προσεγγίσεων είναι πολύ μικρές.

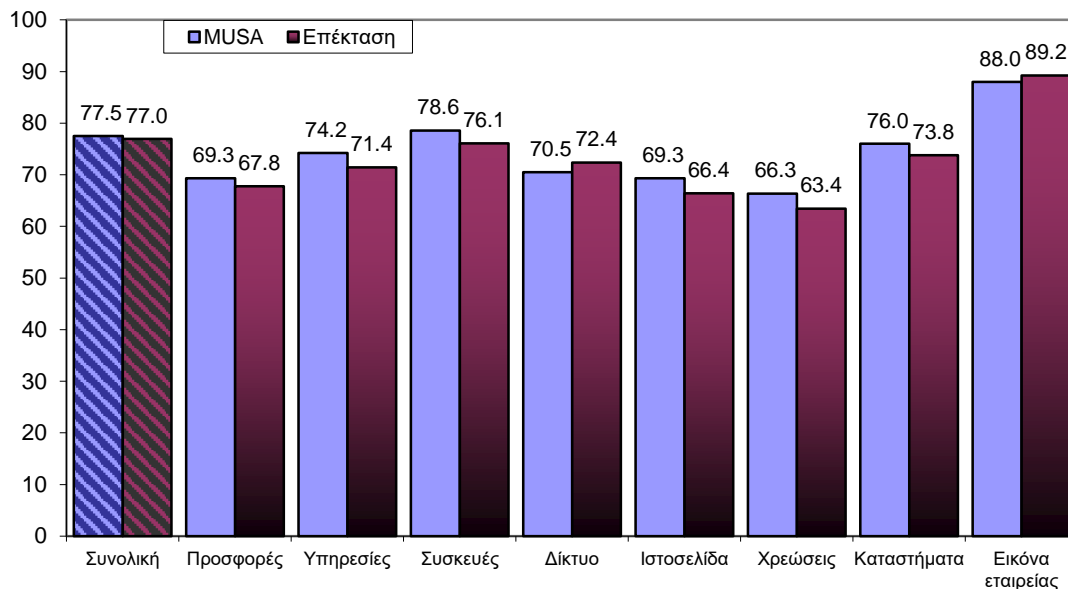


Σχήμα 2.20: Βάρη κριτηρίων

Εξίσου μικρές είναι και οι διαφοροποιήσεις από την εφαρμογή των δύο προσεγγίσεων στους δείκτες ικανοποίησης των πελατών (βλ. Σχήμα 2.21). Και οι δύο προσεγγίσεις υπολογίζουν ότι η μεγαλύτερη ικανοποίηση των πελατών υπάρχει στο κριτήριο της «εικόνας της εταιρίας» (88,0-89,2%) με τα υπόλοιπα κριτήρια να κυμαίνονται μεταξύ 60-80%. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν ακόμα σημαντικά περιθώρια βελτίωσης για τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας καθώς ο συνολικός δείκτης ικανοποίησης κυμαίνεται μεταξύ 77,0-77,5%.

Πίνακας 2.3: Κατάταξη κριτηρίων

Κριτήρια	Βασικό μοντέλο MUSA	Επέκταση MUSA
Εικόνα Εταιρείας	1	1
Συσκευές	2	3
Καταστήματα	3-5	4-7
Υπηρεσίες	3-5	4-7
Ιστοσελίδα	3-6	4-7
Χρεώσεις	3-6	4-7
Δίκτυο	7	2
Προσφορές	8	8



Σχήμα 2.21: Δείκτες ικανοποίησης

Διάγραμμα δράσης

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα δράσης του Σχήματος 2.22, η «εικόνα των εταιριών» αποτελεί το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα καθώς είναι το κριτήριο με τη μεγαλύτερη σημαντικότητα αλλά και έχει το μεγαλύτερο δείκτη ικανοποίησης συγκριτικά με τα υπόλοιπα κριτήρια. Η παροχή «συσκευών» θα μπορούσε να αποτελέσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των εταιριών σύμφωνα με το βασικό μοντέλο MUSA, όμως η επιπρόσθετη πληροφορία που δίνεται στην επέκταση της μεθόδου MUSA ταξινομεί το συγκεκριμένο κριτήριο μάλλον στην περιοχή μεταφοράς πόρων αφού έχει σχετικά υψηλή απόδοση αλλά χαμηλή σημαντικότητα. Τα υπόλοιπα κριτήρια έχουν σχετικά χαμηλή απόδοση αλλά ταυτόχρονα και μικρή σημαντικότητα. Μικρή διαφοροποίηση παρουσιάζεται για το κριτήριο του δικτύου το οποίο σύμφωνα με την επέκταση της μεθόδου MUSA θα μπορούσε και αυτό να ανήκει στην

περιοχή της μεταφοράς πόρων. Γενικά δεν υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις στα συμπεράσματα και στις ενέργειες βελτίωσης που προτείνονται από τις δύο διαφορετικές προσεγγίσεις της μεθόδου ενισχύοντας την ισχύ των συμπερασμάτων.



Σχήμα 2.22: Διάγραμμα δράσης

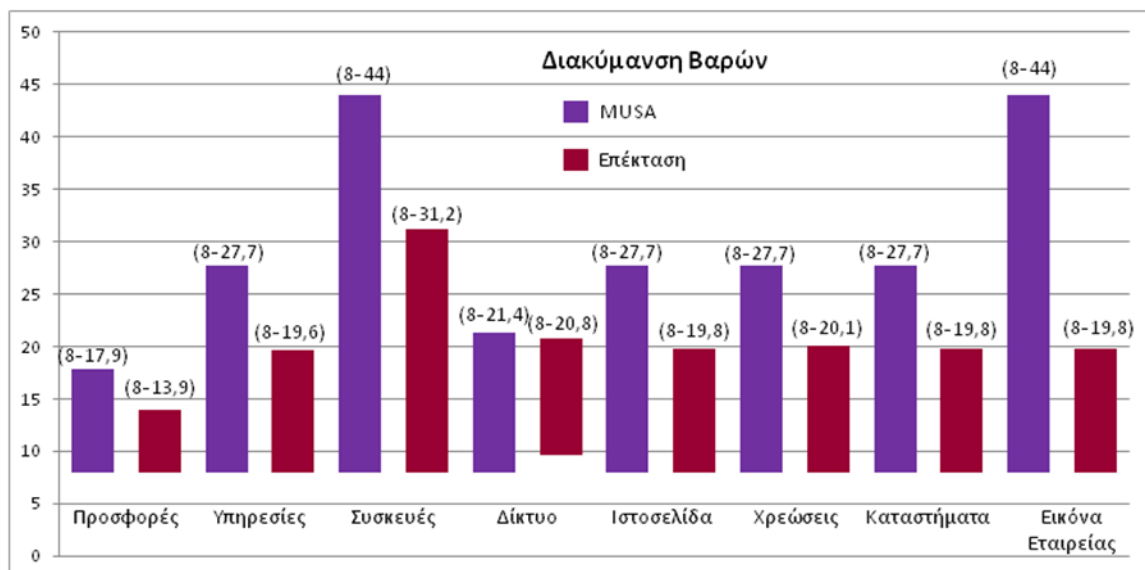
Δείκτες προσαρμογής και ευστάθειας

Για τη διερεύνηση της πιθανής βελτίωσης των αποτελεσμάτων που παρέχονται από την εισαγωγή των πρόσθετων περιορισμών στο βασικό μοντέλο MUSA χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες προσαρμογής και ευστάθειας που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.1.6. Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4, οι δείκτες προσαρμογής AFI_1 και AFI_3 είναι ιδιαίτερα υψηλοί τόσο για το βασικό μοντέλο MUSA όσο και για την επέκτασή της. Οι δείκτες αυτοί είναι ελάχιστα μικρότεροι όταν εφαρμόζεται η επέκταση της μεθόδου MUSA, πράγμα το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς στην ευρετική μέθοδο που χρησιμοποιείται για την επίλυση του π.γ.π. πραγματοποιείται μια μικρή παραχώρηση της βέλτιστης τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης του βασικού μοντέλου MUSA ώστε να επιτευχθεί καλύτερη προσαρμογή σχετικά με τις υπόλοιπες δύο αντικειμενικές συναρτήσεις που αφορούν το μοντέλο WORT αλλά τις επιθυμητές ιδιότητες των εκτιμώμενων δεικτών S και D . Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, διαφορά αυτή είναι ελάχιστη (-0,53% για τον δείκτη AFI_1 και -2,25% για τον δείκτη AFI_3). Ο δείκτης προσαρμογής AFI_2 παρουσιάζεται και στις δύο περιπτώσεις ιδιαίτερα μικρός. Ο δείκτης αυτός χειροτερεύει αισθητά κατά την εφαρμογή της επέκτασης της μεθόδου MUSA. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 2.1.6, ο δείκτης αυτός είναι ιδιαίτερα αυστηρός δεδομένου ότι ελέγχει μόνο το αν υπάρχει ή δεν υπάρχει σφάλμα σε κάθε πελάτη και όχι αν το σφάλμα που υπάρχει είναι μικρό ή μεγάλο. Ο συνδυασμός ωστόσο με τους υπόλοιπους δείκτες προσαρμογής δείχνει ότι και τα δύο μοντέλα επιτυγχάνουν εξίσου καλή προσαρμογή των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 2.4: Προσαρμογή και ευστάθεια προσεγγίσεων MUSA

	<i>AFI₁</i>	<i>AFI₂</i>	<i>AFI₃</i>	<i>ASI</i>
Βασικό μοντέλο MUSA	95,08%	17,50%	93,39%	79,11%
Επέκταση MUSA	94,58% (-0,53%)	7,50% (-57,14%)	91,92% (-2,25%)	86,94% (+9,90%)

Αναφορικά με το δείκτη ευστάθειας *ASI*, παρατηρείται μια σημαντική αύξηση της τάξεως του 9,90% με την εισαγωγή των πρόσθετων περιορισμών στο βασικό μοντέλο MUSA, ο οποίος βελτιώνεται από 79,11% σε 86,94%. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη διατήρηση των δεικτών προσαρμογής σε υψηλά επίπεδα αλλά και τη μικρή διαφοροποίηση που παρατηρήθηκε σχετικά με τους δείκτες ικανοποίησης και σημαντικότητας των κριτηρίων δείχνει ότι η προσθήκη των πρόσθετων περιορισμών βελτίωσε την ευστάθεια των αποτελεσμάτων της μεθόδου MUSA χωρίς ωστόσο να διαφοροποιήσει τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την εφαρμογή της μεθόδου.



Σχήμα 2.23: Διακύμανση βαρών κριτηρίων

Το γεγονός της βελτίωσης της ευστάθειας που παρατηρείται με την προσθήκη των επιπρόσθετων περιορισμών ενισχύεται με το διάγραμμα του Σχήματος 2.23. Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τη διακύμανση των βαρών των κριτηρίων που παρατηρείται από τη μεγιστοποίηση τους κατά τη φάση της μεταβελτιστοποίησης. Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό, φαίνεται ότι με την εισαγωγή των πρόσθετων περιορισμών επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του εύρους των τιμών που παίρνουν τα βάρη για όλα τα υπό εξέταση κριτήρια.

3. Το πρόβλημα της ευστάθειας στη μέθοδο UTA: Θεωρητική ανάπτυξη και εφαρμογές

3.1 Η Μέθοδος UTA

3.1.1 Βασικές αρχές

Η μέθοδος UTA, η οποία αρχικά προτάθηκε από τους Jacquet-Lagrèze και Siskos (1982) έχει ως στόχο την εκτίμηση (επαγωγή) μίας προσθετικής συνάρτησης αξίας με βάση μία προδιάταξη ενός συνόλου αναφοράς A_R . Η μέθοδος χρησιμοποιεί τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού προκειμένου να κατασκευαστεί μια συνάρτηση αξίας, η οποία οδηγεί σε μία κατάταξη όσο το δυνατό πιο συμβατή με την αρχική προδιάταξη.

Η προσθετική συνάρτηση αξίας ορίζεται από τη σχέση (3.1), υπό τους περιορισμούς (3.2), (3.3):

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

$$u_i(g_{i^*}) = 0, \quad u_i(g_i^*) = 1, \quad 0 \leq u_i(g_i) \leq 1 \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (3.3)$$

όπου $u_i(g_i)$, $i=1,2,\dots,n$ είναι οι μη φθίνουσες περιθώριες συναρτήσεις αξίας κάθε κριτηρίου, (marginal value functions), κανονικοποιημένες μεταξύ 0 και 1, g_{i^*} , g_i^* το χειρότερο και το καλύτερο επίπεδο της κλίμακας του κριτηρίου g_i και p_i , $i=1,2,\dots,n$ οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων, με άθροισμα τη μονάδα.

Στις περισσότερες παραλλαγές της μεθόδου UTA, η συνάρτηση αξίας κατασκευάζεται σε μία υπολογιστική φάση, μορφοποιώντας ένα κατάλληλο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που απαιτεί μόνο τις ολικές προτιμήσεις του αποφασίζοντος. Στη UTA II όμως που θα χρησιμοποιήσουμε εφαρμόζεται μια διαδικασία δύο φάσεων, σύμφωνα με την οποία:

1. Στην πρώτη φάση: Κατασκευάζονται οι περιθώριες συναρτήσεις αξίας των κριτηρίων μέσω μίας ανεξάρτητης μεθόδου.
2. Στη δεύτερη φάση: Ζητείται από τον αποφασίζοντα να δώσει μια κατάταξη ενός συνόλου αναφοράς A_R και στη συνέχεια με βάση τις συγκρίσεις μεταξύ των χωρών αναφοράς προσδιορίζεται ένα συμβατό «σετ» συντελεστών βαρύτητας.

Ωστόσο, πριν προχωρήσουμε στην επίλυση αυτών των δύο επιμέρους προβλημάτων πρέπει να εξασφαλιστεί η προτιμησιακή ανεξαρτησία (βλ. Keeney and Raiffa, 1976) όλων των κριτηρίων μεταξύ τους, που είναι προαπαιτούμενο στην εφαρμογή της μεθόδου.

Ορισμός προτιμησιακής ανεξαρτησίας: Ένα ζεύγος κριτηρίων g_i, g_j είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο του λοιπού συνόλου των κριτηρίων $F - \{g_i, g_j\}$ όταν οι μοναδιαίες παραχωρήσεις μεταξύ των κριτηρίων g_i, g_j δεν εξαρτώνται από τις τιμές που παίρνουν τα υπόλοιπα κριτήρια.

Η προτιμησιακή ανεξαρτησία θα εξασφαλιστεί μέσω ερωτήσεων στον εμπειρογνώμονα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων, στη δεύτερη φάση.

Περιγραφή εμπειρογνώμονα: Σε μεθοδολογία UTA II, και κατ' επέκταση και σε πολλά σημεία της παρούσας μελέτης θα αναφερθούμε στην έννοια του εμπειρογνώμονα, ή αποφασίζοντα. Πρόκειται για κάποιον ειδικό τον οποίο καλούμε να μας απαντά σε ερωτήσεις που θα μας βοηθήσουν να κατασκευάσουμε αφενός τις περιθώριες συναρτήσεις και αφετέρου την κατάταξη των εικονικών χωρών για να υπολογίσουμε τους συντελεστές βαρύτητας. Στον εμπειρογνώμονα θέτουμε σχετικά απλά ερωτήματα, προκειμένου εμείς να καταλήξουμε σε πιο σύνθετες σχέσεις προτίμησης που χρειάζονται στο μοντέλο.

Στην εφαρμογή μας χρησιμοποιείται ως εμπειρογνώμονας κάποιος εκπρόσωπος φορέα που ασχολείται με θέματα Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης (π.χ. Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας) ή κάποιος ακαδημαϊκός με παρόμοιο ερευνητικό αντικείμενο.

3.1.2 Κατασκευή περιθώριων συναρτήσεων(Φάση 1)

Οι περιθώριες συναρτήσεις αποτελούν τις σχέσεις μετασχηματισμού μεταξύ των τιμών των κριτηρίων και των πραγματικών αξιών που θεωρούμε ότι αυτές αντιπροσωπεύουν, και δεν είναι γραμμικές. Αν ήταν γραμμικές δεν θα είχαν νόημα, καθώς γνωρίζοντας το πρώτο και το τελευταίο σημείο, οι αξίες θα ισούταν με τις τιμές των κριτηρίων.

Θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της άμεσης κατασκευής των περιθώριων συναρτήσεων. Δηλαδή μέσα από διάλογο με τον εμπειρογνώμονα θα βρούμε μερικά σημεία της συνάρτησης, και θα καταλήξουμε στον αναλυτικό της τύπο μέσω προσέγγισης. Ως παράδειγμα χρησιμοποιούμε την περιθώρια συνάρτηση του κριτηρίου 1 της εφαρμογής μας. Συγκεκριμένα, θα βρούμε 6 σημεία που περιλαμβάνονται στην περιθώρια συνάρτηση και κατόπιν θα χρησιμοποιήσουμε πολυωνυμική προσέγγιση δευτέρου βαθμού για να βρούμε τον αναλυτικό της τύπο. Προφανώς, για τις περιθώριες συναρτήσεις όλων των κριτηρίων ισχύουν τα εξής: $u_i(g_{i^*})=0, u_i(g_i^*)=1, 0 \leq u_i(g_i) \leq 1 \forall i$

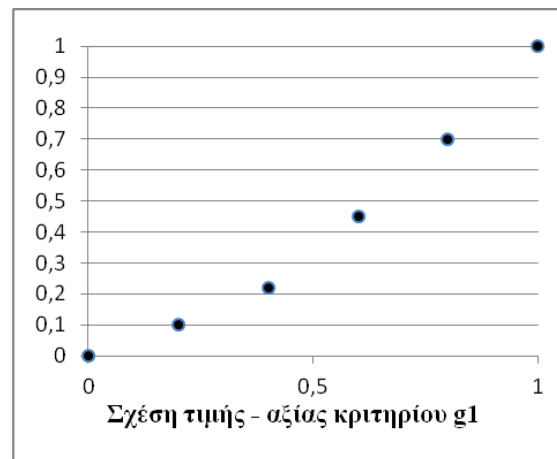
Συνεπώς από τα 6 σημεία που αναζητούμε για κάθε περιθώρια συνάρτηση, ήδη γνωρίζουμε τα 2, το πρώτο και το τελευταίο και αναζητούμε άλλα 4. Εφόσον όλα τα κριτήρια είναι αριθμητικά, θα προσπαθήσουμε τα 6 σημεία να είναι κατανομημένα ισομερώς στο διάστημα (0,1), οπότε θα αναζητήσουμε τις αξίες για τα σημεία στο 20%,40%, 60% και 80% του βέλτιστου g_i^* . Για το κριτήριο g_1 για παράδειγμα, θα πραγματοποιηθεί ο εξής διάλογος:

- *Αναλυτής*: Αν θεωρήσουμε ότι το χείριστο επίπεδο (0%) έχει αξία 0 και το βέλτιστο (100%) έχει αξία 1, πόση αξία θεωρείτε ότι έχει το επίπεδο 20%;
- *Εμπειρογνώμων*: Δεν θεωρώ ότι είναι γραμμική η σχέση, θα το προσδιόριζα στο 0,10.
- *Αναλυτής*: Το επίπεδο 40%;
- *Εμπειρογνώμων*: 22%
- *Αναλυτής*: Αντίστοιχα, κατά πόσο θεωρείτε ότι υπολείπεται σε αξία σε σχέση με το βέλτιστο μια τιμή στο κριτήριο της τάξης του 60%;
- *Εμπειρογνώμων*: Θα έλεγα ότι υπολείπεται κατά περίπου 55%, δηλαδή θα του έδινα αξία 0,45.
- *Αναλυτής*: Και πόση αξία θα δίνετε στην τιμή 80% του κριτηρίου;
- *Εμπειρογνώμων*: 70%

Με βάση αυτό το διάλογο καταλήγουμε στα ζητούμενα 6 σημεία, τα οποία φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:

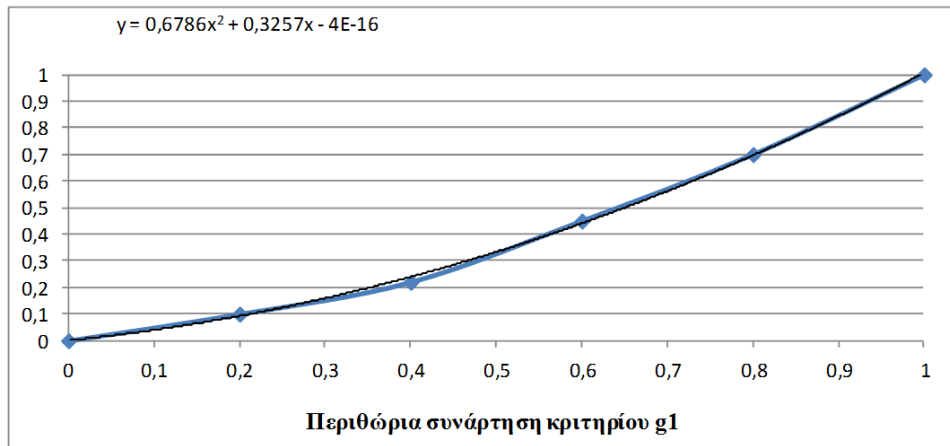
Πίνακας 3.1: Απαντήσεις εμπειρογνώμονα για κατασκευή περιθώριας συνάρτησης κριτηρίου g_1

Τιμή κριτηρίου g_1	Αξία για το κριτήριο g_1
0%	0
20%	0,1
40%	0,22
60%	0,45
80%	0,7
100%	1



Σχήμα 3.1: Απεικόνιση απαντήσεων εμπειρογνώμονα

Στη συνέχεια προσεγγίζουμε με δευτεροβάθμια πολυωνυμική συνάρτηση τα σημεία που έχουμε βρει, και καταλήγουμε στην αναλυτική μορφή της περιθώριας συνάρτησης του κριτηρίου.



Σχήμα 3.2: Περιθώρια συνάρτηση κριτηρίου g1

Έτσι για το κριτήριο g_1 για παράδειγμα, έχουμε:

$$u(g_1) = 0.6786g_1^2 + 0.3257g_1$$

Όμοια κατασκευάζουμε τις περιθώριες συναρτήσεις και των υπολοίπων κριτηρίων.

3.1.3 Προσδιορισμός συντελεστών βαρύτητας(Φάση 2)

Αρχικά, θα κατασκευάσουμε το σύνολο αναφοράς A_R , και μέσα από διμερείς συγκρίσεις τα αποτελέσματα των οποίων μας δίνει ο αποφασίζων, θα καταλήξουμε σε μία κατάταξη για τις εικονικές χώρες του συνόλου. Κάθε διμερής σύγκριση (π.χ. μεταξύ a , b) παρίσταται αριθμητικά από την εξής σχέση 3.4:

$$\Delta(a,b) = \sum_{i=1}^n p_i \{u_i [g_i(a)] - u_i [g_i(b)]\} - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) - \sigma^+(b) + \sigma^-(b) \quad (3.4)$$

όπου $a, b \in A_R$ και $\sigma^+(a)$, $\sigma^-(a)$, $\sigma^+(b)$, $\sigma^-(b)$ τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης αντίστοιχα για τις εναλλακτικές a και b . Δηλαδή θεωρούμε για την κατασκευή του γραμμικού προβλήματος που θα μας δώσει τους συντελεστές βαρύτητας ότι η σχέση μπορεί να περιέχει ένα σφάλμα εκτίμησης του εμπειρογνώμονα, το οποίο όμως θα προσπαθήσουμε να ελαχιστοποιήσουμε. Έτσι, σαν αντικειμενική συνάρτηση στο πρόβλημά μας θα θεωρήσουμε το άθροισμα των σφαλμάτων, δηλαδή:

$$[\min] F = \sum_{a \in A_R} \sigma^+(a) + \sigma^-(a) \quad (3.5)$$

υπό τους περιορισμούς

$$\Delta(a,b) \geq \delta \text{ αν } a \succ b \quad (3.6)$$

$$\Delta(a,b) = 0 \text{ αν } a \sim b \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (3.8)$$

$$\text{με } p_i \geq 0 \quad \forall i \text{ και } \sigma^+(a) \geq 0, \sigma^-(a) \geq 0 \quad \forall a \in A_R \quad (3.9)$$

Ο αποφασίζων θα μας απαντά μόνο σε κάθε περίπτωση ποια εναλλακτική θεωρεί ότι επικρατεί της άλλης, και αυτή τη προτίμηση εμείς την ποσοτικοποιούμε μέσω της (3.4), θεωρώντας ότι η διαφορά στην αξία μεταξύ των δύο εναλλακτικών ξεπερνά το κατώφλι δ . Το κατώφλι δ τυπικά είναι ένας μικρός αριθμός, γεγονός που αντικατοπτρίζει την εμπιστοσύνη μας στον εμειρογνώμωνα, ότι μπορεί δηλαδή να ξεχωρίσει ακόμα και εναλλακτικές με σχετικά μικρές διαφορές. Τυπικές τιμές για το κατώφλι δ είναι το 0,05% ή 0,1%.

Βεβαίως δίνεται στον αποφασίζοντα η επιλογή να μας απαντήσει πως η διαφορά μεταξύ των επιλογών είναι τόσο μικρή που δεν μπορεί να ξεχωρίσει μία από τις δύο και σε αυτή την περίπτωση από τη σύγκριση προκύπτει ένας περιορισμός τύπου (3.7).

Όπως γίνεται κατανοητό όσο περισσότερες εικονικές δράσεις χρησιμοποιήσουμε και ειδικότερα όσο περισσότερες συγκρίσεις μεταξύ τους πραγματοποιήσουμε, θα έχουμε και περισσότερους περιορισμούς στο γραμμικό μας πρόβλημα. Αυτό σημαίνει πως στενεύουμε τα πλαίσια για την επίλυσή του ή σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να καταστεί και αδύνατη η εύρεση συμβατού «σετ» συντελεστών βαρύτητας, οι οποίοι αποτελούν και τις βασικές μας μεταβλητές.

Γενικότερα, αν ορίσουμε n αριθμό εικονικών δράσεων, ο μέγιστος αριθμός των συγκρίσεων που μπορούν να προκύψουν είναι:

$$n_{(2)} = \frac{n!}{2(n-2)!} = \frac{n(n-1)}{2} \quad \text{για } n \geq 2 \quad (3.10)$$

Για να δώσουμε ένα παράδειγμα, αν κατασκευάσουμε ένα σετ 10 εικονικών εναλλακτικών, ο μέγιστος αριθμός περιορισμών που μπορούν να προκύψουν από συγκρίσεις είναι 90, που αποτελεί έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό, και θα μπορούσε να καταστήσει το πρόβλημα μας μη επιλύσιμο. Ωστόσο, γνωρίζουμε ότι η αντικειμενική συνάρτηση είναι αύξουσα, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ισχύει η μεταβατική ιδιότητα στις σχέσεις υπεροχής. Για οποιοσδήποτε εικονικές δράσεις λοιπόν ισχύει:

$$\text{αν } a \succ b \text{ και } b \succ c \Rightarrow a \succ c \quad \forall a, b, c \in A_R \quad (3.11)$$

Έτσι, μπορούμε να απαλείψουμε κάποιους από τους περιορισμούς όχι διότι παύουν να ισχύουν, αλλά επειδή υπερκαλύπτονται από άλλους ισχυρότερους. Στο παράδειγμα της σχέσης (3.4), όπου κανονικά θα προέκυπταν 3 περιορισμοί από τις διαδοχικές συγκρίσεις (a,b), (b,c), (a,c) μπορούμε αφού πραγματοποιήσουμε τις δύο πρώτες να αποφύγουμε την τρίτη και να καταλήξουμε σε δύο περιορισμούς. Με αυτό τον τρόπο καταλήγουμε να έχουμε ένα απλούστερο γραμμικό πρόβλημα, χωρίς ωστόσο να έχουμε επηρεάσει σε καμία περίπτωση τη δυνατότητα επίλυσής του ή τα αποτελέσματα που θα λάβουμε.

Η μεθοδολογία ολοκληρώνεται με την επίλυση του γραμμικού προβλήματος που κατασκευάσαμε. Συγκεκριμένα, η αντικειμενική μας συνάρτηση πρέπει να μηδενιστεί, καθώς σε αντίθετη περίπτωση αντιλαμβανόμαστε πως ο αποφασίζων έχει υπερεκτιμήσει ή υποτιμήσει κάποια από τις εικονικές δράσεις και το γραμμικό πρόβλημα είναι μη συμβατό. Σε αυτή την περίπτωση επανερχόμαστε στις ερωτήσεις και εξετάζουμε μαζί του την πιθανότητα να διαφοροποιήσει κάποια από τις επιλογές του. Όταν επιλύσουμε λοιπόν βέλτιστα το πρόβλημα, λαμβάνουμε ως αποτελέσματα τα βάρη των κριτηρίων, μέσω των οποίων καταλήγουμε σε μια βαθμολογία για κάθε πραγματική δράση, τις οποίες κατατάσσουμε.

Επιπλέον, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μια μελέτη ευστάθειας της λύσης του γραμμικού προβλήματος. Συγκεκριμένα, λόγω των ανισωτικών σχέσεων στο πρόβλημα η λύση που προκύπτει δεν είναι μοναδική. Με αυτό το δεδομένο προχωράμε σε μια ανάλυση ακραίων καταστάσεων, δηλαδή εξεύρεσης της μέγιστης και ελάχιστης θέσης που μπορεί να λάβει μια εναλλακτική, δεδομένης της αβεβαιότητας στους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων. Το αντικείμενο της ευστάθειας εξετάζεται αναλυτικά στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης με εφαρμογή στο μοντέλο κατάταξης χωρών με βάση την επίδοσή τους στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.

3.2 Εφαρμογή της μεθόδου για την αξιολόγηση και σύγκριση επιδόσεων χωρών στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης

3.2.1 Γενικά στοιχεία

Πρόκειται για είδος αξιολογήσεων που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω της δυσκολίας και της απαιτητικότητας τους, και συνήθως διενεργούνται από μεγάλους διεθνείς οργανισμούς. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι μελέτες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, του Economist, του Brown University, Accenture, και άλλες που θα αναλυθούν σε βάθος παρακάτω.

Στόχος τέτοιου είδους εκθέσεων είναι η κατάταξη των χωρών ανάλογα με τις επιδόσεις τους στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Σε αυτή την προσπάθεια λαμβάνονται ως δεδομένα κάποια ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία για κάθε χώρα προκειμένου να κατασκευαστούν κάποιοι ποσοτικοί δείκτες και να γίνει δυνατή η άμεση σύγκριση. Τα δεδομένα προέρχονται από επίσημες μετρήσεις διεθνώς αναγνωρισμένων φορέων (Eurostat, Battelle, UNPAN, IMF κ.α.), αξιολογήσεις συγκεκριμένων ιστοσελίδων και υπηρεσιών, και κάποιες φορές από ερωτηματολόγια και έρευνες σχετικά με την ικανοποίηση των Πολιτών από τις προσφερόμενες υπηρεσίες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – Benchmark Measurement

Η πιο πρόσφατη σχετική μελέτη είναι η 9th Benchmark Measurement (βλ. European Commission, 2010), η οποία διενεργήθηκε το Δεκέμβρη του 2010. Σκοπός της έρευνας είναι η κατάταξη των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανάλογα με τις επιδόσεις τους στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Τα αποτελέσματα της μελέτης βασίζονται στη χρήση δεικτών που έχουν δημιουργηθεί για την ποσοτικοποίηση της απόδοσης σε διάφορους τομείς. Κάθε χώρα λαμβάνει μια βαθμολογία για κάθε δείκτη, και κατασκευάζεται η ζητούμενη κατάταξη για αυτόν. Αξίζει να σημειωθεί πως αποφεύγεται η συγχώνευση των επιμέρους δεικτών που κατασκευάζονται, για την εξαγωγή μιας ενιαίας κατάταξης, καθώς αυτό θα οδηγούσε σε ιδιαίτερα περίπλοκα αποτελέσματα.

Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (United Nations - Department of Economic and Social Affairs)

Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, και συγκεκριμένα το τμήμα Οικονομικών και Κοινωνικών υποθέσεων δημοσίευσε την πρώτη συγκριτική μελέτη αξιολόγησης της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης το 2002. Ο τίτλος της μελέτης ήταν αρχικά “e-government survey”, το 2004

άλλαξε σε “e-government readiness report”, και από το 2008 και μετά έχει επανέλθει στην αρχική του ονομασία. Στη μελέτη εξετάζονται οι επιδόσεις όλων των κρατών-μελών του ΟΗΕ, ωστόσο παρατηρείται ακόμα και σήμερα ότι σε μερικές η διείσδυση του διαδικτύου και πόσο μάλλον της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης είναι πολύ μικρή. Η μεθοδολογία της έρευνας αυτής είναι σχετικά απλούστερη από της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ωστόσο αυτό είναι εύλογο, καθώς συμπεριλαμβάνονται πολύ περισσότερες χώρες. Η τελική βαθμολογία κάθε χώρας (e-government development index – EDGI) με βάση την οποία κατασκευάζεται η κατάταξη προκύπτει ως μέσος όρος των τιμών των 3 δεικτών (καθένας εκ των οποίων κυμαίνεται ανάμεσα σε 0 και 1). Πρόκειται για τους:

1. σκοπός και ποιότητα των διαδικτυακών υπηρεσιών
2. κατάσταση της ανάπτυξης των τηλεπικοινωνιακών υποδομών, και
3. εγγενές ανθρώπινο δυναμικό (μορφωτικό επίπεδο πολιτών, κλπ.)

Economist’s Digital Economy Ranking

Ο δείκτης αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης του Economist Intelligence Unit είναι ευρύτερος από τους δύο προαναφερθέντες και μετρά επιπλέον την ποιότητα πολλαπλών πτυχών της κυβέρνησης (Economist, 2010). Υπάρχουν έξι κατηγορίες οι οποίες συναθροίζονται στο συνολικό δείκτη ως εξής:

- συνδεσιμότητα και τεχνολογική υποδομή (20 %),
- επιχειρηματικό περιβάλλον (15 %),
- κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον (15 %),
- νομικό περιβάλλον (10 %),
- κυβερνητική πολιτική και όραμα (15 %),
- καταναλωτές και επιχειρήσεις (25 %).

Κάθε προαναφερθείσα κατηγορία - κριτήριο μετρείται από έναν αυξημένο αριθμό δεικτών και διαστάσεων. Για παράδειγμα, το πρώτο κριτήριο «συνδεσιμότητα και την τεχνολογική υποδομή» διαρθρώνεται από τα ακόλουθα υποκριτήρια: την ευρυζωνική διείσδυση, ευρυζωνική ποιότητα, την προσιτότητα των τιμών των ευρυζωνικών συνδέσεων, τη διείσδυση της κινητής τηλεφωνίας, την ποιότητα της κινητής τηλεφωνίας, τη διείσδυση του διαδικτύου, το εύρος ζώνης στο Internet και την ασφάλεια στο διαδίκτυο. Ο δείκτης καλύπτει 70 χώρες και ανανεώνεται κάθε δύο χρόνια. Η μελέτη του Economist, παρόλο που υποστηρίζεται επαρκώς και αξιολογεί την ηλεκτρονική διακυβέρνηση πολυδιάστατα, χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό επιμέρους δεικτών που είναι δύσκολο να αξιολογηθούν λόγω του μεγάλου αριθμού των δυνητικά σχετικών παραγόντων που τους επηρεάζουν. Οι δείκτες αυτοί, για παράδειγμα η στρατηγική της η-κυβέρνησης, το επίπεδο της λογοκρισίας, η ευκολία εγγραφής μιας νέας επιχείρησης, καθώς και η αποτελεσματικότητα των παραδοσιακών νομικών πλαισίων αξιολογούνται έμμεσα και με μη εμφανή τρόπο. Επιπλέον, η έρευνα δεν είναι αποσαφηνίζει το πώς εξήχθησαν τα βάρη των κριτηρίων και των διαστάσεων τους.

3.2.2 Ορισμός προβλήματος

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση συγκεκριμένων χωρών με συγκρίσιμα αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακές μεθόδους για τη σύνθεση των κριτηρίων προκειμένου να προκύψει μια τελική κατάταξη. Έτσι, δεν θα αναλωθούμε τόσο στην

κατασκευή των δεικτών, πολλοί εκ των οποίων θα ληφθούν απευθείας από τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, αλλά στην κατασκευή του μοντέλου από το οποίο θα προκύψει η ζητούμενη κατάταξη.

Μια μεγάλη πρόκληση που απαιτείται να αντιμετωπιστεί κατά το σχεδιασμό της μεθοδολογίας της έρευνας, είναι ότι η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση αποτελεί ένα δυναμικό και διαρκώς μεταβαλλόμενο αντικείμενο, το οποίο βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα με την πάροδο των ετών να απαιτείται διαφοροποίηση των δεικτών ή/και εισαγωγή νέων. Με αυτό τον τρόπο, ωστόσο διακινδυνεύεται η ομοιογένεια των αποτελεσμάτων και η συγκρισιμότητα τους με αυτά προηγούμενων ερευνών. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ένας από τους βασικούς στόχους της έρευνας είναι η μελέτη της απόδοσης ενός κράτους με την πάροδο των ετών, οπότε οι συνεχείς αλλαγές στο σύστημα αξιολόγησης θα αφαιρούσαν αυτή τη δυνατότητα. Η επίτευξη του στόχου αυτού εξασφαλίζεται μέσω του διαχωρισμού σε κεφάλαια, αλλά και της εξαιρετικά προσεκτικής τροποποίησης του τρόπου βαθμολόγησης των δεικτών.

Επίσης, εισάγεται η έννοια των συντελεστών βαρύτητας στα κριτήρια, καθώς δε μπορεί να θεωρηθεί ορθολογικά σωστό όλα τα κριτήρια να συμμετέχουν ισοβαρώς, όπως σε πολλές άλλες παρόμοιες έρευνες. Επιπλέον, η επιλογή των χωρών γίνεται με κριτήριο αφενός την ύπαρξη επαρκών στοιχείων για την αξιολόγησή τους και αφετέρου την ομοιογένειά τους (Δημοκρατικό πολίτευμα κλπ).

Έτσι, επιλέγουμε να συμπεριλάβουμε στη μελέτη 21 χώρες - μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης. Συγκεκριμένα, οι χώρες που θα επιχειρήσουμε να κατατάξουμε είναι οι εξής:

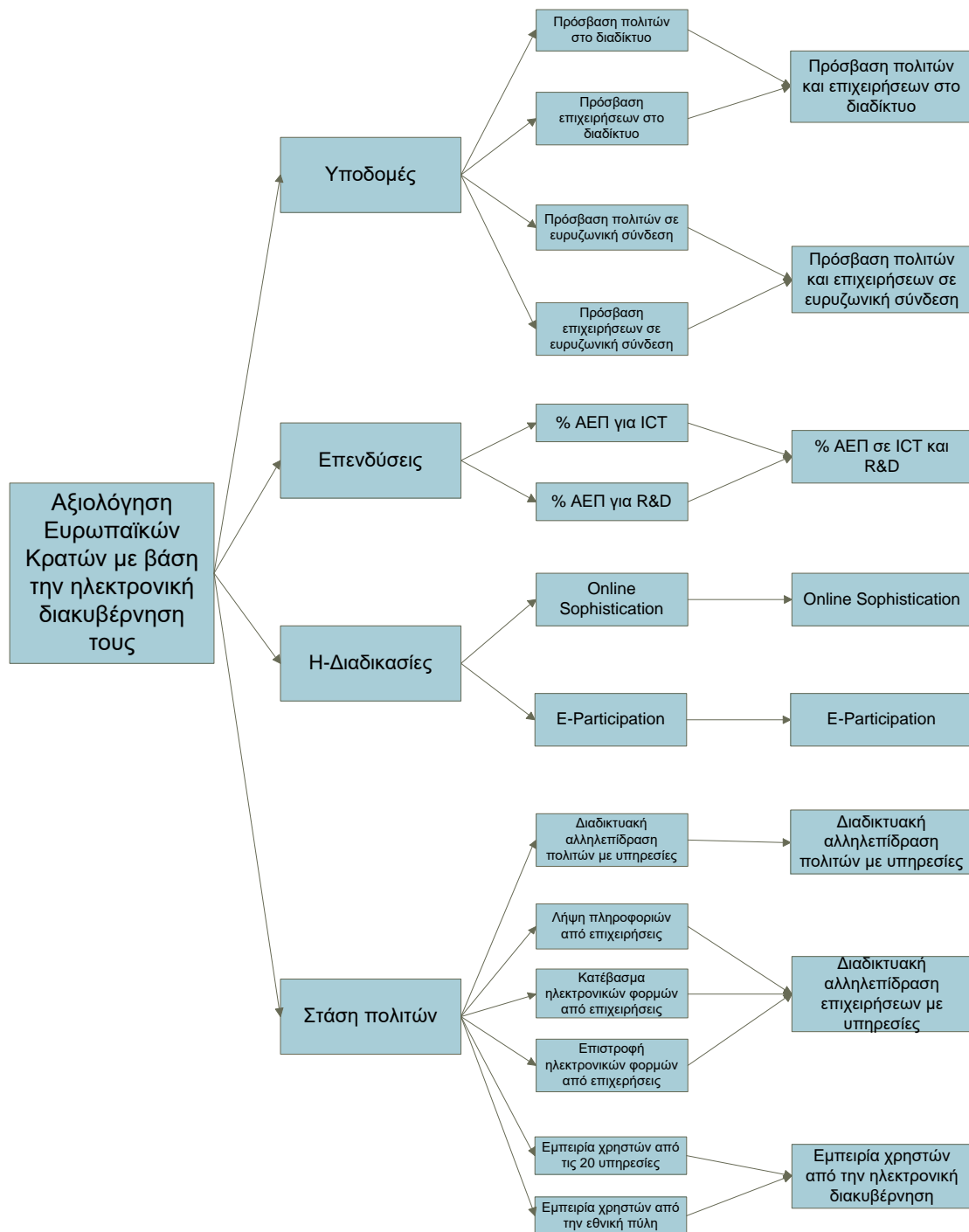
Πίνακας 3.2: Χώρες υπό αξιολόγηση

Βέλγιο	Ισπανία	Πορτογαλία
Τσεχία	Γαλλία	Σλοβενία
Δανία	Ιταλία	Σλοβακία
Γερμανία	Ουγγαρία	Φινλανδία
Εσθονία	Ολλανδία	Σουηδία
Ιρλανδία	Αυστρία	Νορβηγία
Ελλάδα	Πολωνία	Ην. Βασίλειο

Κατασκευή κριτηρίων αξιολόγησης

Ύστερα από μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας, επιλέχθηκαν οι θεματικοί άξονες, άξονες προτίμησης, που πρέπει να καλύπτονται από τα κριτήρια της αξιολόγησης. Στη συνέχεια αυτοί αναλύθηκαν στις βασικές τους συνιστώσες προς μέτρηση. Τέλος, όποιες από τις συνιστώσες αυτές παρουσίαζαν θεματική συνάφεια ομαδοποιήθηκαν σε ένα κριτήριο. Μέσω της διαδικασίας αυτής καταλήξαμε στα 8 κριτήρια της μελέτης μας σχήμα κατά το κλασικό μοντέλο κατασκευής μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων του Roy (1985), και τα επιμέρους της βήματα φαίνονται στο σχήμα 3.3 (βλ. Siskos et al., 2014 για περισσότερες λεπτομέρειες).

Τα κριτήρια παρουσιάζονται και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:



Σχήμα 3.3: Σύστημα αξιολόγησης Ηλ. Διακυβέρνησης

g₁: Πρόσβαση στο διαδίκτυο

Περιγραφή: Εκφράζει το ποσοστό των οικογενειών και των επιχειρήσεων της χώρας που έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με οποιοδήποτε τρόπο στο διαδίκτυο.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (%)

Το συγκεκριμένο κριτήριο όπως και το επόμενο ανήκουν στην βασική κατηγορία των κριτηρίων υποδομών. Είναι προφανές ότι χωρίς βασικές υποδομές, όπως πρόσβαση στο διαδίκτυο, δεν νοείται ηλεκτρονική διακυβέρνηση και έτσι κρίνεται αναγκαίο να το συμπεριλάβουμε στην αξιολόγηση. Πηγή του κριτηρίου αυτού αποτελεί η έγκυρη Ευρωπαϊκή στατιστική υπηρεσία Eurostat, με τα στατιστικά αυτά δεδομένα να αφορούν στο έτος 2012. Συμψηφίστηκαν ισοβαρώς τα αντίστοιχα στοιχεία για τις οικογένειες και τις επιχειρήσεις και προέκυψαν τα τελικά ποσοστά για την κάθε χώρα όπως απεικονίζονται παρακάτω στον πίνακα 3.3

g₂: Ευρυζωνική σύνδεση

Περιγραφή: Εκφράζει το ποσοστό των οικογενειών και των επιχειρήσεων της χώρας που διαθέτουν έστω και μια ευρυζωνική σύνδεση.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (%)

Τα δεδομένα αυτού του κριτηρίου προέρχονται επίσης από την Ευρωπαϊκή στατιστική υπηρεσία Eurostat και αφορούν στο έτος 2012. Συμψηφίστηκαν ισοβαρώς τα αντίστοιχα στοιχεία για τις οικογένειες και τις επιχειρήσεις και οι τελικές τιμές του κριτηρίου δίνονται στον πίνακα 3.3

g₃: ΑΕΠ για R&D πληροφορική και τηλεπικοινωνίες

Περιγραφή: Δείχνει το ποσοστό του ΑΕΠ που ξοδεύει ή επενδύει κάθε χώρα στις τεχνολογίες πληροφορίας και τεχνολογίας και την έρευνα και ανάπτυξη.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (%)

Πηγή των τιμών της επένδυσης στην έρευνα και ανάπτυξη αποτελεί έκθεση της Eurostat για το 2011. Τα δεδομένα για τις επενδύσεις στην πληροφορική προέρχονται από την Ευρωπαϊκή στατιστική υπηρεσία Eurostat και αφορούν στο έτος 2013. Συμψηφίστηκαν έτσι ισοβαρώς, το ποσοστό του ΑΕΠ που δίνεται στις Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ICT) και το ποσοστό του ΑΕΠ που επενδύεται στην έρευνα και ανάπτυξη (R&D), δομήθηκαν οι τιμές του κριτηρίου και παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.4. Θεωρήσαμε σαν βέλτιστη τιμή του κριτηρίου αυτού, το 5% του ΑΕΠ.

g₄: Online sophistication (Ωριμότητα ηλεκτρονικών υπηρεσιών)

Περιγραφή: Δείχνει το ποσοστό ανάπτυξης και ωριμότητας 20 βασικών υπηρεσιών καθώς και της εθνικής πύλης σε ηλεκτρονικό επίπεδο κάθε χώρας.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (%)

Πρόκειται κριτήριο, πηγή των τιμών του οποίου αποτελεί η έκθεση «9th Benchmark Measurement» του Δεκεμβρίου του 2010 για λογαριασμό της European Commission ως μέτρο αξιολόγησης για το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα i2010. Πρόκειται συνοπτικά για το ποσοστό ανάπτυξης και βελτίωσης των 20 βασικότερων υπηρεσιών σε επίπεδο ηλεκτρονικής διακυβέρνησης χρησιμοποιώντας το γνωστό μοντέλο των 5 σταδίων ωριμότητας.

Πίνακας 3.3: Τιμές κριτηρίων g1 και g2

Χώρα	% Πρόσβαση στο διαδίκτυο			% Πρόσβαση σε ευρυζωνική σύνδεση		
	Νοικοκυριά	Επιχειρήσεις	Σύνολο	Νοικοκυριά	Επιχειρήσεις	Σύνολο
Βέλγιο	78	97	87.5	75	94	84.5
Τσεχία	65	97	81	68	91	79.5
Δανία	92	99	95.5	85	90	87.5
Γερμανία	85	97	91	82	88	85
Εσθονία	75	96	85.5	74	94	84
Ιρλανδία	81	94	87.5	65	88	76.5
Ελλάδα	54	91	72.5	51	80	65.5
Ισπανία	68	96	82	67	95	81
Γαλλία	80	99	89.5	77	97	87
Ιταλία	63	96	79.5	55	92	73.5
Ουγγαρία	69	89	79	68	85	76.5
Ολλανδία	94	100	97	83	96	89.5
Αυστρία	79	98	88.5	77	86	81.5
Πολωνία	70	93	81.5	67	77	72
Πορτογαλία	61	95	78	60	87	73.5
Σλοβενία	74	98	86	73	97	85
Σλοβακία	75	98	86.5	72	90	81
Φινλανδία	87	100	93.5	85	98	91.5
Σουηδία	92	98	95	87	95	91
Νορβηγία	93	97	95	86	85	85.5
Ην. Βασίλειο	87	94	90.5	80	93	86.5

g₅: E-participation

Περιγραφή: Δείχνει τον βαθμό με τον οποίο οι κυβερνήσεις αλληλεπιδρούν ηλεκτρονικά με τους πολίτες

Τύπος κριτηρίου: Δείκτης ποιότητας [0-1]

E-participation ονομάζεται ο τομέας των διαδικτυακών υπηρεσιών που ανοίγει διαύλους για τη συμμετοχή των πολιτών στα δημόσια ζητήματα. Πηγή των τιμών του κριτηρίου είναι η έρευνα των Ηνωμένων Εθνών για την ανάπτυξη της παγκόσμιας ηλεκτρονικής διακυβέρνησης το 2012. Οι τιμές του, πάρθηκαν αυτούσιες όπως επεξεργάστηκαν από την παραπάνω έρευνα, από τα δεδομένα που αφορούν στα τρία υποκριτήρια που το απαρτίζουν και απεικονίζονται στον πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4: Τιμές κριτηρίων g_3 , g_4 και g_5

Χώρα	% Επένδυση ΑΕΠ			% Online sophistication	E-participation
	% R&D	% ICT	Σύνολο		
Βέλγιο	1.7	4.9	3.3	92	0.13
Τσεχία	1.4	5.2	3.3	85	0.26
Δανία	2.4	5.2	3.8	95	0.55
Γερμανία	2.3	5.2	3.8	99	0.76
Εσθονία	1.1	6.9	4.0	97	0.76
Ιρλανδία	1.4	5.6	3.5	100	0.13
Ελλάδα	0.6	4.2	2.4	70	0.34
Ισπανία	1.3	4.8	3.1	98	0.5
Γαλλία	1.9	5.5	3.7	94	0.58
Ιταλία	1.1	4.2	2.7	99	0.26
Ουγγαρία	0.9	5.9	3.4	80	0.45
Ολλανδία	1.6	5.3	3.5	97	1
Αυστρία	2.5	4.1	3.3	100	0.37
Πολωνία	0.9	4.5	2.7	87	0.18
Πορτογαλία	1.2	6.4	3.8	100	0.37
Σλοβενία	1.4	5.3	3.4	99	0.21
Σλοβακία	0.4	5.7	3.1	81	0.13
Φινλανδία	3.1	5.5	4.3	96	0.74
Σουηδία	3.3	4.8	4.1	99	0.68
Νορβηγία	1.6	3.4	2.5	92	0.68
Ην. Βασίλειο	1.7	6.9	4.3	97	0.92

g_6 : Διαδικτυακή αλληλεπίδραση πολιτών με υπηρεσίες

Περιγραφή: Εκφράζει το ποσοστό των πολιτών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να έλθουν σε αλληλεπίδραση με τις δημόσιες υπηρεσίες.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (%)

Τα δεδομένα προέρχονται από την Ευρωπαϊκή στατιστική υπηρεσία Eurostat και αναφέρονται στο έτος 2013. Οι τιμές του κριτηρίου αυτού, προέκυψαν από τρεις ισοβαρείς συνιστώσες-ποσοστά, τη λήψη πληροφοριών, το κατέβασμα ηλεκτρονικών φορμών και την επιστροφή των συμπληρωμένων φορμών. Όμως, στην ανάλυση μας δεν βρήκαμε αναλυτικά τα δεδομένα και για τις τρεις αυτές συνιστώσες αλλά βρήκαμε τα δεδομένα που προέκυψαν από την επεξεργασία αυτών των τριών συνιστωσών. Αναλυτικά παρατίθενται στον πίνακα 3.5.

g₇: Διαδικτυακή αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με υπηρεσίες

Περιγραφή: Εκφράζει το ποσοστό των επιχειρήσεων που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να έλθουν σε αλληλεπίδραση με τις δημόσιες υπηρεσίες.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (%)

Πρόκειται για παρόμοιο κριτήριο με το προηγούμενο. Συγκεκριμένα, εκφράζει την αλληλεπίδραση των επιχειρήσεων αυτή τη φορά, με τις ηλεκτρονικές δημόσιες υπηρεσίες. Τα δεδομένα προέρχονται από την Ευρωπαϊκή στατιστική υπηρεσία Eurostat, προϊόντα έρευνας που διενεργήθηκε το 2013. Δημιουργήθηκε και αυτό από το συμπηφισμό τριών ισοβαρών συνιστωσών, τη λήψη πληροφοριών, το κατέβασμα ηλεκτρονικών φορμών και την επιστροφή των συμπληρωμένων φορμών. Οι τιμές του κριτηρίου καθώς και των τριών συνιστωσών ξεχωριστά, παρατίθενται στον πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Τιμές κριτηρίων g₆ και g₇

Χώρα	% Διαδικτυακή αλληλεπίδραση πολιτών με υπηρεσίες				% Διαδικτυακή αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με υπηρεσίες			
	Λήψη πληροφοριών	Κατέβασμα ηλ. φορμών	Επιστροφή ηλ. φορμών	Σύνολο	Λήψη πληροφοριών	Κατέβασμα ηλ. φορμών	Επιστροφή ηλ. φορμών	Σύνολο
Βέλγιο	41	26	32	33	77	72	74	74
Τσεχία	28	12	7	16	92	90	81	88
Δανία	83	50	66	66	91	89	88	89
Γερμανία	49	30	14	31	49	66	61	59
Εσθονία	45	30	30	35	79	81	80	80
Ιρλανδία	39	34	36	36	81	88	95	88
Ελλάδα	32	19	20	24	77	77	81	78
Ισπανία	41	29	23	31	74	72	61	69
Γαλλία	47	31	32	37	89	91	87	89
Ιταλία	18	15	10	14	78	73	58	70
Ουγγαρία	35	24	17	25	84	82	81	82
Ολλανδία	75	53	57	62	74	83	85	81
Αυστρία	48	37	28	38	81	84	77	81
Πολωνία	17	16	11	15	78	81	86	82
Πορτογαλία	35	21	27	28	77	81	85	81
Σλοβενία	49	37	21	36	88	86	81	85
Σλοβακία	33	20	16	23	85	86	71	81
Φινλανδία	61	51	45	52	93	92	89	91
Σουηδία	74	48	46	56	93	92	87	91
Νορβηγία	69	49	50	56	79	85	89	84
Ην. Βασίλειο	33	22	22	26	58	80	87	75

g₈: Εμπειρία χρηστών ηλεκτρονικών δημόσιων υπηρεσιών

Περιγραφή: Εκφράζει το ποσοστό ικανοποίησης των χρηστών για τις 20 βασικές ηλεκτρονικές υπηρεσίες και την εθνική ηλεκτρονική πύλη.

Τύπος κριτηρίου: Μετρικό (Δείκτης ποιότητας %)

Πηγή των τιμών του κριτηρίου αποτελεί η έκθεση «9th Benchmark Measurement» του Δεκεμβρίου του 2010 για λογαριασμό της European Commission ως μέτρο αξιολόγησης για το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα i2010. Πρόκειται για ισοβαρή συμψηφισμό του ποσοστού ικανοποίησης των χρηστών από τις υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης που αφορούν τις 20 βασικότερες υπηρεσίες καθώς και από την εθνική ηλεκτρονική πύλη (national portal).

Πίνακας 3.6: Τιμές κριτηρίου g₈

Χώρα	% Εμπειρία χρηστών		
	20 διαδικτυακές υπηρεσίες	Εθνική Πύλη	Σύνολο
Βέλγιο	65	93	79
Τσεχία	43	76	59.5
Δανία	83	68	75.5
Γερμανία	92	90	91
Εσθονία	94	80	87
Ιρλανδία	87	50	68.5
Ελλάδα	91	91	91
Ισπανία	91	95	93
Γαλλία	89	100	94.5
Ιταλία	79	23	51
Ουγγαρία	70	90	80
Ολλανδία	91	96	93.5
Αυστρία	50	90	70
Πολωνία	91	85	88
Πορτογαλία	91	94	92.5
Σλοβενία	99	68	83.5
Σλοβακία	85	93	89
Φινλανδία	86	88	87
Σουηδία	99	68	83.5
Νορβηγία	67	86	76.5
Ην. Βασίλειο	99	83	91

Ο Πίνακας 3.7 παρουσιάζει συνολικά όλα τα 8 κριτήρια, μαζί με τα κατώτερα και ανώτερα δυνατά επίπεδα τους, καθώς και τις πηγές τους.

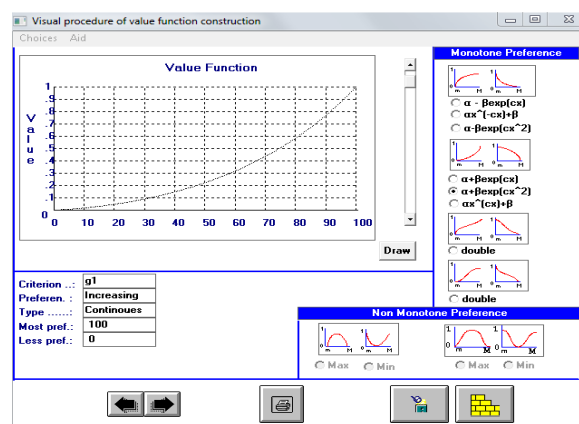
Πίνακας 3.7: Κλίμακες κριτηρίων αξιολόγησης

Κριτήριο	Δείκτης	Κατώτερο επίπεδο	Ανώτερο επίπεδο	Πηγή
g_1	% πληθυσμού	0	100	Eurostat, 2012
g_2	% πληθυσμού	0	100	Eurostat, 2012
g_3	% ΑΕΠ	0	5	Eurostat 2011 & 2013
g_4	% δείκτης	0	100	EC's 9th Benchmark measurement, 2010
g_5	Δείκτης [0-1]	0	1	UN's survey on e-government, 2012
g_6	% πολιτών	0	100	Eurostat, 2013
g_7	% επιχειρήσεων	0	100	Eurostat, 2013
g_8	% δείκτης	0	100	EC's 9th Benchmark measurement, 2010

3.2.3 Εφαρμογή μοντέλου

Η συγκεκριμένη εμπειρία υποστήριξης αποφάσεων λαμβάνει υπόψη τις γνώσεις και τα προτιμησιακά δεδομένα ενός αποφασίζοντα, εμπειρογνώμονα σε θέματα Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Το μοντέλο προσθετικής αξίας κατασκευάστηκε με τη βοήθεια της διαδικασίας δύο σταδίων της μεθόδου UTA II.

Αρχικά, ο αποφασίζοντας κατασκεύασε μόνος του τις οκτώ περιθώριες συναρτήσεις αξίας των κριτηρίων, κάνοντας χρήση του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) MIIDAS (Siskos et al. 1999) και των τεχνικών οπτικοποίησης του. Με τον χειρισμό των βοηθητικών κερσόρων κύλισης, αποτύπωσε τις περιθώριες συναρτήσεις αξίας στο σύστημα σύμφωνα με τις προτιμήσεις του, μέχρι να τις οπτικοποιήσει όπως τις είχε στο μυαλό του. Η περιθώρια συνάρτηση αξίας του κριτηρίου της «πρόσβασης στο διαδίκτυο» παρουσιάζεται ενδεικτικά στο Σχήμα 3.4, όπως φαίνεται στο περιβάλλον του MIIDAS.



Σχήμα 3.4: Περιθώρια συνάρτηση αξίας του κριτηρίου g_1 , πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Πίνακας 3.8: Φανταστικές χώρες, κατάταξη τους από τον αποφασίζοντα, και UTA II αξίες τους

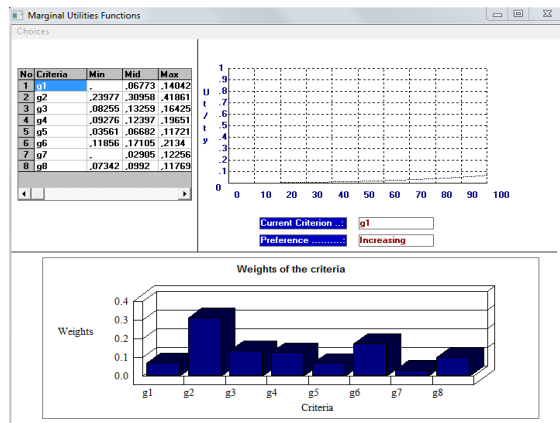
Φανταστική χώρα	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	Κατάταξη	Αξία UTA II
C1	85	80	3	90	0.4	30	80	13η	0.587
C2	90	75	3	90	0.4	30	80	15η	0.572
C3	85	75	3.5	90	0.4	30	80	14η	0.579
C4	90	90	3	80	0.3	30	80	10η	0.615
C5	90	90	3	100	0.15	30	80	3η	0.653
C6	85	85	3.5	100	0.5	30	80	2η	0.658
C7	85	85	3.5	80	0.4	40	85	5η	0.638
C8	85	85	4	80	0.4	40	80	6η	0.633
C9	85	85	4	80	0.4	30	75	7η	0.630
C10	80	70	4	80	0.4	50	80	12η	0.595
C11	90	90	3	80	0.3	40	80	9η	0.619
C12	80	80	4	90	0.5	50	90	1η	0.669
C13	90	70	2.5	90	0.4	60	80	11η	0.598
C14	80	70	2.5	100	0.5	70	90	4η	0.648
C15	70	70	4	80	0.7	60	90	8η	0.626

Κατά τη δεύτερη φάση της μεθόδου UTA II, ο αποφασίζοντας κατέταξε ένα σύνολο 15 φανταστικών εναλλακτικών – χωρών, οι οποίες είχαν προκατασκευαστεί από τον αναλυτή με σκοπό να είναι αντιπροσωπευτικές του πραγματικού συνόλου των 21 χωρών. Το σύνολο επιλέχθηκε να αποτελείται από φανταστικές χώρες και όχι αληθινές, προκειμένου να διευκολυνθεί ο αποφασίζοντας αναφορικά με την περιπλοκότητα και μη συγκρισιμότητα των κριτηρίων αξιολόγησης.

Η κατάταξη των φανταστικών χωρών, όπως εμφανίζεται στον παραπάνω Πίνακα τέθηκε σαν δεδομένο εισόδου στο MIIDAS, το οποίο έλυσε το προκύπτον γραμμικό πρόβλημα και υπολόγισε ένα αντιπροσωπευτικό σενάριο βαρών για τα 8 κριτήρια. Σημειώνεται ότι δεν παρουσιάστηκαν σφάλματα συνέπειας μεταξύ της κατάταξης του αποφασίζοντα και αυτής που προκύπτει από το μοντέλο προσθετικής αξίας. Συνεπώς δεν υπήρχε ανάγκη για επαναξιολόγηση της κατάταξης των 15 φανταστικών χωρών.

Τα βάρη των κριτηρίων, όπως εξήχθησαν από το σύστημα MIIDAS παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.5. Στην πάνω αριστερή γωνία του εμφανίζονται τα εύρη διακύμανσης των βαρών και το κέντρο βάρους του συνόλου των λύσεων, που υπολογίζεται και προτείνεται από το MIIDAS.

Κατόπιν, επιλύθηκε το μοντέλο προσθετικής αξίας που προέκυψε από τις 8 περιθώριες συναρτήσεις αξίας και τα 8 βάρη και προέκυψε η κατάταξη των Ευρωπαϊκών χωρών όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.9.



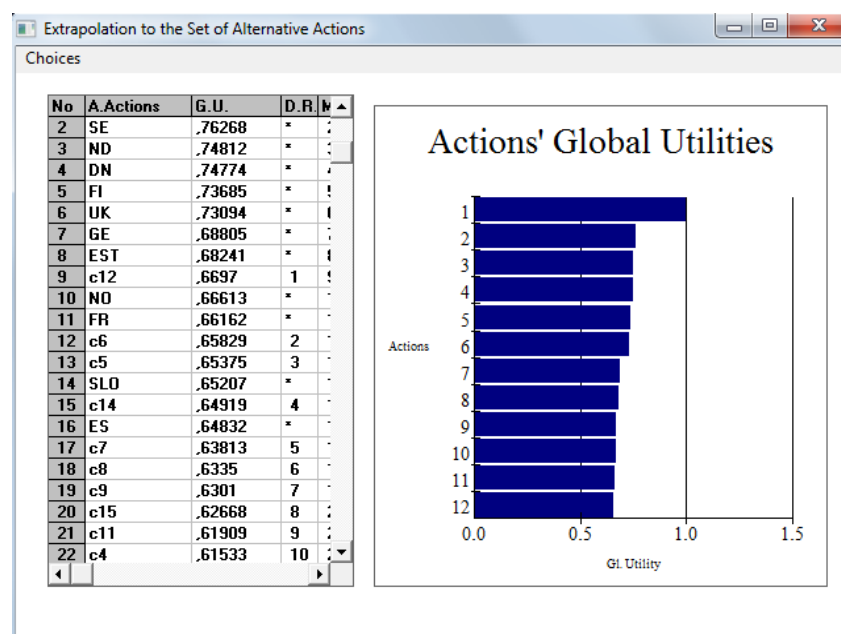
Κριτήριο	Βάρη
g1	0.06773
g2	0.30958
g3	0.13259
g4	0.12397
g5	0.06682
g6	0.17105
g7	0.02905
g8	0.09920

Σχήμα 3.5: Βάρη κριτηρίων (α) εντός του MIIDAS and (ii) σε ξεχωριστό Πίνακα

Πίνακας 3.9: Κατάταξη Ευρωπαϊκών χωρών

Χώρα	Κατάταξη	Ολική Αξία
Σουηδία	1	0.76268
Ολλανδία	2	0.74812
Δανία	3	0.74774
Φινλανδία	4	0.73685
Ην. Βασίλειο	5	0.73094
Γερμανία	6	0.68805
Εσθονία	7	0.68241
Νορβηγία	8	0.66613
Γαλλία	9	0.66162
Σλοβενία	10	0.65207
Ισπανία	11	0.64832
Αυστρία	12	0.61333
Βέλγιο	13	0.60867
Ιρλανδία	14	0.59265
Πορτογαλία	15	0.58053
Ουγγαρία	16	0.52259
Σλοβακία	17	0.51143
Πολωνία	18	0.49712
Τσεχία	19	0.48723
Ιταλία	20	0.46823
Ελλάδα	21	0.41987

Σημειώνεται εδώ ότι η λύση του γραμμικού προβλήματος στην οποία καταλήξαμε εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αλγόριθμο επίλυσης που χρησιμοποιεί το λογισμικό που επιλύει το πρόβλημα. Θεωρώντας ότι είναι συμβατή η κατάταξη που μας έχει δώσει ο εμπειρογνώμονας, μπορούμε να υποθέσουμε ότι όλα τα σφάλματα υποτίμησης και υπερεκτίμησης θα είναι μηδενικά. Άρα οι ελεύθερες μεταβλητές του προβλήματος μας είναι οι 8 συντελεστές βαρύτητας. Αν δεν είχαμε τους περιορισμούς, λύση του γραμμικού προβλήματος θα αποτελούσε όλος ο χώρος των 8 διαστάσεων. Οι περιορισμοί ωστόσο περιορίζουν τις μεταβλητές μας εντός ενός κυρτού πολυέδρου, κάθε σημείο του οποίου με συντεταγμένες $X(p_1, p_2, \dots, p_8)$ αποτελεί ένα σετ βαρών-λύση του γραμμικού προβλήματος. Επειδή οι 8 συντελεστές βαρύτητας δε συμμετέχουν στην αντικειμενική συνάρτηση, όλα τα σημεία αυτά αποτελούν εξίσου καλές λύσεις για το πρόβλημα μας.



Σχήμα 3.6: Συνολική κατάταξη των 21 χωρών εντός του συστήματος MIIDAS

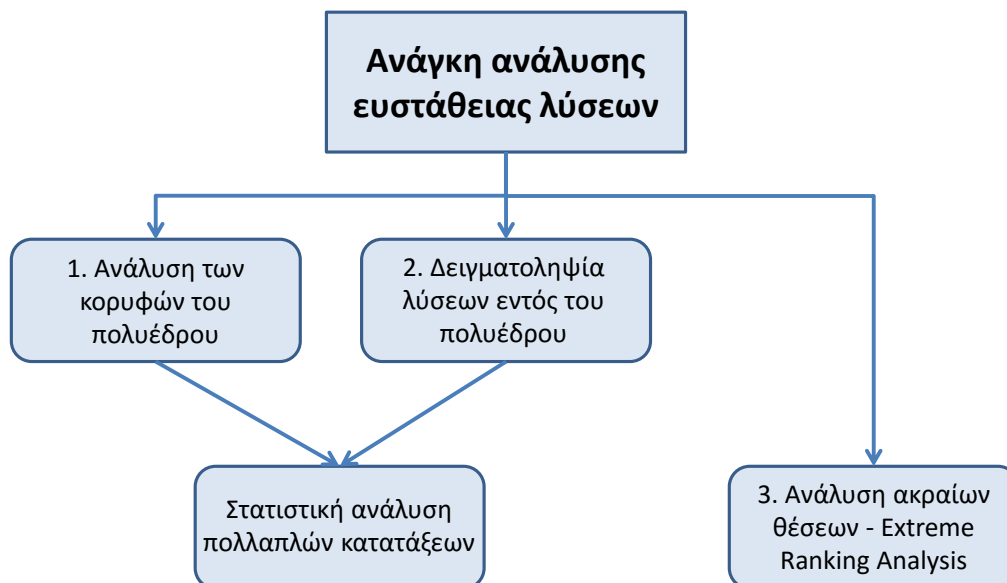
Λόγω της μη ύπαρξης μοναδικής λύσης του εκτιμηθέντος σετ βαρών των κριτηρίων, το πρόγραμμα MIIDAS εφαρμόζει τεχνικές ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης, και χρησιμοποιεί τις μέσες τιμές των βαρών σαν πιο αντιπροσωπευτικές. Αυτή η υπολογιστική διαδικασία είναι μέρος της ευρύτερης φιλοσοφίας του "Robust Ordinal Regression" (ROR, βλέπε Greco et al. 2008, 2010, Kadzinski et al., 2012a, 2012b, για παράδειγμα).

Έτσι, ανάλογα με τον αλγόριθμο επίλυσης επιλέγεται διαφορετική λύση, δηλαδή διαφορετικός συνδυασμός συντελεστών βαρύτητας. Ωστόσο, τα βάρη παίζουν σημαντικότερο ρόλο στον καθορισμό της συνολικής αξίας κάθε χώρας και κατ'επέκταση στην κατάταξη στην οποία θα καταλήξουμε. Αυτή την αβεβαιότητα θα επιχειρήσουμε να εξετάσουμε και να αντιμετωπίσουμε στο επόμενο κεφάλαιο, εισάγοντας την έννοια της ευστάθειας του μοντέλου.

3.2.4 Ανάλυση ευστάθειας προτεινόμενου μοντέλου

Το μοντέλο αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη όσο αξιόπιστο και αποτελεσματικό και αν θεωρηθεί, παρουσιάζει αποδεδειγμένα αστάθεια, λόγω της κατασκευής του μέσω αναλυτικής μεθόδου της οικογένειας UTA. Αυτή η αστάθεια εμφανίζεται στην εξαγωγή των προτιμησιακών δεδομένων (βάρη των κριτηρίων) μέσω μονότονης παλινδρόμησης, που εμφανίζει πληθώρα συμβατών αποτελεσμάτων. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η ανάλυση της ευστάθειας του μοντέλου και των λύσεων που προέκυψαν. Κατόπιν, το εύρος της αστάθειας και διακύμανσης των αποτελεσμάτων τίθεται σε διαβούλευση με τον αποφασίζοντα, και μόνο αν κριθεί ικανοποιητικό μπορούν τα τελικά αποτελέσματα να θεωρηθούν επαρκή και στέρεα.

Παρακάτω εμφανίζεται η μεθοδολογία ανάλυσης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων υπό τη μορφή διαγράμματος ροής. Η μεθοδολογία στην ουσία αποτελείται από δύο διαφορετικά είδη εργαλείων. Στην πρώτη περίπτωση εξετάζεται στατιστικά η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μέσω εξαγωγής πολλαπλών βαρών, συμβατών με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα διαμέσου της κατάταξης των φανταστικών χωρών. Το δεύτερο εργαλείο ανάλυσης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων, υπολογίζει την υψηλότερη και χαμηλότερη θέση στην κατάταξη κάθε χώρας κάνοντας χρήση τεχνικών γραμμικού προγραμματισμού.



Σχήμα 3.7: Προτεινόμενη μεθοδολογία ανάλυσης ευστάθειας του μοντέλου αξιολόγησης

Αλγόριθμος εντοπισμού κορυφών του πολυέδρου

Σε ένα πρώτο στάδιο, ο αναλυτικός εξαντλητικός Χαμιλτονιανός αλγόριθμος αναζήτησης Manas – Nedoma (1968) τέθηκε σε εφαρμογή για να προσδιορίσει και να καταγράψει τις κορυφές του υπερπολυέδρου που σχηματίζεται από τα διανύσματα των βαρών που ικανοποιούν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αυτός ο αλγόριθμος λαβυρίνθου εντοπίζει και καταγράφει όλες τις κορυφές ενός κυρτού Χαμιλτονιανού γραφήματος πραγματοποιώντας μετάβαση από μια κορυφή στην άλλη χρησιμοποιώντας διαδικασίες

Simplex. Η αναζήτηση σταματά και ο αλγόριθμος σταματά όταν εντοπιστούν και καταγραφούν όλες οι κορυφές του γραφήματος.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου Manas-Nedoma στο παρόν πρόβλημα κατέληξε στην καταγραφή 1664 κορυφών του οκταδιάστατου πολυέδρου. Στη συνέχεια, μέσω των κορυφών του, υπολογίστηκε το βαρύκεντρο του υπερπολυέδρου. Ένα δείγμα των κορυφών, μαζί με το βαρύκεντρο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.11: Δείγμα από τις 1664 κορυφές και το βαρύκεντρο τους όπως υπολογίστηκαν με βάση τον αλγόριθμο αναζήτησης Manas-Nedoma

Λύση	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
Sol#1	0.0369	0.3727	0.1185	0.1063	0.0966	0.1876	0	0.0811
Sol#100	0.0650	0.3402	0.1333	0.0925	0.0756	0.2078	0	0.0852
Sol#563	0.1307	0.2456	0.1523	0.0854	0.0725	0.1764	0.0265	0.1103
Sol#1030	0.0909	0.3255	0.1087	0.0977	0.1090	0.1701	0.0020	0.0957
Sol#1664	0.1373	0.2480	0.1540	0.1043	0.0583	0.1587	0.0358	0.1031
Βαρύκεντρο	0.1136	0.2764	0.1480	0.1071	0.0844	0.1675	0.0155	0.0872

Σε επόμενο στάδιο, το μοντέλο προσθετικής αξίας επιλύθηκε 1665 φορές, όσες και οι κορυφές του υπερπολυέδρου, και προέκυψαν έτσι 1665 κατατάξεις των χωρών. Τα αποτελέσματα κατόπιν, αναλύθηκαν στατιστικά και προέκυψαν τα ποσοστά εμφάνισης κάθε χώρας σε καθεμία θέση της κατάταξης, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3.12. Με κόκκινο εμφανίζεται η στατιστικά επικρατούσα θέση κάθε χώρας. Για παράδειγμα, η Γερμανία κατατάσσεται 6η στο 99% των κατατάξεων, όμως στο 1% αυτών ξεπερνιέται από την Εσθονία και κατατάσσεται 7η.

Τυχαία δειγματοληψία συμβατών σετ βαρών

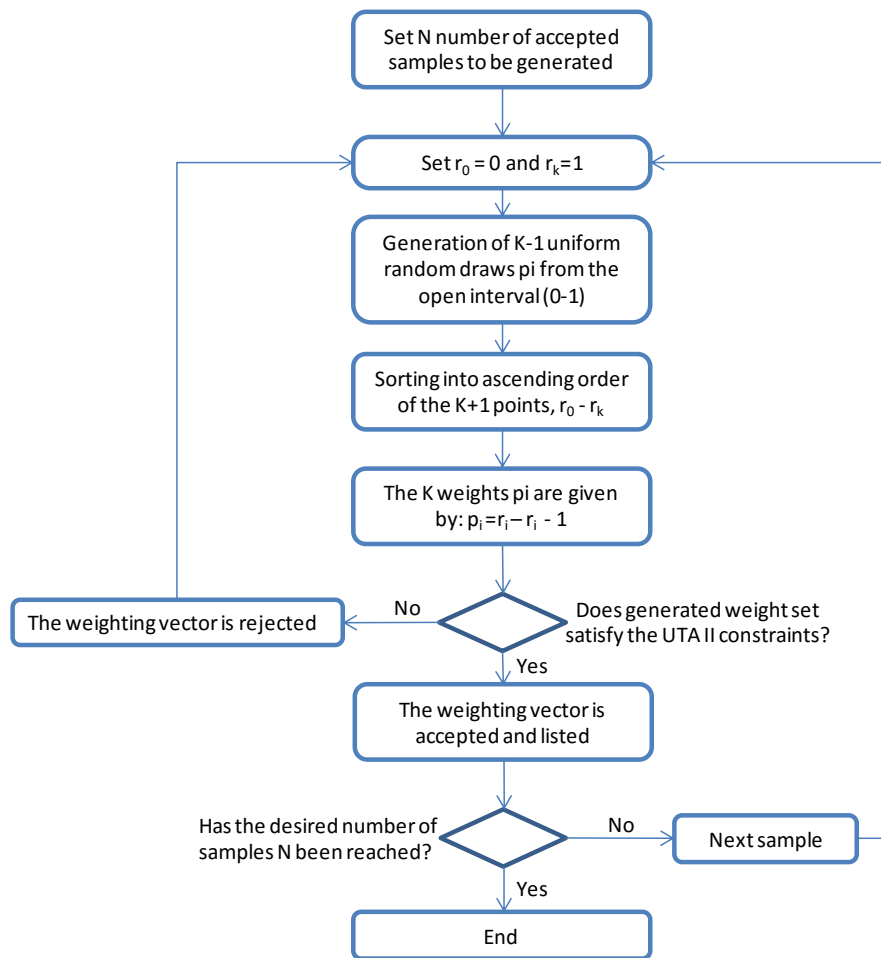
Η διαδικασία τυχαίας δειγματοληψίας βαρών, επίσης γνωστή ως Simplex Point Picking, έχει κοινά χαρακτηριστικά με την προηγούμενη μέθοδο, καθώς πάλι εντοπίζεται ένας μεγάλος αριθμός βαρών εντός του εφικτού υπερπολυέδρου, με τη διαφορά ότι αυτή τη φορά αναδύονται με τυχαίο τρόπο. Στη συνέχεια, για κάθε σετ, επιλύεται το μοντέλο προσθετικής αξίας που προκύπτει και τα αποτελέσματα διαχειρίζονται στατιστικά με τον ίδιο τρόπο.

Ο αλγόριθμος τυχαίας δειγματοληψίας έχει ως μοναδικό περιορισμό το άθροισμα των αριθμών που παράγονται να ισούται της μονάδας. Στη συνέχεια η μηχανή δειγματοληψίας επιλέγει τυχαία σετ βαρών και κατόπιν τα εξετάζει ένα προς ένα ως προς τη συμβατότητα τους με τους περιορισμούς της UTA II. Όσα, ελάχιστα από αυτά, ικανοποιούν τους περιορισμούς, γίνονται δεκτά και καταγράφονται. Τα υπόλοιπα απορρίπτονται. Ο αλγόριθμος σταματά όταν παραχθεί ο επιθυμητός αριθμός τυχαίων σετ βαρών. Το Σχήμα 3.7 απεικονίζει το διάγραμμα ροής του αλγορίθμου.

Πίνακας 3.12: Ποσοστά κατάταξης των χωρών

Χώρα	Πιθανή θέση στην κατάταξη	Ποσοστά κατάταξης
Σουηδία	1-2	95% - 5%
Ολλανδία	2-3	63% - 37%
Δανία	1-2-3	5% - 32% - 63%
Φινλανδία	4-5	52% - 48%
Ην. Βασίλειο	4-5	48% - 52%
Γερμανία	6-7	99% - 1%
Εσθονία	6-7-8	1% - 95% - 4%
Νορβηγία	7-8-9-10	4% - 74% - 18% - 4%
Γαλλία	8-9-10	19% - 63% - 17%
Σλοβενία	10-11	57% - 43%
Ισπανία	8-9-10-11	3% - 18% - 22% - 57%
Αυστρία	12 -13	63% - 37%
Βέλγιο	12-13	37% - 63%
Ιρλανδία	14	100%
Πορτογαλία	15	100%
Ουγγαρία	16 -17	80% - 20%
Σλοβακία	16 -17 -18	20% - 78% - 2%
Πολωνία	18 -19 -20	82% - 17% - 1%
Τσεχία	17 -18 -19	2% - 16% - 82%
Ιταλία	19 - 20	1% - 99%
Ελλάδα	21	100%

Η εκτέλεση του αλγορίθμου, σε περιβάλλον Matlab, κατέληξε στην παραγωγή N=1000 σετ βαρών των 8 κριτηρίων, που ικανοποιούν παράλληλα τους περιορισμούς του αποφασίζοντα (κατάταξη αναφοράς UTA II). Εν συνεχεία, αυτά τα σετ βαρών αποτέλεσαν τη βάση για την κατασκευή ισάριθμων μοντέλων προσθετικής αξίας. Αυτά επιλύθηκαν και έτσι προέκυψαν 1000 νέες τυχαίες κατατάξεις. Εκ νέου στατιστική επεξεργασία των κατατάξεων απέδειξε σχεδόν ταυτόσημα αποτελέσματα με αυτή του αλγορίθμου Manas Nedoma. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την ανεξαρτησία των αποτελεσμάτων - κατατάξεων από την ακραιότητα των σετ βαρών που επιλέγονται, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τυχαία δειγματοληψία επιλέγει και σετ βαρών στο εσωτερικό του υπερπολυέδρου, τα οποία δεν εμφανίζονται σε καμία περίπτωση με τον Manas – Nedoma.



Σχήμα 3.7: Διάγραμμα ροής του αλγορίθμου τυχαίας δειγματοληψίας βαρών

Κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου δειγματοληψίας παρατηρήθηκε μεγάλη δυσκολία εντοπισμού σετ βαρών που ικανοποιούσαν τους περιορισμούς του αποφασίζοντα, λόγω του σχετικού μικρού όγκου του οκταδιάστατου υπερπολυέδρου. Ενδεικτικά, ένα στα 9 εκατομμύρια δείγματα έγινε αποδεκτό. Προσδιορίζεται, έτσι η σχετικότητα R του όγκου VA του εφικτού υπερπολυέδρου σε σχέση με τον όγκο των βαρών VT.

$$R = \frac{V_A}{V_T} = \frac{1}{9,000,000} = 1.1 \cdot 10^{-7}$$

Ένας άλλος αλγόριθμος τυχαίας διεγματοληψίας, είναι ο Hit and Run του Lovasz (1999), όπως προσαρμόστηκε από τους Termonen et al. (2012) για την περίπτωση βαρών κριτηρίων και προτείνεται για την δειγματοληψία σε προβλήματα μεγαλύτερης πολυπλοκότητας. Όμως, η χρήση του Hit and Run, δε μπορεί να δώσει εικόνα στον αναλυτή της σχετικότητας του όγκου του υπερπολυέδρου.

Ανάλυση ακραίων θέσεων - Extreme Ranking Analysis

Ο αλγόριθμος extreme ranking analysis (ERA, Kadzinski et al., 2012a) αποτελεί έναν πρόσφατα προτεινόμενο αλγόριθμο που υπολογίζει την βέλτιστη και χειρίστη θέση κατάταξης μιας εναλλακτικής, χρησιμοποιώντας τεχνικές ακέραιου προγραμματισμού. Για εκτενή περιγραφή του αλγορίθμου, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο άρθρο των Kadzinski et al (2012a). Η υλοποίηση του αλγορίθμου για το πρόβλημα της αξιολόγησης της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης πραγματοποιήθηκε στην πλατφόρμα GAMS. Τα αποτελέσματα κατάταξης κάθε χώρας εμφανίζονται στο διάγραμμα του Σχήματος 3.8.



Σχήμα 3.8: Διάγραμμα ακραίων θέσεων κάθε χώρας

Επιπλέον, σαν μέτρο μέτρησης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων της ERA, υπολογίζουμε το μέσο όρο (E) του εύρους θέσεων κατάταξης των χωρών. Πιο συγκεκριμένα είναι:

$$E = 2.8 \text{ θέσεις.}$$

Να σημειωθεί ότι όποια ασυμβατότητα των αποτελεσμάτων του ERA με τα στατιστικά αποτελέσματα των δύο προηγούμενων μεθόδων, οφείλεται στην επίλυση του προβλήματος αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης με διαφορετικού αποφασίζοντες και επομένως διαφορετικά προτιμησιακά δεδομένα.

4. Συμπεράσματα

Η χρήση των τεχνικών ανάλυσης και βελτίωσης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων που παρέχονται από την εφαρμογή αναλυτικών-συνθετικών διαδικασιών σε δύο πραγματικά προβλήματα ανέδειξε ότι οι συγκεκριμένες τεχνικές μπορούν να βοηθήσουν τόσο στη βελτίωση της ευστάθειας των αποτελεσμάτων όσο και στην ανάλυση της, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στο αναλυτή για την παροχή περισσότερο αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, η μοντελοποίηση των πρόσθετων πληροφοριών και περιορισμών στη μεθοδολογία MUSA είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του υπερπολυέδρου των εφικτών λύσεων και της διακύμανσης των βαρών των κριτηρίων και κατ' επέκταση τη σημαντική βελτίωση του μέσου δείκτη ευστάθειας. Ταυτόχρονα, τα συμπεράσματα και οι ενέργειες βελτίωσης που προτείνονται κατά την εφαρμογή της επέκτασης της μεθόδου MUSA δεν διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτά του βασικού μοντέλου, ενισχύοντας έτσι την ισχύ των συμπερασμάτων.

Από την άλλη, το μοντέλο αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη όσο αξιόπιστο και αποτελεσματικό και αν θεωρηθεί, παρουσιάζει αστάθεια λόγω της κατασκευής του μέσω αναλυτικής μεθόδους της οικογένειας UTA. Ωστόσο, η εφαρμογή των τεχνικών ανάλυσης της ευστάθειας στις οποίες περιλαμβάνεται η ανάλυση των κορυφών του πολυέδρου των εφικτών λύσεων, η δειγματοληψία λύσεων εντός του πολυέδρου και η εφαρμογή του αλγορίθμου ανάλυσης των ακραίων θέσεων (Extreme Ranking Analysis) έδωσε τη δυνατότητα για τη δημιουργία ενός όσο το δυνατόν περισσότερο αξιόπιστου μοντέλου.

Βιβλιογραφία

- Charnes A. and W.W. Cooper (1961). Management models and industrial applications of linear programming, Vol I, Wiley, New York.
- Despotis D. K., D. Yannacopoulos and C. Zopounidis (1990). A review of the UTA multicriteria method and some improvements, *Foundation of Computing and Decision Science*, (15), 2, 63-76.
- Doumpos, M. and C. Zopounidis (2002). Multicriteria decision aid classification methods. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Economist Intelligence Unit. Digital economy rankings (2010). Beyond e-readiness. Retrieved August 20 (2013). from http://www.935.ibm.com/services/us/gbs/bus/pdf/eiu_digital-economy-rankings-2010_final_web.pdf.
- European Commission (2010). Digitizing public services in Europe: putting ambition into action, 9th benchmark measurement. Brussels: Directorate General Information Society and Media.
- Greco S., Mousseau V. and Słowiński R. (2008). Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions, *European Journal of Operational Research*, 191 (2), 416-436.
- Greco S., Słowiński R., Figueira J. and Mousseau V. (2010). Robust ordinal regression, Chapter 8 in: M. Ehrgott, S. Greco, and J. Figueira (eds.), *Trends in multiple criteria decision analysis*, Springer, Berlin.
- Grigoroudis, E. and O. Spiridaki (2003). Derived vs. stated importance in customer satisfaction surveys, *Operational Research: An International Journal*, 3 (3), 229-247.
- Grigoroudis, E. and Y. Siskos (2002). Preference disaggregation for measuring and analysing customer satisfaction: The MUSA method, *European Journal of Operational Research*, 143 (1), 148-170.
- Grigoroudis, E., Y. Politis, O. Spiridaki, and Y. Siskos (2004). Modelling importance preferences in customer satisfaction surveys, in: C.H. Antunes, J. Figueira, and J. Climaco (eds.), *Proceedings of the 56th Meeting of the European Working Group "Multiple Criteria Decision Aiding"*, INESC Coimbra, 273-291.
- Hwang C. L. and Masud A. S. M. (1979). Multiple objective decision making, methods and applications. Springer-Verlag. Berlin.
- 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.
- Kadzinski M., Greco S. and Slowinski R. (2012a). Extreme ranking analysis in robust ordinal regression, *Omega*, 40, pp. 488–501.

- Kadzinski M., Greco S. and Slowinski R. (2012b). Selection of a representative value function in robust multiple criteria ranking and choice, *European Journal of Operational Research*, 217, pp. 541-553.
- Keeney RL and Raiffa H. (1976). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. New York. John Wiley and Sons.
- Lovasz L. (1999). Hit-and-run mixes fast, *Mathematical Programming*, 86, pp. 443–461.
- Manas M. and Nedoma J. (1968). Finding all vertices of a convex polyhedron, *Numerische Mathematik*, Vol. 14, pp. 226-229.
- Naumann E. and K. Giel (1995). *Customer satisfaction measurement and management: Using the voice of the customer*, Thomson Executive Press, Cincinnati.
- Roy B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la decision*, Economica, Paris.
- Siskos E., Askounis D. and Psarras J. (2014). Multicriteria decision support for global e-government evaluation, *Omega*, 46, pp. 51-63.
- Siskos Y. (1984). Le traitement des solutions quasi-optimales en programmation linéaire continue: Une synthèse, *RAIRO Recherche Opérationnelle*, 18, 382-401.
- Siskos Y. (1985). Analyses de régression et programmation linéaire, *Révue de Statistique Appliquée* XXXII, 41-55.
- Siskos Y. and D. Yannacopoulos (1985). UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions, *Investigação Operacional*, (5), 1, 39-53.
- Siskos Y., Spyridakos A. and Yannacopoulos D. (1999). Using artificial intelligence and visual techniques into preference disaggregation analysis: The MIIDAS system, *European Journal of Operational Research*, 113, pp. 281-299.
- Steuer R. E. (1985). *Multiple criteria optimization, Theory, Computation and Application*. Wiley. New York.
- Tervonen T., Valkenhoef G.V., Baştürk N. and Postmus D. (2012). Hit-And-Run enables efficient weight generation for simulation-based multiple criteria decision analysis, *European Journal of Operational Research*, 224, pp. 552-559.
- United Nations (2012). *E-government survey 2012, E-government for the people; 2012*. Retrieved November 10.
- Van de Panne C. (1975). *Methods for linear and quadratic programming*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Zeleny, M. (1982). *Multiple criteria decision making*, McGraw-Hill, New York.
- Zorounidis, C. and Doumpos M. (2001). A preference disaggregation decision support system for financial classification problems. *European Journal of Operation Research*, 130 (2), 402-413.
- Γρηγορούδης Ε., Ι. Σίσκος (2000). *Ποιότητα υπηρεσιών και μέτρηση ικανοποίησης του πελάτη*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Σίσκος Ι. (1998). *Γραμμικός Προγραμματισμός*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Σταθόπουλος Ι., Παπαθανασίου Γ., (2000). Έρευνα ικανοποίησης στην εταιρεία κινητής τηλεφωνίας, *Μεταπτυχιακή εργασία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο & Οικονομικό

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Διοίκηση επιχειρήσεων».