

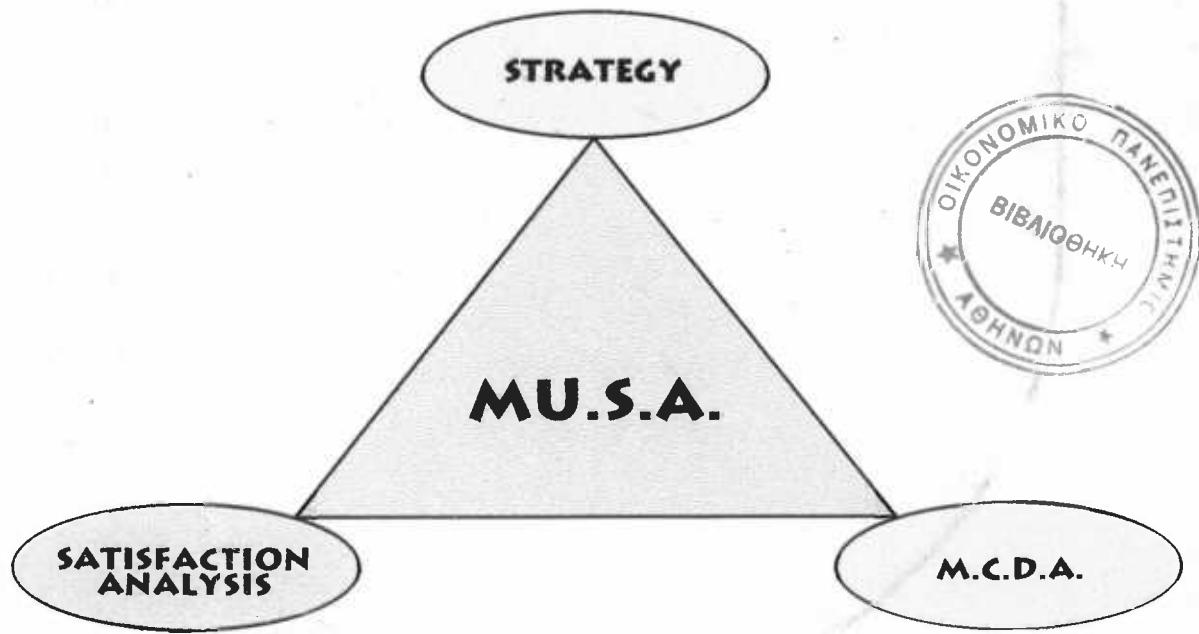


ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ Μ.Β.Α.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ  
εισ. 76312  
Αρ.  
παξ.

Μεταπτυχιακή εργασία στο γνωστικό  
αντικείμενο της Επιχειρησιακής Έρευνας

# ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΛΑΤΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ M.U.S.A.



Επιβλέπων Καθηγητής:

Σίσκος Ιωάννης

Επιμέλεια:

Αρφαράς Γεώργιος

Αριθμός Μητρώου:

302

Περίοδος εξέτασης της εργασίας:

Ιούνιος 2004

ΑΘΗΝΑ



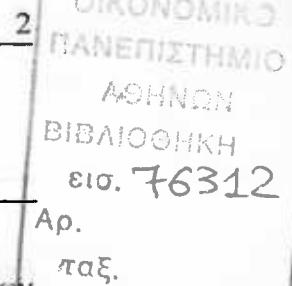
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ



0 000000 521277



## ΣΥΝΟΨΗ



Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία διερευνά εναλλακτικούς τρόπους καθορισμού των συναρτήσεων αξιών και των βαρών των κριτηρίων των πελατών χρησιμοποιώντας ως βάση το υπάρχον σύστημα μέτρησης της ικανοποίησης MUSA. Ειδικότερα, μελετώνται τεχνικές εκτίμησης των συλλογικών μεγεθών που υπολογίζουν ξεχωριστά τις συναρτήσεις ικανοποίησης και τα βάρη και βασίζονται σε περισσότερα δεδομένα από αυτά που παρέχει το σημερινό ερωτηματολόγιο της MUSA. Αναπτύχθηκαν εναλλακτικά μοντέλα, τα οποία και αξιολογήθηκαν με μία εμπειρική συγκριτική ανάλυση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης στο σημερινό σύστημα, κυρίως όσον αφορά τον υπολογισμό των περιθώριων συναρτήσεων αξιών.

## ABSTRACT

This MBA thesis explores several alternative methods for determining the customers' satisfaction functions and weights of criteria by using the customer satisfaction analysis system, MUSA, as a basis. To be more specific, the techniques studied are those which estimate the collective satisfaction functions and the collective weights separately, and are based on more information than that provided by the current MUSA questionnaires. Several models have been developed and evaluated using an empirical comparative analysis. The results have shown that there is certainly room for improvement in the contemporary MUSA system, as far as the estimation of the marginal value functions is concerned.



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας βρισκόμουν σε συνεχή επαφή με τον επιβλέποντα καθηγητή για την πορεία που θα έπρεπε να ακολουθήσει η μελέτη και ομολογουμένως οι συμβουλές και οι υποδείξεις του αποτέλεσαν σημαντική αρωγή στην προσπάθειά μου. Ήταν ήθελα να εκφράσω, λοιπόν, τις ευχαριστίες μου στον κύριο Ιωάννη Σίσκο για την πολύτιμη και αποτελεσματική καθοδήγηση του. Τόσο οι υψηλού επιπέδου γνώσεις και πείρα του, όσο και η πρόθυμη συμπαράστασή του, αποτέλεσαν ιδανικές συνθήκες για την πραγμάτωση του παρόντος εγχειρήματος.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>6</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....</b>	<b>9</b>
2.1. Έρευνες Ικανοποίησης του Πελάτη.....	9
2.2. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων .....	11
2.2.1. Πολυκριτήρια Θεωρία Συστημάτων Αξιών .....	14
2.2.2. Αναλυτική – Συνθετική προσέγγιση .....	18
2.3. Το Σύστημα MUSA .....	19
2.3.1. Βασική ανάπτυξη του μοντέλου .....	19
2.3.2. Δείκτες .....	25
2.3.3. Διαγράμματα .....	29
2.3.4. Επεκτάσεις .....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ .....</b>	<b>35</b>
3.1. Στόχος .....	35
3.2. Προδιαγραφές Αλγορίθμων.....	35
3.3. Έρευνα Υπαρχόντων Εναλλακτικών Τεχνικών.....	36
3.4. MUSA A: Άμεση Εκμαίευση των Συναρτήσεων Αξιών .....	38
3.4.1. MUSA A1 .....	39
3.4.2. MUSA A2 .....	42
3.4.3. MUSA A3 .....	44
3.5. MUSA B: Χρήση Δύο Ερωτηματολογίων .....	45
3.5.1. MUSA B1 .....	47
3.5.2. MUSA B2 .....	49
3.6. MUSA C: Προσαρμογή Καμπυλών.....	51
3.6.1. MUSA C1 .....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ .....</b>	<b>59</b>
4.1. Σχεδιασμός των Πειράματος.....	59
4.1.1. Καθορισμός παραμέτρων – 1 <sup>ο</sup> στάδιο .....	60
4.1.2. Καθορισμός ιδιοτήτων συνόλου δεδομένων – 2 <sup>ο</sup> στάδιο .....	61
4.1.3. Δημιουργία συνόλου δεδομένων – 3 <sup>ο</sup> στάδιο .....	62
4.2. Αποτελέσματα: MUSA .....	63
4.3. Αποτελέσματα: MUSA A1 .....	65
4.4. Αποτελέσματα: MUSA A2 .....	66
4.5. Αποτελέσματα: MUSA A3 .....	67
4.6. Αποτελέσματα: MUSA B1 .....	69
4.7. Αποτελέσματα: MUSA B2 .....	70
4.8. Αποτελέσματα: MUSA C1 .....	71
4.9. Τελικά Συμπεράσματα .....	73



<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....</b>	77
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	79
6.1. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία .....	79
6.2. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία .....	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	85
7.1. Λογισμικό.....	86
7.1.1. Δημιουργία δεδομένων πειράματος .....	86
7.1.2. Lingo και αποτελέσματα .....	100
7.2. Τεχνικές στην MAVT .....	102
7.2.1. Συναρτήσεις αξιών .....	102
7.2.2. Συντελεστές βάρους .....	103
7.3. Τυχαία Δεδομένα Πειράματος.....	105
7.4. Μοντέλα Lingo .....	130
7.5. Διαγράμματα Αποτελεσμάτων Πειράματος.....	145
7.6. MUSA C1.....	148
7.6.1. Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης $Y^*$ .....	148
7.6.2. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_1^*$ .....	149
7.6.3. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_2^*$ .....	150
7.6.4. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_3^*$ .....	151
7.6.5. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_4^*$ .....	152
7.6.6. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_5^*$ .....	153

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέτρηση της ικανοποίησης του πελάτη, σήμερα, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα ενδιαφέροντος των επιχειρήσεων (Γρηγορούδης, & Σίσκος, 2000). Η σημαντικότητα της υψηλής ικανοποίησης των πελατών ανάγεται στο γεγονός ότι σχετίζεται με την πελατειακή πίστη<sup>1</sup> (Grigoroudis, E., et al., 2002), την κερδοφορία<sup>2</sup> (Vavra, 1995, 1997, Pruden et al., 1996), την ανταγωνιστική θέση της εταιρίας και σε τελευταία ανάλυση με την ίδια την επιβίωσή της<sup>3</sup>. Η ώθηση για τη συνειδητοποίηση των άνω δόθηκε στο παρελθόν από τη γέννηση της ίδιας της πελατοκεντρικής φιλοσοφίας του Marketing και τη μετατροπή της λογικής ‘Inside-Out’<sup>4</sup> σε ‘Outside-In’.

Για να ελέγχεται, όμως, κάτι πρέπει και να μπορεί να μετράται τρόπον-τίνα (Drucker, 1961, 1973), ώστε να υπάρχουν θεμέλια για την ανόρθωση μίας ουσιαστικής συνεχούς βελτίωσης. Η (ποσοτική) μέτρηση εν γένει και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των ανταγωνιστών<sup>5</sup> (ιδίως έναντι του «καλύτερου» ανταγωνιστή) ή τα κλαδικά είναι απαραίτητη, γιατί:

- Δίνεται η δυνατότητα για ουσιαστική συνεχή βελτίωση, στοχοθέτηση και έλεγχο (Hamel, G, & Prahalad, C.K., 1996).
- Αποσαφηνίζονται έννοιες αφηρημένες (όπως η ικανοποίηση του πελάτη) και μπορεί να κατευθυνθεί η εργασία του προσωπικού προς τη σωστή κατεύθυνση.
- Υποκινείται το ανθρώπινο δυναμικό αποτελεσματικά έχοντας την αντίληψη ότι την πίεση την ασκεί ο ανταγωνισμός και όχι η διοίκηση (Hamel, G, & Prahalad, C.K., 1996).
- Αποτελεί ένα αντικειμενικό μέτρο απόδοσης.
- Μπορεί να αποσαφηνίσει το πώς πρέπει να βελτιωθεί και με ποιους τρόπους.

Η μέτρηση της ικανοποίησης του πελάτη, επιπλέον, προσφέρει (Customers Satisfaction Council, 1995, Dutka, 1995):

<sup>1</sup> Στις περισσότερες περιπτώσεις η ικανοποίηση του πελάτη είναι μία αναγκαία, αλλά όχι ικανή συνθήκη για την πίστη.

<sup>2</sup> Ειδικότερα πιστεύεται ότι η ικανοποίηση των πελατών είναι αναγκαία, αλλά όχι ικανή συνθήκη για την κερδοφορία μιας επιχείρησης.

<sup>3</sup> Η επιβίωση θεωρείται, πλέον, ο έσχατος στόχος κάθε οργανισμού (Λαδόπουλος, 1998).

<sup>4</sup> Χαρακτηριστικό παράδειγμα της λογικής αυτής είναι εκείνο του Ford που κάποτε είπε: «Φτιάξτε αυτοκίνητα, αλλά να είναι όλα μαύρα!».

<sup>5</sup> Μία διαδικασία αυτοαξιολόγησης γνωστή ως benchmarking.

- Τη δυνατότητα στην επιχείρηση να αντιληφθεί την τρέχουσα κατάσταση της αγοράς και να διαμορφώσει ανάλογα τα μελλοντικά της προγράμματα.
- Την αποκάλυψη της δυσαρέσκειας μερίδας πελατών που για κάποιο λόγο δεν εξωτερικεύουν αλλιώς (π.χ. με παράπονα στην εταιρία) τη στάση τους.
- Πληροφορίες για πιθανές ευκαιρίες στην αγορά.
- Τη δυνατότητα για κατανόηση των αντιλήψεων, αναγκών, επιθυμιών και προσδοκιών των πελατών. Ως αποτέλεσμα αμβλύνονται οι διαφορές στις αντιλήψεις της διοίκησης και των πελατών.
- Τη δυνατότητα για συνεχή βελτίωση του οργανισμού προς την κατεύθυνση των αναγκών και επιθυμιών των πελατών.

Η MU.S.A. (MUlticriteria Satisfaction Analysis) αποτελεί μία σύγχρονη προσέγγιση στο πρόβλημα της μέτρησης της ικανοποίησης του πελάτη. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι σέβεται την ποιοτική φύση των αποκρίσεων των πελατών στα ερωτηματολόγια και αποτελεί τόσο ένα εργαλείο benchmarking όσο και ένα σύστημα υποστήριξης στρατηγικών αποφάσεων, όσον αφορά τη διαχείριση του προϊοντικού χαρτοφυλακίου μίας εταιρίας.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση και ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών, που θα ήταν σε θέση να βελτιώσουν τα αποτελέσματα της μεθόδου MU.S.A. Ειδικότερα, αναζητούνται τεχνικές υπολογισμού που εξάγουν τους συντελεστές βάρους των διαστάσεων ικανοποίησης και τις συναρτήσεις ικανοποίησης ξεχωριστά, εκμεταλλευόμενες περισσότερες πληροφορίες από τα διανεμόμενα ερωτηματολόγια.

Η δομή της εργασίας περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια (πέραν της εισαγωγής):

- Κεφάλαιο 2: Σύντομο θεωρητικό υπόβαθρο για την Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων, στην οποία βασίζεται η MUSA, και η ίδια η μεθοδολογία του συστήματος MUSA.
- Κεφάλαιο 3: Παράθεση των προτεινόμενων εναλλακτικών αλγορίθμων υπολογισμού.
- Κεφάλαιο 4: Συγκριτική αξιολόγηση των αλγορίθμων, βασιζόμενη σε μία δοκιμασία με πλασματικά δεδομένα.

- Κεφάλαιο 5: Επίλογος, όπου και παρατίθενται προτάσεις για τη μελλοντική πορεία της έρευνας.

Το Παράρτημα περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα συνοδευτικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πραγματοποίηση αυτού του εγχειρήματος.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ**

### **2.1. ΕΡΕΥΝΕΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΛΑΤΗ**

Για τη μέτρηση της ικανοποίησης έχουν στο παρελθόν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα διαφορετικά βασιζόμενες σε διαφορετικά θεμέλια και υποθέσεις. Ακόμα, και η ίδια ικανοποίηση ως έννοια ορίζεται διαφορετικά. Σήμερα, οι πιο δημοφιλείς ορισμοί της ικανοποίησης είναι εκείνοι που την ορίζουν ως ένα μέτρο για το κατά πόσο ένα προσφερόμενο ολικό προϊόν ή υπηρεσία εκπληρώνει τις προσδοκίες του πελάτη. Αυτή η προσέγγιση έχει δεχθεί κριτική<sup>6</sup>, γι' αυτό και συνυπάρχει με άλλες που διαφοροποιούνται σε διάφορα σημεία<sup>7</sup>. Τονίζεται ότι οι ορισμοί ικανοποίησης, όπως και του «πελάτη», διαφέρουν και ανάλογα με το αντικείμενο εστίασης και το επίπεδο αποσαφήνισης<sup>8</sup>.

Οι πιο σπουδαίες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, όσον αφορά τη μέτρηση και την ανάλυση της ικανοποίησης του πελάτη, μεταξύ άλλων είναι (Γρηγορούδης, & Σίσκος, 2000):

- Ποσοτικές μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων:** Περιγραφική Στατιστική, Ανάλυση Πολλαπλής Παλινδρόμησης, Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis), Ανάλυση Probit και Logit, Διακριτική Ανάλυση (Discriminant Analysis), Ανάλυση Συζυγιών (Conjoint Analysis), Περιβάλλοντα Ανάλυση Δεδομένων (Data Envelopment Analysis), Πολυδιάστατη Ανάλυση Αναλογιών (Multidimensional Scaling), Δομικά Μοντέλα Εξισώσεων (Structural Equation Models), Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster Analysis), Γραφικά Μοντέλα (Probability Plotting Methods).

<sup>6</sup> «Όταν οι προσδοκίες των πελατών δεν είναι υψηλές, ενδέχεται να δημιουργούνται ασυνέπειες στην ανάλυση της συμπεριφορά των πελατών», (Dutka, 1995). «Η ικανοποίηση έτσι όπως ορίζεται αποτελεί μέτρο του κατά πόσο καλά μπορεί ο πελάτης να προβλέψει το επίπεδο που ένα προϊόν / υπηρεσία θα τον ικανοποιήσει», (Zifko-Baliga, 1998).

<sup>7</sup> Χαρακτηριστική είναι η προσέγγιση των Spreng & Olshavsky (1992) που πιστεύουν ότι η σύγκριση της απόδοσης ενός προϊόντος ή υπηρεσίας θα πρέπει να γίνεται με τις επιθυμίες των πελατών και όχι με τις προσδοκίες τους.

<sup>8</sup> Για παράδειγμα αναφέρεται ικανοποίηση από προϊόν, από εμπειρία απόφασης αγοράς, από εμπειρία κατανάλωσης – χρήσης κ.ο.κ. Αντίστοιχα ένας πελάτης μπορεί να είναι τρέχων, προγενέστερος, δυνητικός, εσωτερικός ή εξωτερικός.

2. **Προσέγγιση ποιότητας<sup>9</sup>:** Αμερικανικό βραβείο ποιότητας Malcolm Baldridge, Ευρωπαϊκό μοντέλο ποιότητας EQA, Ιαπωνικό μοντέλο Deming, Μοντέλο Ιδεώδους Σημείου, Μοντέλο ServQual.
3. **Μοντέλα συμπεριφοράς του καταναλωτή<sup>10</sup>:** Μοντέλο Διάψευσης Προσδοκίας (Expectancy disconfirmation Model), Θεωρίες Υποκίνησης (Motivation Theories), Θεωρία Δικαιοσύνης (Equity Theory), Θεωρία της Μετάνοιας (Regret Theory).
4. **Άλλες μεθοδολογικές προσεγγίσεις:** Πελατειακή Πίστη (Customer Loyalty), Μοντέλο του Kano, Μοντέλο του Fornell.

Εξετάζοντας το σύνολο των διαφορετικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων παρατηρούνται οι κάτωθι ομοιότητες (Γρηγορούδης, Ε., & Σίσκος, Γ. (2002)):

1. Τα δεδομένα του προβλήματος είναι βασισμένα στις κρίσεις των πελατών και θα πρέπει να συλλέγονται άμεσα από αυτούς.
2. Το πρόβλημα της μέτρησης της ικανοποίησης είναι ένα πολυδιάστατο πρόβλημα αξιολόγησης, αφού η συνολική ικανοποίηση εξαρτάται από ένα σύνολο μεταβλητών - διαστάσεων που αντιστοιχούν σε πτυχές - χαρακτηριστικά του προσφερόμενου προϊόντος ή υπηρεσίας.
3. Στις περισσότερες περιπτώσεις μία προσθετική συνάρτηση χρησιμοποιείται για το συσχετισμό των επιμέρους αξιολογήσεων των χαρακτηριστικών με ένα μέτρο της συνολικής ικανοποίησης.

Πολλές από τις άνω μεθόδους δε «σέβονται» την ποιοτική φύση των αποκρίσεων των πελατών. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις, οι μετρήσεις δεν είναι αρκετά επαρκείς όσον αφορά την ανάλυση εις βάθος της ικανοποίησης των πελάτη, γιατί τα αποτελέσματα των αντίστοιχων μοντέλων εστιάζουν την προσοχή τους κυρίως σε απλή περιγραφική ανάλυση. Η μέθοδος M.U.S.A. (MUlticriteria Satisfaction

<sup>9</sup> Η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας ενοποιεί το σύνολο των δραστηριοτήτων του οργανισμού που επηρεάζουν την ποιότητα. Τα μοντέλα ολικής ποιότητας στοχεύουν στη συνεχή βελτίωση των προϊόντων και των υπηρεσιών ενός οργανισμού, ενώ μέτρο σύγκρισης επιδόσεων (benchmark) είναι οι επιδόσεις του καλύτερου ανταγωνιστή, σε κάθε κατηγορία αντίστοιχα. Η ικανοποίηση των πελατών αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για την ανάπτυξη μιας διαδικασίας ολικής ποιότητας, δεδομένου ότι αυτή βασίζεται στις ανάγκες, τις προσδοκίες και γενικότερα τα πρότυπα των πελατών.

<sup>10</sup> Το γενικευμένο μοντέλο της ανάλυσης συμπεριφοράς του καταναλωτή θεωρεί την ψυχολογία του ως ένα 'μαύρο κουτί', το οποίο μεσολαβεί ανάμεσα στην αξιολόγηση της απόδοσης του προϊόντος και της ικανοποίησης ή δυσαρέσκειας του πελάτη. Τα διάφορα μοντέλα συμπεριφοράς του καταναλωτή προσπαθούν να περιγράψουν και να εξηγήσουν τι ακριβώς συμβαίνει σε αυτό το μαύρο κουτί.

Analysis) ξεπερνά αυτά τα προσκόμματα. Είναι βασισμένη στο ρεύμα της Αναλυτικής-Συνθετικής προσέγγισης της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων, για την οποία γίνεται λόγος ακολούθως.

## **2.2. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

Τα προβλήματα που αντιμετώπιζε η Επιχειρησιακή Έρευνα μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '70 αφορούσαν αποφάσεις με ένα κριτήριο (αναπαριστά μία επίπτωση της απόφασης). Ήταν είχαν αναπτυχθεί και οι γνωστές τεχνικές βελτιστοποίησης (Γραμμικός Προγραμματισμός, Τετραγωνικός Προγραμματισμός, Κυρτός Προγραμματισμός κλπ). Στη συνέχεια, η ανάγκη για αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονταν με απόφαση που επηρέαζε πολλά κριτήρια έδωσε την ώθηση για την ανάπτυξη της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Ειδικότερα:

**Η πολυκριτηριακή ή πολυκριτήρια ανάλυση (Multi-Criteria Analysis)** περιλαμβάνει ένα σύνολο μεθόδων, μοντέλων και προσεγγίσεων που έχουν ως στόχο να βοηθήσουν έναν ή περισσότερους αποφασίζοντες να χειριστούν ημιδομημένα προβλήματα απόφασης με πολλαπλά κριτήρια (Siskos, & Spyridakos, 1999).

Από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της MCDA (MultiCriteria Decision Aid) ήταν γνωστό ότι στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν υπήρχε αντικειμενική βέλτιστη λύση (ταυτόχρονη βελτιστοποίηση όλων των «αντικειμενικών συναρτήσεων»), γι' αυτό και δόθηκε σημασία στην ανάπτυξη μεθόδων που λαμβάνουν υπόψιν τις υποκειμενικές προτιμήσεις του D.M., ώστε να παρακαμφθεί το άνω εμπόδιο<sup>11</sup>. Τέσσερα βασικά θεωρητικά ρεύματα, λοιπόν, αναπτύχθηκαν:

1. **Η πολυκριτήρια θεωρία συστημάτων αξιών ή χρησιμότητας (MultiAttribute Value / Utility Theory):** Έχει ως στόχο την κατασκευή ενός συστήματος αξιών που συνθέτει τις προτιμήσεις του DM στο σύνολο των κριτηρίων. Χρησιμοποιείται μετά η συνάρτηση που συνθέτει τα επιμέρους κριτήρια για την αξιολόγηση των εναλλακτικών δράσεων και την τελική επιλογή. Το συγκεκριμένο ρεύμα θεωρείται προϊόν της Αμερικανικής Σχολής της Πολυκριτήριας Ανάλυσης. Τις βάσεις του ρεύματος έθεσε ο Debreu και τη σημαντικότερη προώθηση έδωσαν οι Keeney και Raiffa το 1976. Αν και παρέχει καλή υποστήριξη στην

<sup>11</sup> Για αυτό και όλες οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί είναι λίγο – πολύ διαλεκτικές (interactive) όσον αφορά τον ερευνητή και το DM.

τελική επιλογή, βασίζεται σε πολύ «ισχυρές» και άκαμπτες προϋποθέσεις και υποθέσεις. Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί διαφοροποιούνται στον τρόπο που «κατασκευάζεται» η ολική συνάρτηση αξιών / χρησιμότητας. Μερικές φορές οι επιστήμονες κατατάσσουν σε αυτό το ρεύμα την Analytic Hierarchy Process και την Aggregation – Disaggregation Approach.

2. Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής (**Outranking Relation Approach**): Αποτελεί πόνημα της Γαλλικής Σχολής της Πολυκριτήριας Ανάλυσης. Έχει ως στόχο τη δημιουργία σχέσεων υπεροχής μεταξύ δράσεων απόφασης, πράγμα που επιτρέπει την ασυγκρισιμότητα μεταξύ τέτοιων δράσεων. Η συγκεκριμένη προσέγγιση υποστηρίζει το DM στη λήψη μίας «καλής - ικανοποιητικής» απόφασης, δεδομένου ότι καταλήγει σε δομές μερικής προτίμησης δράσεων. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί περιλαμβάνουν τις ELECTRE I, II, III, IV, IS και TRI, PROMETHEE, MELCHIOR, TACTIC, ORESTE, QUALIFLEX.
3. Η βελτιστοποίηση πολυκριτήριου προγραμματισμού (**MultiObjective Optimization Approach**): Αποτελεί μία επέκταση του μαθηματικού προγραμματισμού με στόχο την επίλυση προβλημάτων με συνεχείς εναλλακτικές ενέργειες και περισσότερες από μια αντικειμενικές συναρτήσεις. Η τελική λύση επιλέγεται μέσω μίας διαλεκτικής εργασίας. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί περιλαμβάνουν τις Goal Programming, STEM, Μέθοδος Ικανοποιητικών Στόχων, Μέθοδος Σημείου Αναφοράς. •
4. Η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση (**Aggregation – Disaggregation Approach**): Έχει στόχο την αναζήτηση και προσέγγιση της συλλογιστικής του DM με τελικό αποτέλεσμα την πληρέστερη διερεύνησή της. Το στάδιο της αποσύνθεσης της συλλογιστικής του DM μέσα από διαλεκτικές μεθόδους επιτρέπει την πραγματοποίηση του σταδίου της σύνθεσης, όπου όπως και στο πρώτο ρεύμα πολυκριτήριας ανάλυσης υπολογίζεται μία «αξία» για κάθε εναλλακτική δράση. Η πρώτη αμιγής μέθοδος αυτού του ρεύματος ήταν η UTA (Jacquet-Lagrèze, E., & Siskos, Y., 1978) και ακολούθησαν οι UTASTAR, UTA II, UTADIS, UTAMP1, UTAMP2, MACBETH κ.α.

Το γενικό πλαίσιο μοντελοποίησης προβλημάτων στο πεδίο της πολυκριτήριας ανάλυσης οριοθετείται από τέσσερα διαδοχικά και αλληλεπιδρώντα στάδια (Σίσκος, 1981, 1986):



1o) **Αντικείμενο της απόφασης:** Η απόφαση αναλύεται σε ένα πεπερασμένο ή συνεχές σύνολο δράσεων  $A$  και ορίζεται σε αυτό μία προβληματική. Σύμφωνα με Roy (1985) υπάρχουν οι εξής προβληματικές:

- Προβληματική α: Επιλογή μίας δράσης από το σύνολο  $A$ .
- Προβληματική β: Καταχώρηση των δράσεων σε ομογενείς κλάσεις με συγκεκριμένες ιδιότητες.
- Προβληματική γ: Διάταξη των δράσεων από την καλύτερη μέχρι τη χειρότερη.
- Προβληματική δ: Απλή περιγραφή των δράσεων και των συνεπειών τους στη γλώσσα του DM.

2o) **Συνεπής οικογένεια κριτηρίων:** Κάθε δράση αντανακλά ένα «νέφος στοιχειωδών επιπτώσεων» ή σύνολο ιδιοτήτων που τη χαρακτηρίζουν, μέσω του οποίου είναι δυνατή η εκτίμησή της από τον αποφασίζοντα. Η ανάλυση των στοιχειωδών επιπτώσεων για κάθε ενέργεια, καθοδηγεί τον αναλυτή στον ορισμό και μοντελοποίηση των κριτηρίων απόφασης.

Ειδικότερα, κριτήριο ορίζεται κάθε μονότονη μεταβλητή που δηλώνει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος. Μπορεί να είναι μία συνεχής συνάρτηση (ποσοτικό κριτήριο) ή διακριτή (ποιοτικό κριτήριο). Εάν  $g$  είναι η συνάρτηση αυτή, τότε (Roy, 1985, Siskos, 1986):

$g: A \rightarrow \mathbb{R} / a \rightarrow g(a) \quad (1),$  όπου  $g(a)$  είναι η αξιολόγηση της δράσης  $a \in A$  πάνω στο κριτήριο  $g$ . Η συνάρτηση αυτή οφείλει να πληρεί την ιδιότητα της μονοτονίας:

$$\begin{cases} g(a) > g(b) \Leftrightarrow a \succ b \\ g(a) = g(b) \Leftrightarrow a \sim b \end{cases} \quad \forall a, b \in A \quad (2)$$

Στις άνω σχέσεις ο συμβολισμός  $\succ$  σημαίνει «προτιμάται από», ενώ ο συμβολισμός  $\sim$  σημαίνει «ισοδύναμη με» (indifferent to).

Τα κριτήρια πρέπει να τηρούν απαραίτητα τρεις θεμελιώδεις ιδιότητες. Εάν θεωρήσουμε το σύνολο των κριτηρίων  $(g_1, g_2, \dots, g_n)$ , τότε οι τρεις ιδιότητες ορίζονται ως εξής :

- **Μονοτονία:** Εάν για ένα ζεύγος δραστηριοτήτων ( $a, b$ ) ισχύει  $g_i(a)=g_i(b) \forall i \neq j$  και  $g_j(a)>g_j(b)$ , τότε  $a\succ b$ .
- **Επάρκεια:** Εάν για ένα ζεύγος δραστηριοτήτων ( $a, b$ ) ισχύει  $g_i(a)=g_i(b) \forall i=1,2,\dots,n$ , τότε  $a\sim b$ . Με άλλα λόγια δεν απουσιάζει κανένα κριτήριο.
- **Μη πλεονασμός:** Η διαγραφή ενός κριτηρίου  $g_i$  από το σύνολο των κριτηρίων είναι ικανή να αναιρέσει μια από τις προηγούμενες δύο συνθήκες για κάποιο ζεύγος δραστηριοτήτων.

Ένα τέτοιο σύνολο κριτηρίων καλείται «συνεπής οικογένεια κριτηρίων» και απεικονίζει το σύνολο δραστηριοτήτων  $A$  στον  $n$ -διάστατο χώρο  $R^n$ .

**3o) Κατασκευή μοντέλου συνολικής προτίμησης:** Μέσα από ένα μοντέλο ολικής προτίμησης όλα τα κριτήρια συνθέτονται. Οι δράσεις του συνόλου  $A$  συγκρίνονται με βάση το μοντέλο αυτό και τον τύπο προβληματικής που έχει οριστεί στο 1<sup>o</sup> στάδιο.

**4o) Υποστήριξη της απόφασης:** Ο αναλυτής αναζητεί και οργανώνει τα στοιχεία της απάντησης στο ίδιο πρόβλημα και στο DM. Η λύση του μοντέλου παρουσιάζεται με ένα τρόπο κατανοητό και εκμεταλλεύσιμο από το DM.

Το σύστημα MUSA βασίζεται στην αναλυτική – συνθετική προσέγγιση, η οποία και παρουσιάζεται εκτενέστερα παρακάτω. Λόγω της συγγενείας του ρεύματος αυτού με τη M.A.V.T. θα παρουσιαστούν ορισμένα στοιχεία της τελευταίας αρχικά.

## 2.2.1. Πολυκριτήρια Θεωρία Συστημάτων Αξιών

Η βασική ιδέα της MAUT/MAVT είναι ότι υπάρχει μία συνάρτηση  $v$  που αντικατοπτρίζει τις ολικές προτιμήσεις (global preferences) του DM. Ισχύει κάποια από τις κάτωθι, λοιπόν, σχέσεις για κάθε ζεύγος δραστηριοτήτων ( $a, b$ ):

$$\begin{cases} v(g_1(a), \dots, g_n(a)) > v(g_1(b), \dots, g_n(b)) \Leftrightarrow a \succ b \\ v(g_1(a), \dots, g_n(a)) = v(g_1(b), \dots, g_n(b)) \Leftrightarrow a \sim b \\ v(g_1(a), \dots, g_n(a)) < v(g_1(b), \dots, g_n(b)) \Leftrightarrow a \prec b \end{cases} \quad \forall a, b \in A \text{ (3)}$$

Η προσέγγιση αυτή μπορεί να ασχοληθεί τόσο με περιπτώσεις υπό καθεστώς βεβαιότητας, όσο και υπό καθεστώς αβεβαιότητας. Στη δεύτερη περίπτωση οι

επιπτώσεις μίας δράσης δεν είναι προκαθορισμένες, αλλά ακολουθούν κάποια κατανομή πιθανότητας<sup>12</sup>.

Στην περίπτωση της βεβαιότητας χρησιμοποιούμε τους συμβολισμούς της σχέσης (3) και η συνάρτηση ολικής προτίμησης ονομάζεται value function – συνάρτηση αξιών (είναι η περίπτωση της M.A.V.T.). Στην περίπτωση της αβεβαιότητας υπολογίζεται η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function)  $u$  (η περίπτωση της M.A.U.T.). Στο εξής θα γίνεται αναφορά μόνο για την περίπτωση βεβαιότητας (MAVT).

Η ύπαρξη της συνάρτησης  $v$  θεμελιώνεται με βάσει τις εξής παραδοχές:

- Πλήρης συγκρισιμότητα των εναλλακτικών ενεργειών<sup>13</sup>.
- Μεταβατικότητα των προτιμήσεων των εναλλακτικών ενεργειών<sup>14</sup>.

Για να υπάρχει μία προσθετική συνάρτηση αξιών (additive value function) πρέπει να ισχύει η «αμοιβαία ανεξαρτησία προτιμήσεων». Αναλυτικά παρατίθενται οι σχετικοί ορισμοί και το θεώρημα.

### **ΟΡΙΣΜΟΣ 1: Προτίμηση υπό συνθήκη**

Εστω δύο υποσύνολα του συνόλου των κριτηρίων  $Y$  και  $Z$ , των οποίων η τομή είναι το κενό σύνολο και η ένωση το σύνολο όλων των κριτηρίων (το ένα είναι συμπληρωματικό του άλλου). Εστω ότι τα τονούμενα μεγέθη αντιτροσωπεύουν συγκεκριμένες στάθμες (τιμές για κάποια συγκεκριμένη δράση – ένα συγκεκριμένο ύψος) των κριτηρίων. Το  $y'$  προτιμάται ή είναι ισοδύναμο υπό συνθήκη του  $y''$  δοσμένου του  $z'$  αν και μόνο αν:

$$(y', z') \succsim (y'', z')$$

Πλακατούμενο μεταξύ των αποκαταστάτων κλίσεων. Ήτοντας οι προτιμήσεις ανεξαρτητικές από τις αλλαγές στην προτίμηση, έτσι η προτίμηση διατηρείται και παίζει την ίδια προτίμηση. Η προτίμηση « $\succsim$ » παραπέμπει παραδόσεις

<sup>12</sup> Η σύγχρονη τάση είναι αντί του όρου «αβεβαιότητα» να χρησιμοποιείται εκείνος του «κινδύνου» (risk). Ο πρώτος, αντίθετα, χρησιμοποιείται όπου δεν μπορεί να καθοριστεί κάποια κατανομή πιθανότητας.

<sup>13</sup> Ήτοι για όλα τα ζευγάρια δράσεων του συνόλου  $A$  ισχύει κάποια από τις σχέσεις  $\succ \sim$ .

<sup>14</sup> Ήτοι οι σχέσεις  $\succ \sim \succsim$  είναι μεταβατικές.

**ΟΡΙΣΜΟΣ 2: Ανεξαρτησία προτιμήσεων**

(Χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί του Ορισμού 1).

Το υποσύνολο  $Y$  των κριτηρίων είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο (preferentially independent) από το συμπληρωματικό του σύνολο  $Z$ , αν και μόνο αν η δομή προτιμήσεων υπό συνθήκη στο χώρο  $y$  των κριτηρίων που ανήκουν στο  $Y$  δοσμένου του  $z'$  (δηλ. για συγκεκριμένες τιμές των κριτηρίων που ανήκουν στο  $Z$ ) δεν εξαρτάται από το  $z'$ . Πιο συμβολικά το  $Y$  είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο του  $Z$ , αν και μόνο αν για κάποιο  $z'$ :

$$[(y', z') \succsim (y'', z')] \Rightarrow [(y', z) \succsim (y'', z)] \quad \forall z, y', y''$$

**ΟΡΙΣΜΟΣ 3: Αμοιβαία ανεξαρτησία προτιμήσεων**

Τα κριτήρια  $g_1, g_2, \dots, g_n$  είναι αμοιβαία προτιμησιακά ανεξάρτητα (mutually preferentially independent) εάν κάθε υποσύνολο από αυτά τα  $n$  κριτήρια είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο από το συμπληρωματικό του.

**ΘΕΩΡΗΜΑ 1: Προσθετική συνάρτηση αξιών**

Δοσμένων των κριτηρίων  $g_1, g_2, \dots, g_n$  /  $n \geq 3$  μία προσθετική (αθροιστική) συνάρτηση αξιών

$$v(g_1, g_2, \dots, g_n) = \sum_{i=1}^n v_i(g_i)$$

(όπου  $v_i(g_i)$  είναι μία συνάρτηση αξιών του  $g_i$ )

υπάρχει αν και μόνο αν τα κριτήρια είναι αμοιβαία προτιμησιακά ανεξάρτητα.

(Απόδειξη υπάρχει στους Debreu, 1960, Fishburn, 1970, Krantz et al., 1971.)

Προκειμένου να είναι απλή η διερεύνηση της ιδιότητας της αμοιβαίας προτιμησιακής ανεξαρτησίας σε ένα χώρο κριτηρίων, έχουν αναπτυχθεί διάφορα θεωρήματα που απλοποιούν τη διερεύνησή της. Ένα σημαντικό πόρισμα παρατίθεται παρακάτω:

**ΠΟΡΙΣΜΑ: Αμοιβαία ανεξαρτησία προτιμήσεων - 2**

Τα κριτήρια  $g_1, g_2, \dots, g_n$  είναι αμοιβαία προτιμησιακά ανεξάρτητα (mutually preferentially independent) εάν κάθε ζευγάρι από αυτά είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο από το συμπληρωματικό του σύνολο.

Στην προσέγγιση αυτή ο ερευνητής αρχικά προσπαθεί να προσδιορίσει την ολική συνάρτηση αξιών, η οποία «συνθέτει» όλες τις επιπτώσεις μίας εναλλακτικής δράσης, με διαλεκτικές τεχνικές. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί αυτήν τη συνάρτηση για να αξιολογήσει όλα τα στοιχεία του συνόλου  $A$  και να καταλήξει σε μία λύση βάσει της προεπιλεγμένης προβληματικής.

Εάν ο ερευνητής έχει πεισθεί ότι υπάρχει μία προσθετική συνάρτηση αξιών, τότε το στάδιο της κατασκευής αυτής της συνάρτησης απλοποιείται, αφού υπάρχει μία πληθώρα τεχνικών στη διεθνή βιβλιογραφία για αυτόν το σκοπό. Όταν η  $v$  είναι φραγμένη, είναι πιο βολικό να κανονικοποιείται στο διάστημα  $[0, 1]$ . Σε αυτήν την περίπτωση το ίδιο γίνεται και για τις μερικές συναρτήσεις αξιών  $v_i(g_i)$ . Ετσι, λοιπόν, οι πλέον συνήθεις μορφές αθροιστικών συναρτήσεων αξιών είναι:

1. Γενική αθροιστική μορφή:

$$\begin{cases} v(a) = \sum_{i=1}^n v_i(g_i(a)) & i = 1, 2, \dots, n \\ v(g_{i*}) = 0, v(g_i^*) = 1 \end{cases} \quad (4)$$

όπου  $a \in A$ ,  $g_i^*$  η καλύτερη και  $g_{i*}$  η χειρότερη τιμή του κριτηρίου  $g_i$ .

2. Σταθμισμένη αθροιστική μορφή:

$$\begin{cases} v(a) = \sum_{i=1}^n \lambda_i v_i(g_i(a)) \\ v(g_{i*}) = 0, v(g_i^*) = 1 & i = 1, 2, \dots, n \\ \lambda_i \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad (5)$$

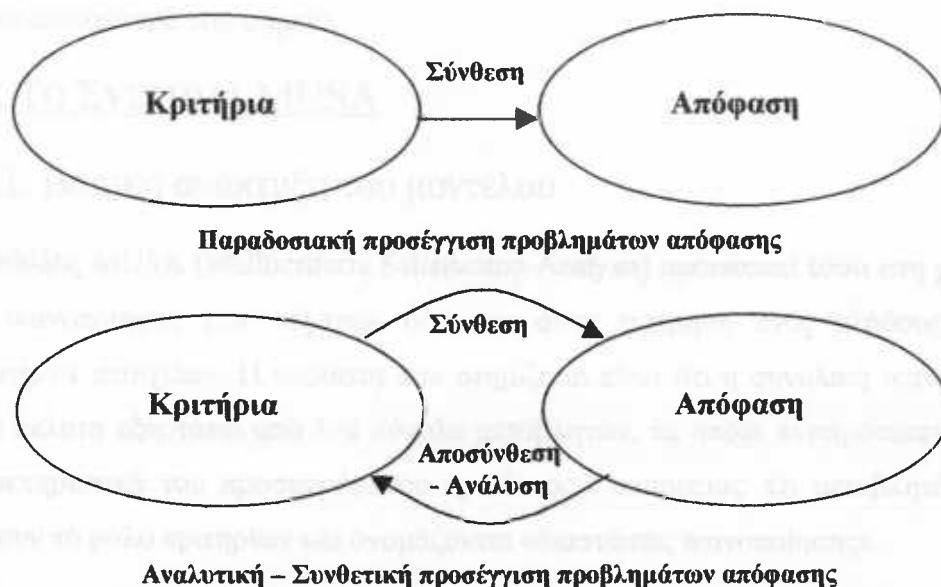
όπου  $a \in A$ ,  $g_i^*$  η καλύτερη και  $g_{i*}$  η χειρότερη τιμή του κριτηρίου  $g_i$ .

Η σταθμισμένη αθροιστική μορφή είναι εκείνη που χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη.

### 2.2.2. Αναλυτική – Συνθετική προσέγγιση

Το τέταρτο ρεύμα της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων αποτελεί σύμφωνα με αρκετούς επιστήμονες μία εξέλιξη του πρώτου<sup>15</sup>. Η προσέγγιση της Σύνθεσης – Αποσύνθεσης (Aggregation – Disaggregation) ή αλλιώς η «αναλυτική – συνθετική» προσέγγιση ξεκινάει με το στάδιο της αποσύνθεσης, όπου εκτιμάται μία προσθετική συνάρτηση αξιών, και καταλήγει στο στάδιο της σύνθεσης, που πραγματώνεται όπως και στη MAVT. Η διαδικασία δεν είναι αυστηρά βηματική, αλλά αντίθετα επιτρέπεται η επιστροφή στο στάδιο της αποσύνθεσης όσες φορές απαιτείται μέχρι ο DM να αισθάνεται ότι το μοντέλο τον αντιπροσωπεύει πραγματικά.

Αυτή η «ανακύκλωση» επιτρέπει στον ίδιο το DM να αντιλαμβάνεται καλύτερα την ενυπάρχουσα συλλογιστική του, αλλά και να συνειδητοποιεί έγκαιρα τυχόν αλλαγές στον τρόπο που σκέπτεται (τις προτιμήσεις του). Η προσθετική συνάρτηση αξιών δε χρησιμοποιείται όντας γνωστή a priori, αλλά η απόφαση και τα κριτήρια επιδέχονται προοδευτική επεξεργασία αλληλοδομούμενα μέσα στο χρόνο (Σίσκος, 1981, 1986). Στο επόμενο σχήμα, φαίνεται παραστατικά αυτή η ιδέα:



Σχήμα 1: Διαφορά στην προσέγγιση της Αναλυτικής–Συνθετικής μεθόδου (Σίσκος, 1981)

<sup>15</sup> Πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι η φιλοσοφία της Aggregation - Disaggregation έχει χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση και μεθόδων άλλων ρευμάτων (Kiss et al., 1994, Mousseau, & Slowinski, 1998, Mousseau et al., 2001).

Στο στάδιο της Ανάλυσης, που είναι και το πιο ενδιαφέρον, το μοντέλο κατασκευάζεται με ειδικές τεχνικές που έχουν ως δεδομένα εισόδου την τελική αξιολόγηση του DM ενός περιορισμένου συνόλου εναλλακτικών δράσεων αναφοράς που από τη μία πλευρά είναι γνωστές σε αυτόν και από την άλλη αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικά την ποικιλία των δράσεων του συνόλου A. Στο στάδιο της Σύνθεσης απλά η προσθετική συνάρτηση αξιών έρχεται σε ισχύ και όλες οι εναλλακτικές δράσεις αξιολογούνται βάσει αυτής (γίνεται ‘extrapolation’ των γνωστών καταστάσεων συμπεριφοράς στο υπό μελέτη σύνολο δράσεων A). Ο DM έχει το δικαίωμα να επιστρέψει στο αρχικό στάδιο σε περίπτωση που θεωρεί ότι το μοντέλο δεν αξιολογεί ικανοποιητικά τις δράσεις.

Οι τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί στις διάφορες μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί περιλαμβάνουν ειδικό γραμμικό προγραμματισμό<sup>16</sup> που επιτρέπει και την ανάλυση ευστάθειας της λύσης. Συνοδευτικά χρησιμοποιούνται και άλλες τεχνικές<sup>17</sup>, όπως οπτικές διαλεκτικές (στο σύστημα MIIDAS) και άλλες.

Μία βασική υπόθεση που υπονοείται είναι ότι το αποτέλεσμα της απόφασης μπορεί είτε να παρατηρηθεί (σε περιπτώσεις αποφάσεων με επαναληπτικό χαρακτήρα) είτε να συλλεχθεί από τον αποφασίζοντα με διαλογικές διαδικασίες. Το σύστημα MUSA, που παρουσιάζεται ακολούθως, πληρεί αυτήν την υπόθεση και εκεί βρίσκεται ίσως και το δυνατότερό του σημείο.

## 2.3. Το ΣΥΣΤΗΜΑ MUSA

### 2.3.1. Βασική ανάπτυξη του μοντέλου

Η μέθοδος MUSA (MULTicriteria Satisfaction Analysis) αποσκοπεί τόσο στη μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών όσο και στην εκτίμηση ενός πλήθους άλλων πολύτιμων στοιχείων. Η υπόθεση που στηρίζεται είναι ότι η συνολική ικανοποίηση κάθε πελάτη εξαρτάται από ένα σύνολο μεταβλητών, τα οποία αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά του προσφερόμενου προϊόντος / υπηρεσίας. Οι μεταβλητές αυτές παίζουν το ρόλο κριτηρίων και ονομάζονται «διαστάσεις ικανοποίησης».

Ουσιαστικά, αντιμετωπίζοντας την ολική ικανοποίηση ως μία ολική αξιολόγηση από έναν αποφασίζοντα (στην παρούσα περίπτωση ο DM ταυτίζεται με τον πελάτη) βάσει

<sup>16</sup> Ο γραμμικός προγραμματισμός επιτρέπει την πραγμάτωση ενός είδους παλινδρόμησης για των υπολογισμό των σχενόστων μεταβλητών.

<sup>17</sup> Υποθέτοντας «αμοιβαία προτιμησιακή ανεξαρτησία» στο χώρο των κριτηρίων.

ενός συνόλου κριτηρίων η μέτρηση της ικανοποίησης μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα πρόβλημα πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Συλλέγοντας στοιχεία από ένα δείγμα πελατών και θεωρώντας τα ως «επαναλαμβανόμενες αποφάσεις» μπορεί η φάση της Ανάλυσης της Αναλυτικής – Συνθετικής προσέγγισης της πολυκριτήριας ανάλυσης να εξάγει τη συλλογιστική μίας ενιαίας οντότητας (του Πελάτη) μέσω μεγεθών που στην παρούσα περίπτωση καλούνται «συλλογικά» (collective).

Η μέθοδος MUSA κληρονομεί, λοιπόν, τις υποθέσεις της Aggregation – Disaggregation Approach που αφορούν τον ορθολογισμό του DM – πελάτη και την ύπαρξη μίας προσθετικής συνάρτησης αξιών (συνάρτησης ικανοποίησης). Κάτι τέτοιο δεν απέχει από την πραγματικότητα, αφού, όπως έχει προαναφερθεί, η πλειοψηφία των μοντέλων μέτρησης ικανοποίησης κάνουν το ίδιο.

Τα δεδομένα εισόδου του αλγορίθμου του συστήματος MUSA συλλέγονται από ένα απλό ερωτηματολόγιο, όπου ζητείται η ικανοποίηση κάθε πελάτη τόσο για κάθε διάσταση ικανοποίησης όσο και συνολικά. Χρησιμοποιούνται ordinal scales (ταξικές κλίμακες), οπότε συντηρείται η ποιοτική φύση των δεδομένων για τις προτιμήσεις των πελατών. Η MUSA σέβεται την ποιοτική φύση των δεδομένων, όπως αυτό θα ξεκαθαριστεί παρακάτω, και εκτιμά την πραγματική «αξία» των επιπέδων των κλιμάκων<sup>18</sup>.

Μία εκτενής περιγραφή της μεθοδολογίας εφαρμογής του συστήματος θα ήταν έξω από τα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Επομένως, στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται μόνο το μαθηματικό σκέλος του συστήματος, που είναι απαραίτητο για την κατανόηση των άλλων ενοτήτων.

Στο εξής το σύνολο κριτηρίων θα συμβολίζεται με  $\mathbf{X}=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Οι υπόλοιποι συμβολισμοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 1: Μεταβλητές της μεθόδου MUSA**

$Y$	Συνολική (ολική) ικανοποίηση του πελάτη (ποιοτικής κλίμακα)
$a$	Αριθμός επιπέδων της κλίμακας συνολικής ικανοποίησης
$y^m$	Το $m$ επίπεδο συνολικής ικανοποίησης ( $m=1,2,\dots,a$ )
$n$	Αριθμός κριτηρίων

<sup>18</sup> Σε αρκετές περιπτώσεις οι συναρτήσεις αξιών απέχουν πολύ από το να είναι γραμμικές!

$X_i$	Ικανοποίηση του πελάτη σύμφωνα με το $i$ κριτήριο ( $i=1,2,\dots,n$ ) (ποιοτικής κλίμακα)
$a_i$	Αριθμός επιπέδων της κλίμακας ικανοποίησης του κριτηρίου $i$
$x_i^k$	Το $k$ επίπεδο ικανοποίησης του κριτηρίου $i$ ( $k=1,2,\dots,a_i$ )
$Y^*$	Συνάρτηση αξιών του $Y$ (συνάρτηση ολικής ικανοποίησης)
$y^{*m}$	Αξία του $y^m$ επιπέδου ικανοποίησης
$X_i^*$	Συνάρτηση αξιών του $X_i$ (συνάρτηση μερικής / περιθώριας ικαν/σης)
$x_i^{*k}$	Αξία του $x_i^k$ επιπέδου ικανοποίησης
$M$	Αριθμός πελατών του δείγματος της έρευνας
$t_j$	Το επίπεδο ολικής ικανοποίησης της ταξικής κλίμακας που επιλέγει ο $j$ πελάτης ( $j=1,2,\dots,a$ )
$t_{ji}$	Το επίπεδο ικανοποίησης της ταξικής κλίμακας του κριτηρίου $i$ που επιλέγει ο $j$ πελάτης ( $t_{ji}=1,2,\dots,a_i$ )

Τονίζεται ότι όλα, εκτός από τα τελευταία δύο μεγέθη του πίνακα, είναι συλλογικά (collective), δηλαδή περιγράφουν όλους τους πελάτες ως μία οντότητα.

Η μέθοδος έχει μεγάλη ομοιότητα με το γραμμικό προγραμματισμό στόχων (goal programming) και τη γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης υπό περιορισμούς (ordinal regression analysis). Τούτο είναι εμφανές κοιτάζοντας τη βασική εξίσωση της ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης της MUSA:

$$\tilde{Y}^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* - \sigma^+ + \sigma^- \quad (6)$$

Στην άνω σχέση το  $\tilde{Y}^*$  είναι η εκτίμηση της συλλογικής συνάρτησης αξιών  $Y^*$ . Όπως είναι φανερό υπάρχουν δύο σφάλματα: ένα για υπερεκτίμηση και ένα για υποεκτίμηση. Τα δύο σφάλματα ορίζονται για κάθε πελάτη ξεχωριστά έχοντας ως στόχο την ελαχιστοποίησή τους και την εξαγωγή των συλλογικών μεγεθών. Η βασική εξίσωση, λοιπόν, που ζητείται να εκτιμηθεί είναι:

$$\begin{cases} Y^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* \\ \sum_{i=1}^n b_i = 1 \end{cases} \quad (7)$$

Η παλινδρόμηση πραγματοποιείται με ένα γραμμικό πρόγραμμα που ελαχιστοποιεί το άθροισμα των σφαλμάτων των πελατών (στην αντικειμενική συνάρτηση) υπό κάποιους περιορισμούς. Όσον αφορά τους περιορισμούς, πέρα από εκείνους της μη αρνητικότητας των μεταβλητών αποφάσεων και της εξίσωσης που υποχρεώνει το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων να ισούται με τη μονάδα, έχουμε:

- Περιορισμούς μονοτονίας των συναρτήσεων ικανοποίησης.
- Την εξίσωση (6) για κάθε πελάτη (συνολικά  $M$  περιορισμούς).
- Περιορισμούς κανονικοποίησης των συναρτήσεων αξιών στο διάστημα  $[0, 100]$ .

Ήτοι:

$$\begin{cases} y^{*1} = 0, \quad y^{*a} = 100 \\ x_i^{*1} = 0, \quad x_i^{*a_i} = 100 \quad \forall i \end{cases} \quad (8)$$

Για να μοντελοποιηθούν οι περιορισμοί της μονοτονίας, προκειμένου να μειωθεί ο υπολογιστικός φόρτος, γίνεται αλλαγή μεταβλητών ως εξής:

$$\begin{cases} z_m = y^{*m+1} - y^{*m} & \text{για } m = 1, 2, \dots, a-1 \\ w_{ik} = b_i x_i^{*k+1} - b_i x_i^{*k} & \text{για } k = 1, 2, \dots, a_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (9)$$

Κατ' αυτόν τον τρόπο, αντί για περιορισμοί μονοτονίας, χρησιμοποιούνται απλοί περιορισμοί μη αρνητικότητας των διαδοχικών βημάτων αύξησης των συναρτήσεων. Επιπλέον, επιτυγχάνεται και η γραμμικότητα του μοντέλου (βλ. σχέση (6)).

Οι αρχικές μεταβλητές απόφασης τώρα διαμορφώνονται:

$$\begin{cases} y^{*m} = \sum_{t=1}^{m-1} z_t & \text{για } m = 1, 2, \dots, a-1 \\ b_i x_i^{*k} = \sum_{t=1}^{k-1} w_{it} & \text{για } k = 1, 2, \dots, a_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (10)$$

Επιθυμείται η σχέση (6) να ισχύει για κάθε πελάτη ξεχωριστά. Για αυτόν το λόγο στη θέση των μεταβλητών  $Y^*$  και  $X_i^*$  αυτής της σχέσης χρησιμοποιούνται οι αξίες των

επιπέδων  $t_j$  και  $t_{ji}$  που έχει προεπιλέξει ο κάθε πελάτης στις ποιοτικές κλίμακες  $Y$  και  $X_i$ . Η βασική εξίσωση ανάλυσης παλινδρόμησης μετασχηματίζεται ως εξής:

$$\sum_{m=1}^{t_j-1} z_m = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_{ji}-1} w_{ik} - \sigma_j^+ + \sigma_j^- \quad \forall j \quad (11)$$

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω το γραμμικό πρόγραμμα διαμορφώνεται ως εξής:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M (\sigma_j^+ + \sigma_j^-) \end{array} \right.$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_{ji}-1} w_{ik} - \sum_{m=1}^{t_j-1} z_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = 0 \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{m=1}^{a-1} z_m = 100 \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} = 100 \\ z_m \geq 0, \quad w_{ik} \geq 0 \quad \forall m, i, k \\ \sigma_j^+ \geq 0, \quad \sigma_j^- \geq 0 \quad \forall j \end{array} \right. \quad (12)$$

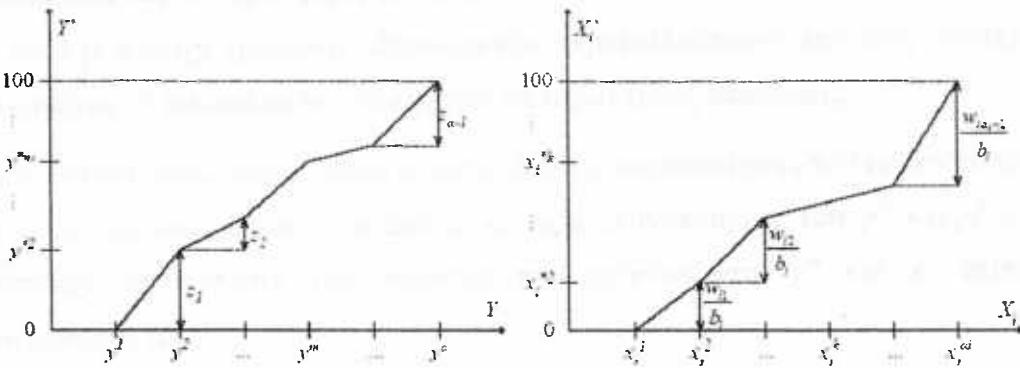
Οι αρχικές μεταβλητές υπολογίζονται από τη λύση του άνω προγράμματος με τις σχέσεις:

$$\left\{ \begin{array}{ll} y^{*m} = \sum_{t=1}^{m-1} z_t & \text{για } m = 2, 3, \dots, a \\ b_i = \frac{\sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it}}{100} & \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ x_i^{*k} = 100 \frac{\sum_{t=1}^{k-1} w_{it}}{\sum_{t=1}^{a_i-1} w_{it}} & \text{για } i = 1, 2, \dots, n \text{ και } k = 2, 3, \dots, a, \end{array} \right. \quad (13)$$

Τα κατώτατα οριακά σημεία των συναρτήσεων αξιών υπολογίζονται από τις σχέσεις (8).



Οι συναρτήσεις αξιών που προκύπτουν έχουν για παράδειγμα μορφές όπως στο επόμενο σχήμα. Υπενθυμίζεται ότι πρόκειται για διακριτές συναρτήσεις.



Σχήμα 2: Συναρτήσεις ικανοποίησης στο βασικό μοντέλο MUSA  
(Γρηγορούδης, & Σίσκος, 2000)

Το γραμμικό πρόγραμμα (12) έχει  $M+2$  περιορισμούς και  $2M + (a-1) + \sum_{i=1}^n (a_i - 1)$

μεταβλητές. Συνεπώς υπάρχουν πολλοί βαθμοί ελευθερίας και είναι πιθανή η ύπαρξη πολλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται μία ανάλυση ευστάθειας με μία ευρετική μέθοδο, αφού η εξαντλητική αναζήτηση των βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων θα απαιτούσε πολύ υπολογιστικό χρόνο. Ειδικότερα λύνονται  $n$  γραμμικά προγράμματα, στα οποία στο καθένα μεγιστοποιείται το βάρος  $b_i$  κάθε κριτηρίου. Εάν  $F^*$  είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του γραμμικού προγράμματος (12) και  $F$  η συνάρτηση αθροίσματος των σφαλμάτων όπως ορίστηκε στο ίδιο πρόγραμμα, τότε τα γραμμικά προγράμματα που λύνονται σε αυτό το στάδιο είναι της μορφής:

$$\begin{cases} [\max] F' = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} & \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} & \\ F \leq F^* + \varepsilon & \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του γ.π. (12)} & \end{cases} \quad (14)$$

Ως ε ορίζεται μία μικρή (πρακτικά αμελητέα) ποσότητα (ένας μικρός θετικός αριθμός) και προκαθορίζεται ως ποσοστό της  $F^*$ . Μία αντιπροσωπευτική τελική λύση για τις μεταβλητές της μεθόδου υπολογίζεται από τη μέση τιμή των βέλτιστων λύσεων που δίνουν τα γραμμικά προγράμματα (14). Επιπλέον, το εύρος των τιμών που παίρνουν οι μεταβλητές σε αυτά τα προγράμματα αποτελεί ένα μέτρο αστάθειας του μοντέλου.

### 2.3.2. Δείκτες

Το σύστημα MUSA προσφέρει μία πληθώρα δεικτών, τόσο για benchmarking, όσο και για την παροχή χρήσιμων πληροφοριών, εκμεταλλεύσιμων από τους managers, προκειμένου οι τελευταίοι να καταλήξουν σε στρατηγικές αποφάσεις.

- Οι κυριότεροι, ίσως, δείκτες είναι οι **μέσοι δείκτες ικανοποίησης** που ορίζονται τόσο συνολικά όσο και για κάθε ένα από τα κριτήρια ικανοποίησης. Εάν  $p^m$  και  $p_i^k$  είναι αντίστοιχα τα ποσοστά των πελατών που ανήκουν στο  $y^m$  και  $x_i^k$  επίπεδο ικανοποίησης τότε:

$$\begin{cases} S = \frac{1}{100} \sum_{m=1}^a p^m y^{*m} \\ S_i = \frac{1}{100} \sum_{k=1}^{a_i} p_i^k x_i^{*k} \quad \forall i \end{cases} \quad (15)$$

Οι δείκτες αυτοί είναι κανονικοποιημένοι στο διάστημα 0-100%.

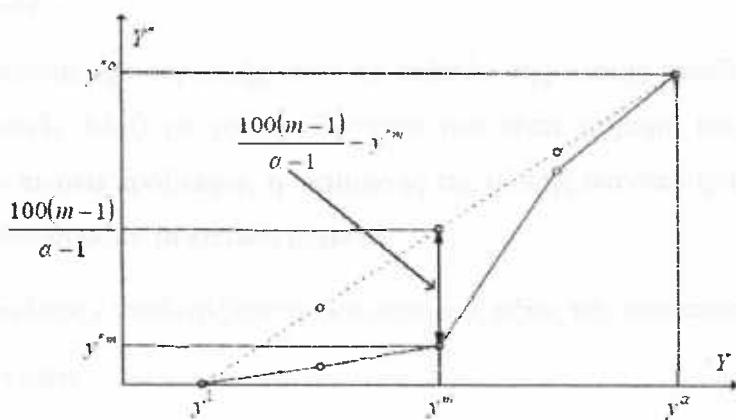
- Άλλοι σημαντικοί δείκτες είναι οι **μέσοι δείκτες απαιτητικότητας**. Είναι κανονικοποιημένοι στο διάστημα [-1, 1] και εκφράζουν τη μέση απόκλιση των συναρτήσεων ικανοποίησης από μία «ουδέτερη» (γραμμική) συνάρτηση αξιών. Σημειώνεται ότι μία κυρτή<sup>19</sup> (convex) μορφή συνάρτησης αξιών υποδηλώνει απαιτητικό πελάτη, αφού ο τελευταίος δεν είναι ικανοποιημένος παρά μόνο αν του προσφέρεται το βέλτιστο επίπεδο υπηρεσιών. Μία κούλη<sup>20</sup> (concave) συνάρτηση υποδηλώνει μη απαιτητικό πελάτη, αφού ο τελευταίος δηλώνει ικανοποιημένος, παρά το γεγονός ότι ένα μικρό ποσοστό των προσδοκιών του εκπληρώνεται. Η γραμμική μορφή αφορά τους «ουδέτερους» πελάτες. Οι δείκτες, λοιπόν, είναι:

$$\begin{cases} D = \frac{\sum_{m=1}^{a-1} \left( \frac{100(m-1)}{a-1} - y^{*m} \right)}{100 \sum_{m=1}^{a-1} \frac{m-1}{a-1}} \quad \text{για } a > 2 \\ D_i = \frac{\sum_{k=1}^{a_i-1} \left( \frac{100(k-1)}{a_i-1} - x_i^{*k} \right)}{100 \sum_{k=1}^{a_i-1} \frac{k-1}{a_i-1}} \quad \text{για } a_i > 2 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (16)$$

<sup>19</sup> Με τα κούλα άνω.

<sup>20</sup> Με τα κούλα κάτω.

Η λογική με την οποία υπολογίζονται παρουσιάζεται στο κάτωθι σχήμα:



**Σχήμα 3: Τρόπος υπολογισμού μέσων δεικτών απαιτητικότητας  
(Γρηγορούδης, & Σίσκος, 2000)**

Σε περίπτωση σιγμοειδών συναρτήσεων αξιών οι δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν. Σε περίπτωση, όμως, που εκείνοι δίνουν αποτέλεσμα μηδενικό είναι σκόπιμη η «επιστράτευση» ενός συνόλου διακριτών συναρτήσεων απαιτητικότητας:

$$\begin{cases} D(y^m) = y^{m+1} - y^m & \text{για } m = 1, 2, \dots, a-1 \\ D_i(x_i^k) = x_i^{k+1} - x_i^k & \text{για } k = 1, 2, \dots, a_i-1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (17)$$

Οι δείκτες απαιτητικότητας, επιπλέον, αποτελούν και ένα μέτρο του μεγέθους της προσπάθειας που πρέπει να καταβληθεί από την πλευρά της εταιρίας για τη βελτίωση μιας συγκεκριμένης διάστασης ικανοποίησης.

3. Οι μέσοι δείκτες αποτελεσματικότητας αποτελούν μέτρο της επίπτωσης που θα είχε η βελτίωση σε κάποιο κριτήριο στην ικανοποίηση του πελάτη. Εξαρτώνται από τη σημαντικότητα του κριτηρίου και τη συνεισφορά του στη μη ικανοποίηση του πελάτη. Κυμαίνονται στο διάστημα [0, 1]. Ο σχετικός τύπος είναι:

$$I_i = b_i(1 - S_i) \quad \forall i \quad (18)$$

4. Ο μέσος δείκτης προσαρμογής (Average Fitting Index) μετρά το κατά πόσο τα συλλογικά μεγέθη είναι προσαρμοσμένα στις ατομικές αντιλήψεις των πελατών. Συνεπώς, εξαρτάται από τα σφάλματα της βέλτιστης τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης του γραμμικού προγράμματος (12). Είναι ολοφάνερο ότι ο AFI σχετίζεται, λοιπόν, με την αξιοπιστία του μοντέλου. Κυμαίνεται στο διάστημα [0, 1] και ο σχετικός τύπος είναι:

$$AFI = 1 - \frac{F^*}{100 \cdot M} \quad (19)$$

5. Ένας άλλος δείκτης προσαρμογής είναι το επίπεδο της ολικής πρόβλεψης (**Overall Prediction Level**). Μαζί με τον υπολογισμό του είναι χρήσιμη και η παράλληλη κατάρτιση του πίνακα πρόβλεψης ή εκτίμησης της ολικής ικανοποίησης. Ειδικότερα, πρέπει να ακολουθηθούν τα κάτωθι βήματα:

1o) Για κάθε πελάτη  $j$  υπολογίζεται η εκτίμηση της αξίας της ικανοποίησης του,  $\tilde{y}_j^{*m}$ , βάσει του τύπου:

$$\tilde{y}_j^{*m} = y^{*m} + \sigma_j^+ - \sigma_j^- \quad \forall j \quad (20), \text{ όπου } m=t_j$$

2o) Με δεδομένες τις άνω τιμές υπολογίζεται η εκτίμηση του επιπέδου ικανοποίησης του  $\tilde{y}_j^{*m}$  βάσει της σχέσης (για κάθε πελάτη):

$$\tilde{y}_j^m = \begin{cases} y_j^1 & \text{αν } \tilde{y}_j^{*m} \leq \frac{y^{*2}}{2} \\ y_j^2 & \text{αν } \frac{y^{*2}}{2} < \tilde{y}_j^{*m} \leq \frac{y^{*3} + y^{*2}}{2} \\ \vdots \\ y_j^a & \text{αν } \tilde{y}_j^{*m} > \frac{100 + y^{*a-1}}{2} \end{cases} \quad (21)$$

Έτσι για κάθε πελάτη είναι διαθέσιμο το πραγματικό επίπεδο ολικής ικανοποίησης (στην ποιοτική κλίμακα)  $y_j^i$  όπως προέκυψε από τα ερωτηματολόγια, καθώς και το εκτιμώμενο επίπεδο ολικής ικανοποίησης  $\tilde{y}_j^i$  από τη σχέση (21).

3o) Κατασκευάζεται ο πίνακας πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης. Υπολογίζονται τα μεγέθη:

- $N_{ij}$ : ο αριθμός πελατών που έχουν δηλώσει ότι ανήκουν στο  $i$  επίπεδο ολικής ικανοποίησης και το μοντέλο τους κατατάσσει στο  $j$  επίπεδο ολικής ικανοποίησης.
- $R_{ij}$ : ποσοστό των πελατών του  $i$  πραγματικού επιπέδου ολικής ικανοποίησης που το μοντέλο τους κατατάσσει στο  $j$  επίπεδο ολικής ικανοποίησης.

- c.  $C_{ij}$ : ποσοστό των πελατών του  $j$  εκτιμώμενου επιπέδου ολικής ικανοποίησης που έχουν δηλώσει ότι ανήκουν στο  $i$  επίπεδο ολικής ικανοποίησης.

Ακολουθούν οι τύποι για τα άνω μεγέθη, καθώς και ο τύπος του Overall Prediction Level που υπολογίζεται ακολούθως:

$$R_j = \frac{N_{ij}}{\sum_{i=1}^a N_{ij}} \quad \forall j$$

$$C_{ij} = \frac{N_{ij}}{\sum_{j=1}^a N_{ij}} \quad \forall i \quad (22)$$

$$OPL = \frac{\sum_{i=1}^a N_{ij}}{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^a N_{ij}}$$

Ο πίνακας πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης έχει τη μορφή που παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα:

Predicted global satisfaction level							
	$\tilde{y}^1$	$\tilde{y}^2$		$\tilde{y}^i$		$\tilde{y}^a$	
$y^1$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ja}$ $R_{ja}$ $C_{ja}$	
$y^2$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ja}$ $R_{ja}$ $C_{ja}$	
$y^3$							
$y^4$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ja}$ $R_{ja}$ $C_{ja}$	
$y^5$							
$y^6$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$	$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ij}$ $R_{ij}$ $C_{ij}$		$N_{ja}$ $R_{ja}$ $C_{ja}$	

Σχήμα 4: Πίνακας πρόβλεψης ολικής ικανοποίησης  
(Grigoroudis, & Siskos, 2002)

Όσο πιο πολλά και υψηλά σε μέγεθος μη μηδενικά στοιχεία υπάρχουν μακριά από την κύρια διαγώνιο του πίνακα πρόβλεψης, τόσο πιο χαμηλή είναι η προσαρμογή.

Όπως έχει προαναφερθεί, χρήζει ύψιστης σημασίας ο έλεγχος ευστάθειας του μοντέλου. Ένα μέτρο ευστάθειας αποτελεί ο μέσος δείκτης ευστάθειας (**Average Stability Index**) που εξαρτάται από τη μέση τιμή της κανονικοποιημένης τυπικής απόκλισης των εκτιμώμενων βαρών  $b_i$  των κριτηρίων που προκύπτουν από τα  $n$  γραμμικά προγράμματα της φάσης της μεταβελτιστοποίησης:

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{n \sum_{j=1}^n (b_i^j)^2 - \left( \sum_{j=1}^n b_i^j \right)^2}}{100\sqrt{n-1}} \in [0, 1] \quad (23)$$

όπου  $b_i^j$  είναι το  $i$  κριτήριο που έχει υπολογιστεί από το  $j$  γραμμικό πρόγραμμα της φάσης της μεταβελτιστοποίησης.

### 2.3.3. Διαγράμματα

Το σύστημα MUSA παραθέτει και ένα σύνολο διαγραμμάτων που απεικονίζουν κατανοητά κάποια μεγέθη, ώστε η εταιρία να μπορεί να τα συμβουλεύεται για να καταλήξει σε στρατηγικές κινήσεις.

1. **Το διάγραμμα δράσης** αποτελεί ουσιαστικά έναν χάρτη απόδοσης σημαντικότητας. Αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο για υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων σχετικά με το marketing mix και είναι απόλυτα κατανοητό από τους managers.

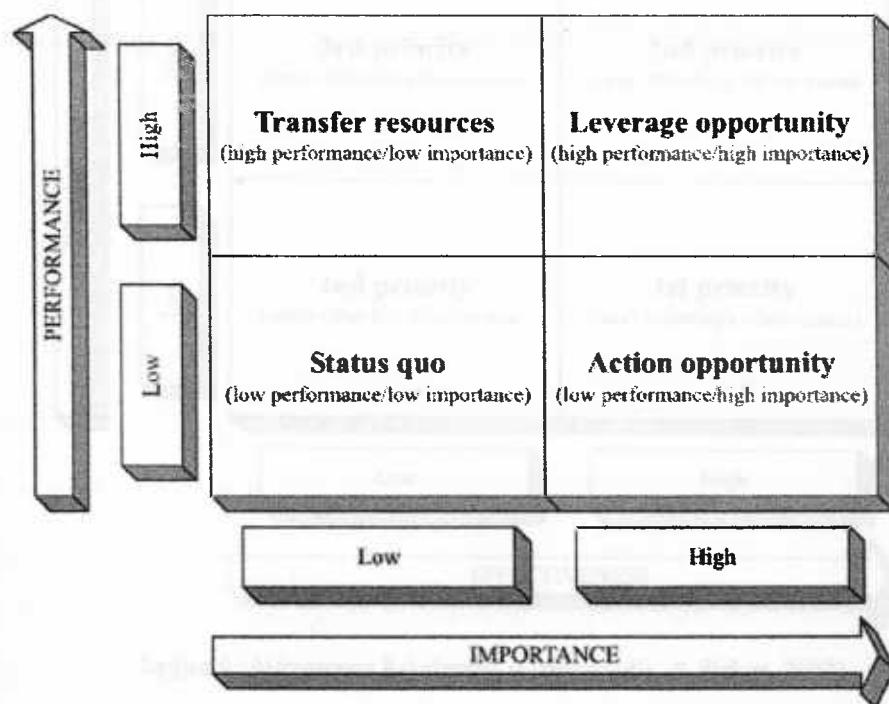
Ο κάθετος άξονας αντιστοιχεί στην απόδοση κάθε κριτηρίου (επί μέρους ικανοποίηση) και ο οριζόντιος στη σημαντικότητά του (βάρος του). Κάθε κριτήριο τοποθετείται στις αντιστοιχούσες συντεταγμένες του και συνεπώς ανήκει σε ένα από τα 4 τεταρτημόρια που υπάρχουν. Κάθε τεταρτημόριο αφορά διαστάσεις ικανοποίησης, που πρέπει να αντιμετωπιστούν διαφορετικά από τον ιθύνοντα.

Ειδικότερα όπου υπάρχει υψηλή απόδοση και βαρύτητα (περιοχή ισχύος) τότε υπάρχει και η ευκαιρία αξιοποίησης του συγκεκριμένου κριτηρίου ως συγκριτικού πλεονεκτήματος απέναντι στον ανταγωνισμό. Όταν συνυπάρχει χαμηλή απόδοση και σημαντικότητα (περιοχή status quo) δεν απαιτείται συνήθως κάποια πρόσθετη ενέργεια. Χαμηλή απόδοση και υψηλή σημαντικότητα (περιοχή δράσης) απαιτούν κινητοποίηση προς την κατεύθυνση της βελτίωσης των σχετικών διαστάσεων ικανοποίησης. Τέλος, με υψηλή απόδοση και χαμηλή σημαντικότητα (περιοχή

μεταφοράς πόρων) είναι οι διαστάσεις από τις οποίες μπορούν να αντληθούν πόροι (από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά προϊόντος ή υπηρεσίας) για να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα άλλού.

Υπάρχουν δύο είδη διαγραμμάτων δράσης. Στο πρώτο χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές με την υπολογισμένη τιμή τους («απόλυτο» διάγραμμα). Στο δεύτερο οι μεταβλητές εισέρχονται με την κανονικοποιημένη τιμή τους (τυποποιημένες μεταβλητές που κυμαίνονται στο διάστημα [-1, 1]). Το δεύτερο είδος (το «σχετικό διάγραμμα») επιτυγχάνει την τομή των αξόνων στο σημείο (0, 0) και λύνει και το πρόβλημα της μικρής διακύμανσης των μέσων δεικτών ικανοποίησης που ενδέχεται να παρουσιαστεί σε μία ιδιαίτερα ανταγωνιστική αγορά.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται η μορφή του διαγράμματος δράσης.



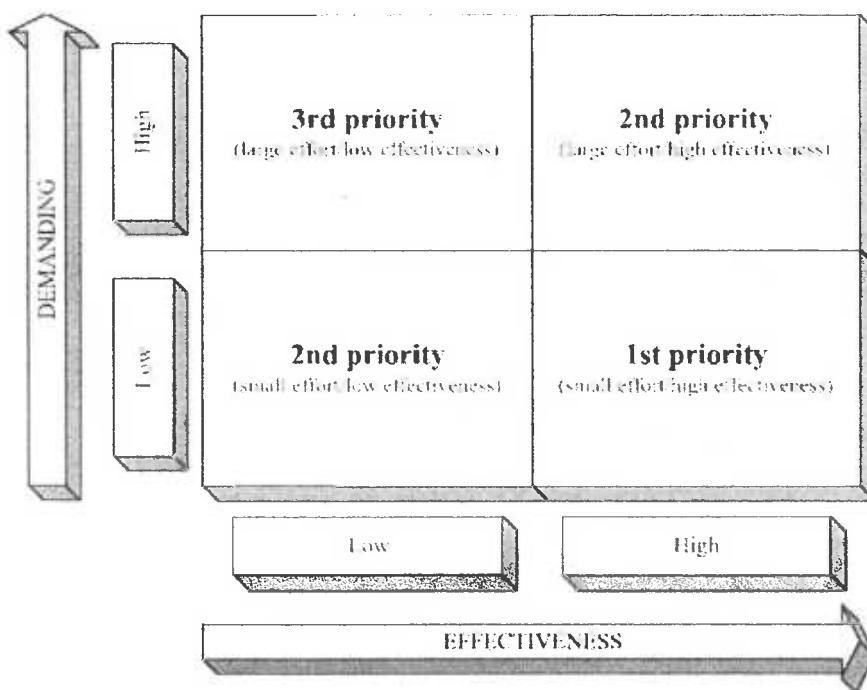
Σχήμα 5: Διάγραμμα δράσης (Customers Satisfaction Council, 1995)

Το διάγραμμα βελτίωσης αποτελεί εξίσου χρήσιμο στρατηγικό εργαλείο, αφού δηλώνει πιο θα είναι το αποτέλεσμα των ενεργειών βελτίωσης και το μέγεθος της προσπάθειας που απαιτείται για να επιτευχθεί η προσδοκώμενη βελτίωση.

Είναι όμοιο με το προηγούμενο διάγραμμα με τη διαφορά ότι ο κάθετος άξονας αντιστοιχεί στην απαιτητικότητα των πελατών για κάποιο κριτήριο και ο οριζόντιος άξονας στην αντίστοιχη αποτελεσματικότητα. Υπάρχουν και εδώ 4 τεταρτημόρια. Ο

ιθύνων πρέπει να κατευθύνει τις προσπάθειες βελτίωσης του προσφερόμενου προϊόντος ή υπηρεσίας προς εκείνες τις διαστάσεις ικανοποίησης που παρουσιάζουν υψηλή αποτελεσματικότητα και χαμηλή απαιτητικότητα. Τη δεύτερη προτεραιότητα των ενεργειών βελτίωσης αποτελούν οι διαστάσεις που είτε παρουσιάζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα και απαιτητικότητα ταυτοχρόνως ή το αντίθετο. Τελευταία προτεραιότητα βελτίωσης αποτελούν εκείνα τα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή υπηρεσίας που παρουσιάζουν μικρή αποτελεσματικότητα και υψηλή απαιτητικότητα.

Υπάρχουν και σε αυτήν την περίπτωση δύο ειδών διαγράμματα: τα «απόλυτα» και τα «σχετικά», όπως ακριβώς και στα διαγράμματα δράσης. Η μορφή ενός διαγράμματος βελτίωσης απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα.

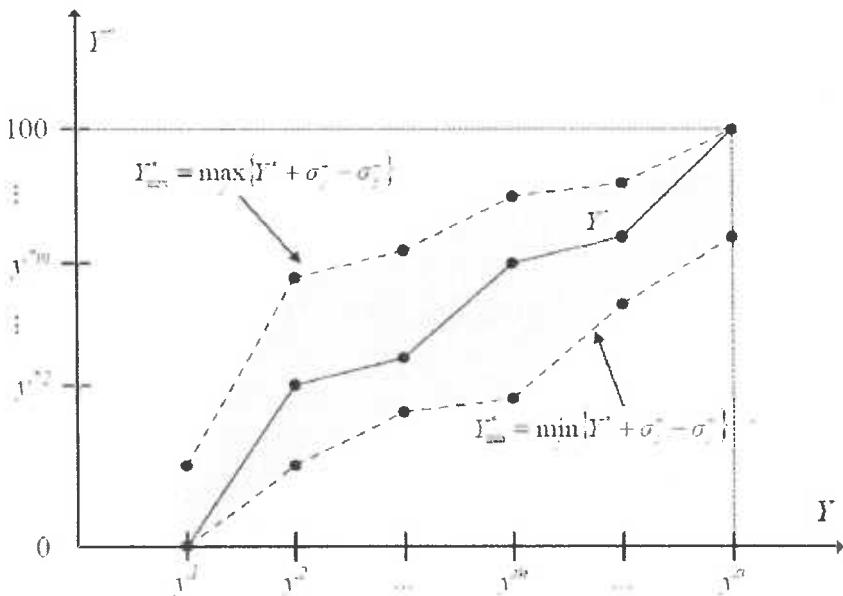


Σχήμα 6: Διάγραμμα βελτίωσης (Grigoroudis, & Siskos, 2002)

3. Το διάγραμμα διακύμανσης της ολικής ικανοποίησης υποδεικνύει την προσαρμογή του μοντέλου στις κρίσεις των πελατών. Χρησιμοποιείται συμπληρωματικά μαζί με τον AFI και το OPL. Η κατασκευή του είναι απλή: Από τη σχέση (20) υπολογίζονται οι εκτιμώμενες ατομικές αξίες ικανοποίησης και στη συνέχεια εξάγεται η μέγιστη και η ελάχιστη αξία ικανοποίησης για κάθε επίπεδο ικανοποίησης, βάσει των τύπων:

$$\begin{cases} \bar{y}_{\max}^{*m} = \max_j \{\tilde{y}_j^{*m}\} \\ \bar{y}_{\min}^{*m} = \min_j \{\tilde{y}_j^{*m}\} \end{cases} \forall m \quad (24)$$

Το διάγραμμα απλά δείχνει το εύρος των τιμών της αξίας ικανοποίησης που δίνει το σύνολο των πελατών για κάθε επίπεδο της ποιοτικής κλίμακας ικανοποίησης. Ένα παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 7: Διάγραμμα διακύμανσης ολικής συνάρτησης ικανοποίησης  
(Γρηγορούδης, & Σίσκος, 2000)

#### 2.3.4. Επεκτάσεις

Πέρα από την ανάπτυξη του «Βασικού Μοντέλου MUSA» που παρουσιάστηκε άνω έχει πραγματωθεί και μία σειρά ερευνών επέκτασής του<sup>21</sup>. Στα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί περιλαμβάνονται:

1. Το Βασικό Μοντέλο MUSA με δύο επίπεδα κριτηρίων ικανοποίησης: Σε αυτό το μοντέλο προβλέπεται και το γεγονός ότι κάποια κριτήρια μπορούν να αναλυθούν σε υποκριτήρια. Η φιλοσοφία της μεθόδου και οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές είναι οι ίδιες.
2. Το Γενικευμένο Μοντέλο MUSA: Αυτό το μοντέλο έρχεται να αντιμετωπίσει περιπτώσεις όπου κάποια συνάρτηση αξιών δεν προκύπτει γνησίως αύξουσα<sup>22</sup> ή

<sup>21</sup> Για περισσότερες λεπτομέρειες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στους Γρηγορούδη, & Σίσκο (2000).

κάποιο βάρος κριτηρίου υπολογίζεται ίσο με το μηδέν. Η διαφορά του με το βασικό μοντέλο είναι ότι εισάγει την έννοια του «κατωφλιού προτίμησης» γή  $\gamma_i$ . Το τελευταίο αποτελεί το «ελάχιστο βήμα» αύξησης της συνάρτησης  $Y^*$  ή αντίστοιχα της  $X_i^*$ . Η εισαγωγή του στο μοντέλο υποχρεώνει την ελάχιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο συντελεστής βάρους  $b_i$  να γίνει ίση με  $\gamma_i(a_i - 1)$ . Απαιτείται, λοιπόν:

$$\begin{cases} y^{*m+1} - y^{*m} \geq \gamma & \text{για } m = 1, 2, \dots, a-1 \\ x_i^{*k+1} - x_i^{*k} \geq \gamma_i & \text{για } k = 1, 2, \dots, a_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \\ \gamma, \gamma_i > 0 \end{cases} \quad (25)$$

Από τις σχέσεις (25) προκύπτει:

$$\begin{cases} z_m \geq \gamma \\ w_{ik} \geq \gamma_i \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} z_m - \gamma \geq 0 \\ w_{ik} - \gamma_i \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} z'_m \geq 0 & \text{για } m = 1, 2, \dots, a-1 \\ w'_{ik} \geq 0 & \text{για } k = 1, 2, \dots, a_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (26)$$

Οι τονούμενες μεταβλητές είναι εκείνες που εισέρχονται στο γραμμικό πρόγραμμα της μεθόδου.

3. Το MUSA I: Η διαφορά της με το παραδοσιακό μοντέλο MUSA είναι το ότι στη φάση μεταβελτιστοποίησης εκτός από τα γραμμικά προγράμματα μεγιστοποίησης κριτηρίων, λύνονται και εκείνα που ελαχιστοποιούν κάθε κριτήριο. Λόγω του ότι τα κριτήρια είναι συνήθως ανταγωνιστικά η τεχνική αυτή δεν δίνει διαφορετικά αποτελέσματα, αλλά απλά αυξάνει τον υπολογιστικό φόρτο.
4. Το MUSA II: Σε αυτή τη μέθοδο κατά τη φάση μεταβελτιστοποίησης μεγιστοποιούνται τα κατώφλια προτίμησης. Τα αποτελέσματά της δε διαφέρουν σημαντικά από το γενικευμένο μοντέλο και, επιπλέον, είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις που υπάρχει πρόβλημα επιλογής κατάλληλων τιμών για τα κατώφλια<sup>23</sup>. Σημαντικό πλεονέκτημά της αποτελεί ο χαμηλός υπολογιστικός φόρτος.
5. Το MUSA III: Σε αυτήν την περίπτωση κατά τη φάση μεταβελτιστοποίησης μεγιστοποιούνται τα διαδοχικά βήματα αύξησης των συναρτήσεων αξιών (δηλαδή τα  $z_m$  και  $w_{ik}$ ). Αποτελεί επέκταση της MUSA II, αλλά συνοδεύεται από υψηλό υπολογιστικό φόρτο (υψηλότερο από όλες τις άλλες μεθόδους).

<sup>22</sup> Το βασικό μοντέλο δεν επιβάλλει την αντιηρή μονοτονία.

<sup>23</sup> Υπενθυμίζεται ότι τα κατώφλια προτίμησης καθορίζονται a priori.

6. To MUSA IV: Η μέθοδος αυτή κατά τη φάση της μεταβελτιστοποίησης ελαχιστοποιεί τη διαφορά ανάμεσα στη μεγαλύτερη και τη μικρότερη τιμή των μεταβλητών σφαλμάτων  $\sigma^+$  και  $\sigma^-$  στην περίπτωση που  $F^* > 0$  (Despotis et al., 1990). Δεδομένης της μη αρνητικότητας των μεταβλητών σφαλμάτων, αυτή η τεχνική ισοδυναμεί με την ελαχιστοποίηση της μεγαλύτερης τιμής των σφαλμάτων ( $L_\infty$  νόρμας). Βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι «ισοκατανέμοντας» τα σφάλματα στο σύνολο των πελατών αλλοιώνται τα αποτελέσματα. Επιπλέον, δεν αντιμετωπίζεται το θέμα των πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων (λύνεται μόνο ένα γραμμικό πρόγραμμα στη φάση μεταβελτιστοποίησης).

### 3.2 Πράσινη Αδιανομία

Πλέοντας στην άλλη μέρος της παραπομπής της ανατροπής της πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία, οι πρώτες παραπομπές πρέπει να γίνουν στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία.

Παραπομπές στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία πρέπει να γίνουν στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία. Οι παραπομπές πρέπει να γίνουν στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία.

▷ Η παραπομπή στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία πρέπει να γίνεται στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία.

▷ Οι παραπομπές στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία πρέπει να γίνονται στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία. Οι πρώτες πρασίνες πρέπει να γίνονται στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία. Οι πρώτες πρασίνες πρέπει να γίνονται στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία. Οι πρώτες πρασίνες πρέπει να γίνονται στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία.

▷ Η πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία πρέπει να γίνεται στην πλέοντας στην πλέοντας πράσινη αδιανομία.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ**

### **3.1. ΣΤΟΧΟΣ**

Παρά την επιτυχία του υπάρχοντος συστήματος MU.S.A., υπάρχουν κάποια περιθώρια βελτίωσης τα οποία η παρούσα μελέτη διερευνά. Στο παρουσιασθέν μοντέλο παρατηρείται ότι τα βάρη ικανοποίησης εξάγονται με ταχική παλινδρόμηση<sup>24</sup> μαζί με τις περιθώριες συναρτήσεις αξιών  $X_i^*$  μέσω των μεταβλητών  $w_{ik}$ . Το ερώτημα που τίθεται είναι το εάν και το κατά πόσο θα μπορούσε να βελτιωθεί η εγκυρότητα<sup>25</sup> της μεθόδου και η ευστάθεια του μοντέλου αντλώντας από τα ερωτηματολόγια περισσότερες πληροφορίες για το σύστημα αξιών του πελάτη. Ειδικότερα, αναπτύσσονται και δοκιμάζονται - επί το πλείστον - αλγόριθμοι που υπολογίζουν ξεχωριστά τα βάρη και τις συναρτήσεις αξιών με στόχο τη βελτίωση των εκτιμήσεων του μοντέλου.

### **3.2. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ**

«Αλγόριθμος είναι μία διαδικασία η οποία περιγράφει με σαφήνεια μία πεπερασμένη ακολουθία βημάτων που πρέπει να εκτελεστούν με συγκεκριμένη σειρά για να λύσει ή να προσεγγίσει ένα πρόβλημα»<sup>26</sup>.

Οι αλγόριθμοι που αντιτροτείνονται στο σημερινό του συστήματος MU.S.A. πρέπει να ακολουθούν ορισμένες προδιαγραφές. Οι τελευταίες λειτουργούν ως αφετηρία για την περαιτέρω ανάπτυξη των μοντέλων:

- Η εκτίμηση των βαρών των κριτηρίων ικανοποίησης είναι επιθυμητό να γίνεται ξεχωριστά από την εκτίμηση των συναρτήσεων αξιών (value functions).
- Οι αλγόριθμοι πρέπει να δέχονται δεδομένα (input data) που έχουν συλλεχθεί από ερωτηματολόγια πλήρως κατανοητά και «εύχρηστα». Οι σχετικές ερωτήσεις πρέπει να είναι απλές, ώστε να γίνονται κατανοητές από τον οποιοδήποτε, και το συνολικό μέγεθος του ερωτηματολογίου να κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα (συνήθως 1-4 σελίδες, εξαρτάται από τη συγκεκριμένη περίπτωση).

<sup>24</sup> Ordinal regression.

<sup>25</sup> Εγκυρότητα = το κατά πόσο η έρευνα ικανοποίησης μετρά και αναλύει τις παραμέτρους και τα μεγέθη που πρέπει να μετρηθούν (Σίσκος και Γρηγορούδης (2000)).

<sup>26</sup> Παπαγεωργίου Γ.Σ. (1989).

- Θα πρέπει να γίνεται γενικά χρήση ταξικών παλινδρομήσεων, όπου απαιτείται, για να επιτυγχάνεται η αποσύνθεση (disaggregation) της συλλογιστικής των πελατών.
- Ο εκάστοτε αλγόριθμος θα πρέπει να είναι ευσταθής (δηλαδή μικρές αλλαγές στις αρχικές τιμές να οδηγούν σε μικρές αλλαγές στα τελικά αποτελέσματα – με άλλα λόγια τα τελευταία να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερα).
- Επιθυμείται «ολική σύγκλιση» σε λύση, δηλαδή ο κάθε αλγόριθμος να συγκλίνει σε λύση ανεξαρτήτως των δεδομένων εισόδου του (αρχικών σημείων). Αυτό σημαίνει ανάμεσα σε άλλα και ότι όπου υπάρχουν γραμμικά προγράμματα ο αριθμός των μεταβλητών απόφασης (μαζί με εκείνες της απόκλισης) πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με τον αριθμό των περιορισμών<sup>27</sup> (χωρίς τους περιορισμούς θετικότητας) για να υπάρχει τουλάχιστον μία λύση (Ξηρόκωστας, 1991).
- Επιθυμείται ικανοποιητική ταχύτητα σύγκλισης, ήτοι όσο το δυνατόν λιγότερος υπολογιστικός φόρτος. Ένα ενδεικτικό μέτρο του τελευταίου όταν λύνονται γραμμικά προγράμματα δίνεται από την εξίσωση (Σίσκος και Γρηγορούδης, 2000):

$$\text{Υπολ. φόρτος} = (\text{αριθμός γ. π.}) * (\text{αρ. περιορισμών})^2 * (\text{αρ. μεταβλητών}) \quad (27)$$

### 3.3. ΈΡΕΥΝΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Έχοντας υπόψιν τις άνω προδιαγραφές διεξήχθη έρευνα στη διεθνή βιβλιογραφία προκειμένου να αντληθούν ιδέες που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στη συνέχεια. Δεδομένου του γεγονότος του ότι η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση έχει πολλά κοινά με το ρεύμα της M.A.V.T. (MultiAttribute Value Theory) δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στη μελέτη των μεθόδων που εφαρμόζονται στο δεύτερο για την εκτίμηση των βαρών και των συναρτήσεων αξιών. Οι μέθοδοι αυτοί θα μπορούσαν να εφαρμοστούν υποστηρικτικά στο αναθεωρημένο σύστημα MUSA. Στο Παράρτημα B αναφέρονται συνοπτικά οι κυριότερες τεχνικές.

Όσον αφορά τις συναρτήσεις αξιών, οι μοναδικές τεχνικές που θα μπορούσαν να έχουν κάποια χρησιμότητα είναι η άμεση εκμαίευση και η προσαρμογή καμπυλών. Οι υπόλοιπες τεχνικές στηρίζονται στην έντονη αλληλεπίδραση μεταξύ ερευνητή και

<sup>27</sup> Υποθέτοντας ότι οι περιορισμοί είναι γραμμικά ανεξάρτητοι.

DM, πράγμα που καθιστά απαγορευτική τη χρήση τους σε ερωτηματολόγια. Επιπλέον, στην περίπτωση της έρευνας ικανοποίησης υπάρχει ο περιοριστικός παράγοντας ότι οι μέθοδοι της MAVT έχουν αναπτυχθεί κυρίως για ποσοτικά κριτήρια (εκφράζονται με αριθμητικές μεταβλητές) και όχι για ποιοτικά (εκφράζονται στη συγκεκριμένη περίπτωση με ordinal μεταβλητές). Για αυτό το λόγο η ordinal regression (της disaggregation προσέγγισης) αποτελεί πάντα μία σίγουρη λύση (αν και όχι τη μόνη).

Όσον αφορά τον υπολογισμό των βαρών σημαντικότητας των κριτηρίων, οι υπάρχουσες τεχνικές έχουν προβληματική εφαρμογή στην περίπτωση του συστήματος MUSA, λόγω είτε της έντονης διαλεκτικής φύσης τους είτε του γεγονότος ότι συχνά η δηλούμενη σημαντικότητα κάποιου κριτηρίου διαφέρει από την ενυπάρχουσα που προκύπτει από τη συμπεριφορά των πελατών για διάφορους λόγους<sup>28</sup>. Η χρήση της ταξικής παλινδρόμησης (όπως αυτή χρησιμοποιείται στο υπάρχον MUSA) αποτελεί τη βέλτιστη λύση για τους αλγορίθμους (αν και όχι τη μόνη). Σύμφωνα με M.Höge τα βάρη ικανοποίησης, λόγω της υποκειμενικής τους φύσης, πρέπει να ελέγχονται και με ανάλυση ευαισθησίας μετά τον υπολογισμό τους. Η χρήση του goal programming στο σύστημα της MUSA προσφέρει ικανά και αποτελεσματικά εργαλεία και τεχνικές για το λόγο αυτό (post-optimization analysis), ενισχύοντας την επιλογή της ταξικής παλινδρόμησης.

Η τελευταία θα μπορούσε να γίνει και για κάθε πελάτη ξεχωριστά, ώστε έπειτα τα συλλογικά (collective) μεγέθη των βαρών να υπολογιστούν ως ένας μέσος όρος με ή χωρίς στάθμιση<sup>29</sup>. Κάτι τέτοιο, όμως, δε θα ήταν καλή ιδέα γιατί:

- Παρουσιάζεται και το πρόβλημα επιλογής των σωστών συντελεστών σταθμίσεως (εάν αυτό απαιτείται).
- Αυξάνεται ο υπολογιστικός φόρτος (βλ. τη σχέση υπολογισμού του, ενότητα II.B).
- Κινδυνεύει η ευστάθεια του μοντέλου.

Καταλήγοντας, για τα βάρη η μόνη επιλογή που φαίνεται ελκυστική εξ' αρχής είναι ο απευθείας υπολογισμός των συλλογικών μεγεθών με ταξική παλινδρόμηση / goal programming.

<sup>28</sup> Grigoroudis et al. (2003). *Modelling importance preferences in customer satisfaction surveys*.

<sup>29</sup> Όπως και στη μελέτη των Αναγνωστόπουλου Π. κ.α. για πολυκριτηριακή αξιολόγηση X.Y.T.A.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν με αφετηρία τα όσα έχουν ήδη λεχθεί στα πλαίσια και ενός γενικότερου προβληματισμού πάνω στο σύστημα M.U.S.A. Οι συμβολισμοί και οι ορισμοί των διαφόρων μεγεθών που χρησιμοποιούνται είναι οι ίδιοι με εκείνους της υπάρχουσας μεθόδου, εκτός και εάν κατά περίπτωση αναφέρεται διαφορετικά.

### 3.4. MUSA A: ΆΜΕΣΗ ΕΚΜΑΙΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΑΞΙΩΝ

Η πρώτη προσέγγιση καλείται 'MUSA A' και χρησιμοποιεί την τεχνική της άμεσης εκμαίευσης των συναρτήσεων αξιών. Τα βάρη υπολογίζονται με goal programming, όπως και οι συλλογικές συναρτήσεις αξιών (collective value functions). Υπάρχουν τρεις παραλλαγές, καλούμενες 'MUSA Ax'. Η εκμαίευση των αξιών κάθε πελάτη επιτυγχάνεται με προσθήκη στο ερωτηματολόγιο μίας επιπλέον ερώτησης για κάθε κριτήριο  $i$  και συνολικά για την  $Y^*$  της μορφής<sup>30</sup>:

Παρακαλούμε σημειώσετε στη δεξιά στήλη το πόσο τοις εκατό (%) ικανοποίηση θα αισθανόσασταν για...<το κριτήριο>...εάν δηλώνατε στην άνω ερώτηση ότι είσαστε:

Καθόλου ικανοποιημένος	0 %
Λίγο ικανοποιημένος	%
Μέτρια ικανοποιημένος	%
Πολύ ικανοποιημένος	%
Απόλυτα ικανοποιημένος	100 %

Εναλλακτικά θα μπορούσαν να υπάρξουν ερωτήσεις της μορφής:

Παρακαλούμε σημειώσετε στη δεξιά στήλη το πόσο τοις εκατό (%) πιο σημαντικό είναι για εσάς, όσον αφορά...<το κριτήριο>:

Το «απόλυτα ικανοποιημένος» από το «πολύ ικανοποιημένος»;	%
Το «πολύ ικανοποιημένος» από το «μέτρια ικανοποιημένος»;	%
Το «μέτρια ικανοποιημένος» από το «λίγο ικανοποιημένος»;	%

<sup>30</sup> Υποθέτουμε ότι στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχουμε πέντε επίπεδα ικανοποίησης.

Στη δεύτερη περίπτωση οι συναρτήσεις αξιών (έστω  $Y_j^*$  και  $X_{ij}^*$ ) για τον πελάτη  $j$  μπορούν να εξαχθούν από τις αποκρίσεις στην άνω ερώτηση (έστω  $p_{ij}^a, p_{ij}^{a-1}, \dots, p_{ij}^3$  και  $p_j^a, p_j^{a-1}, \dots, p_j^3$ ) λύνοντας ως προς τους αγνώστους τις εξισώσεις:

$$\begin{cases} x_{ij}^{*\alpha_i} = (1 + p_{ij}^{a_i}) x_{ij}^{*\alpha_i-1} \\ \vdots \\ x_{ij}^{*3} = (1 + p_{ij}^3) x_{ij}^{*2} \end{cases} \quad (28) \text{ και } \begin{cases} y_j^{*\alpha} = (1 + p_j^a) y_j^{*\alpha-1} \\ \vdots \\ y_j^{*3} = (1 + p_j^3) y_j^{*2} \end{cases} \quad (29)$$

γνωρίζοντας ότι:

$$x_{ij}^{*\alpha_i} = 100, x_{ij}^{*1} = 0, y_j^{*\alpha} = 100, y_j^{*1} = 0$$

Γενικότερα για την επιλογή της MUSA A ως αποτελεσματικής προσέγγισης υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις:

#### Προϋποθέσεις για εφαρμογή της MUSA A:

- Οι ερωτώμενοι πρέπει να έχουν επαρκές μορφωτικό επίπεδο, ώστε να μπορούν να αντιληφθούν το νόημα των άνω ερωτήσεων.
- Εξαιρουμένης της MUSA A3 που παρουσιάζεται παρακάτω, αυτή η προσέγγιση είναι δύσχρηστη σε περίπτωση που υπάρχουν δύο επίπεδα κριτηρίων ή όταν ο αριθμός των κριτηρίων  $n$  είναι μεγάλος, διότι αυξάνεται υπερβολικά το μέγεθος του ερωτηματολογίου.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι αυτής της προσέγγισης.

#### 3.4.1. MUSA A1

Περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθούν το στάδιο της συλλογής στοιχείων για τη διαμόρφωση των ατομικών συναρτήσεων αξιών:

1ο) Υπολογίζονται τα collective (συλλογικά)  $b_i$  με goal programming:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M (\sigma_j^+ + \sigma_j^-) \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij}^{*t_{ij}} b_i - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = y_j^{*t_{ij}} \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{i=1}^n b_i = 1 \\ \sigma_j^+ \geq 0, \sigma_j^- \geq 0 \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, M \\ b_i \geq 0 \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \quad (30)$$

2o) Γίνεται ανάλυση ευστάθειας βασιζόμενη στις γενικές αρχές του γραμμικού προγραμματισμού, ακριβώς όπως και στο υπάρχον σύστημα MUSA. Ειδικότερα εάν  $F^*$  είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του προγράμματος (30), τώρα λύνεται το ακόλουθο γραμμικό πρόγραμμα για κάθε κριτήριο  $i$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} [\max] F' = b_i \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του γ.π. (30)} \end{array} \right. \quad (31)$$

Το  $\varepsilon$  αποτελεί ως γνωστόν μία μικρή (πρακτικά αμελητέα) προκαθορισμένη ποσότητα. Από τα  $n$  γραμμικά προγράμματα που λύνονται υπολογίζονται οι μέσοι όροι των βαρών των κριτηρίων, που αποτελούν και τις αντιπροσωπευτικές τελικές λύσεις του προβλήματος. Επιπλέον, το εύρος των τιμών των βαρών (από τα  $n$  προγράμματα) είναι ένα μέτρο αστάθειας.

3o) Όσον αφορά τις collective value functions, υπολογίζονται οι μέσες τιμές - ανά επίπεδο - των ατομικών συναρτήσεων αξιών από τους τύπους:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i^{*k} = \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}^{*k}}{M} \quad \text{για } k = 2, 3, \dots, (a_i - 1) \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \\ y^{*m} = \frac{\sum_{j=1}^M y_j^{*m}}{M} \quad \text{για } m = 2, 3, \dots, (a - 1) \\ x_i^{*a_i} = y^{*a} = 100 \\ x_i^{*1} = y^{*1} = 0 \end{array} \right. \quad (32)$$

4ο) Υπολογίζονται ο δείκτης ολικής ικανοποίησης  $S$  και οι δείκτες μερικής ικανοποίησης  $S_i$  με βάσει τους γνωστούς τύπους του τωρινού συστήματος MUSA. Εναλλακτικά μπορούμε να υπολογίσουμε τους δείκτες κατευθείαν από τα ατομικά δεδομένα του κάθε πελάτη με βάσει τους τύπους:

$$\left\{ \begin{array}{l} S'_i = \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}^{*t_{ji}}}{M} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ S' = \frac{\sum_{j=1}^M y_j^{*t_j}}{M} \end{array} \right. \quad (33)$$

5ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες απαιτητικότητας και αποτελεσματικότητας και καταρτίζονται τα διαγράμματα δράσης και βελτίωσης με τους γνωστούς τρόπους.

6ο) Υπολογίζουμε τους δείκτες προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα του προβλήματος αξιολόγησης της ικανοποίησης πελατών. Οι δείκτες αυτοί αποτελούν ένα μέτρο του κατά πόσο τα αποτελέσματα μπορούν να εξηγήσουν την πραγματική συμπεριφορά του κάθε πελάτη. Ο μέσος δείκτης προσαρμογής  $AFI$  στο MUSA A1 ουσιαστικά εκτιμά το βαθμό προσαρμογής του μοντέλου όσον αφορά τα βάρη των κριτηρίων  $b_i$ , αφού το γραμμικό πρόγραμμα (30) χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εύρεσή τους.

Για να μελετηθεί ο βαθμός προσαρμογής του MUSA A1 στα δεδομένα των συναρτήσεων αξιών είναι σκόπιμη η χρήση ενός άλλου δείκτη καλούμενου  $AFI'$ :

$$AFI' = 1 - \sum_{j=1}^M \sum_{m=2}^{a-1} \frac{|y^{*m} - y_j^{*m}|}{100M(a-2)} \quad (34)$$

Ο δείκτης αυτός<sup>31</sup> παίρνει την τιμή  $AFI' = 1$  όταν οι ατομικές συναρτήσεις αξιών ταυτίζονται πλήρως με τη συλλογική συνάρτηση. Αντίστοιχα έχουμε την μηδενική τιμή όταν οι διαφορές (σε αξία) των επιπέδων ικανοποίησης των ατομικών συναρτήσεων από εκείνων της συλλογικής συνάρτησης πάρουν τη μέγιστη τιμή τους. Φυσικά  $AFI' \in [0, 1]$ . Ο ερευνητής θα μπορούσε να υπολογίσει όμοια τον δείκτη (34) και για τις μερικές συναρτήσεις αξιών και να βγάλει έναν μέσο όρο<sup>32</sup>.

Ως ένας ολικός δείκτης προσαρμογής θα μπορούσε να οριστεί ο:

$$AFI_{A1} = \frac{AFI + AFI'}{2} \quad (35)$$

Τέλος, συμπληρωματικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα μέτρα προσαρμογής, όπως το διάγραμμα διακύμανσης της ολικής ικανοποίησης και ο πίνακας πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης, όπως στο σημερινό γενικευμένο MUSA. Για την εκμετάλλευσή τους, βέβαια, στο MUSA A1 οι συναρτήσεις αξιών για κάθε πελάτη δεν εκτιμώνται όπως στο σημερινό MUSA, αλλά είναι ήδη γνωστές (δηλαδή ισχύει – εξετάζοντας το σημερινό μοντέλο –  $\tilde{y}_j^{*m} = y_j^{*t_j}$ ).

7ο) Υπολογίζεται ο μέσος δείκτης ευστάθειας ( $ASI$ ) του μοντέλου κατά τον ίδιο τρόπο ακριβώς, όπως και στο σημερινό σύστημα MUSA.

### 3.4.2. MUSA A2

1ο) Όμοιο με MUSA A1.

2ο) Όμοιο με MUSA A1.

3ο) Οι collective value functions υπολογίζονται με goal programming. Ειδικότερα λύνεται για κάθε συνάρτηση αξιών (μερικές και ολική) ένα γραμμικό πρόγραμμα που προσπαθεί να συνθέσει τα δεδομένα από τον κάθε πελάτη:

<sup>31</sup> Σημειώνεται ότι στον τύπο δεν εξετάζονται τα επίπεδα 1 και α, γιατί οι ατομικές συναρτήσεις ταυτίζονται με τη συλλογική εκεί (οριακά σημεία).

<sup>32</sup> Αυτός ο δείκτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στον τύπο (35).

$$[\min] F'' = \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^{a_j} (\sigma_{jm}^+ + \sigma_{jm}^-)$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{cases} y^{*m} - \sigma_{jm}^+ + \sigma_{jm}^- = y_j^{*m} \text{ για } j = 1, 2, \dots, M \text{ και για } m = 1, 2, \dots, a_j \\ y^{*m} - y^{*m-1} \geq \gamma_i \text{ για } m = 2, 3, \dots, a_j \\ y^{*1} = 0 \\ y^{*a_j} = 100 \\ y^{*m} \geq 0 \text{ για } m = 1, 2, \dots, a_j \\ \sigma_{jm}^+ \geq 0, \sigma_{jm}^- \geq 0 \text{ για } j = 1, 2, \dots, M \text{ και για } m = 1, 2, \dots, a_j \end{cases} \quad (36)$$

και

$$[\min] F_i'' = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{a_i} (\sigma_{jki}^+ + \sigma_{jki}^-) \text{ για } i = 1, 2, \dots, n$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{cases} x_i^{*k} - \sigma_{jki}^+ + \sigma_{jki}^- = x_{ij}^{*k} \text{ για } j = 1, 2, \dots, M \text{ και για } k = 1, 2, \dots, a_i \\ x_i^{*k} - x_i^{*k-1} \geq \gamma_i \text{ για } k = 2, 3, \dots, a_i \\ x_i^{*1} = 0 \\ x_i^{*a_i} = 100 \\ x_i^{*k} \geq 0 \text{ για } k = 1, 2, \dots, a_i \\ \sigma_{jki}^+ \geq 0, \sigma_{jki}^- \geq 0 \text{ για } j = 1, 2, \dots, M \text{ και για } k = 1, 2, \dots, a_i \end{cases} \quad (37)$$

Στα άνω γραμμικά προγράμματα οι ποσότητες  $\gamma_i$ ,  $\gamma_j$  είναι τα γνωστά από το γενικευμένο MUSA κατώφλια προτίμησης. Είναι προκαθορισμένες ποσότητες που ανήκουν στο διάστημα  $[0, 100]$  οι οποίες υποχρεώνουν τις συλλογικές συναρτήσεις αξιών να είναι γνήσια μονότονες. Στην απλούστερη περίπτωση που είναι μηδενικές το ζητούμενο είναι η μονοτονία και όχι η γνήσια μονοτονία.

4o) Ομοιο με MUSA A1.

5o) Ομοιο με MUSA A1.

6o) Οι δείκτες των σχέσεων (34) και (35) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εδώ. Το ίδιο ισχύει και για το διάγραμμα διακύμανσης της ολικής ικανοποίησης και τον πίνακα πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης του MUSA A1. Ωστόσο υπάρχει ένα ακριβέστερο μέτρο για το βαθμό προσαρμογής, κατ' αναλογία με το σημερινό μοντέλο, που εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι οι συλλογικές συναρτήσεις αξιών

εξάγονται από προγραμματισμό στόχων (goal programming). Το μέτρο αυτό είναι:

$$AFI_{A2} = 1 - \frac{1}{n+2} \left( \frac{F^*}{100M} + \frac{F''^*}{100aM} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i'''^*}{100a_i M} \right) \in [0,1] \quad (38)$$

Οι  $F''^*$ ,  $F_i'''^*$  είναι οι βέλτιστες τιμές σφαλμάτων των γραμμικών προγραμμάτων (36) και (37). Κάθε όρος στην παρένθεση ουσιαστικά κανονικοποιεί (στο διάστημα  $[0, 1]$ ) τα σφάλματα από τα γραμμικά προγράμματα (ο πρώτος του (30), ο δεύτερος του (36), και ο τρίτος των (37)). Στη συνέχεια αφαιρείται από τη μονάδα το  $1/(n+2)$  του αθροίσματος των σφαλμάτων ώστε να επιτευχθεί η κανονικοποίηση του  $AFI_{A2}$  στο  $[0, 1]$ .

7ο) Υπολογίζεται κατά τα γνωστά ο  $ASI$ . Ανάλυση ευστάθειας γίνεται για τα βάρη ικανοποίησης, αφού, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα των προδιαγραφών αλγορίθμων, τα κριτήρια είναι συνήθως ανταγωνιστικά και οι συντελεστές βαρών επηρεάζονται περισσότερο από την υποκειμενική φύση τους. Άλλωστε η ανάλυση ευστάθειας των προγραμμάτων (36) και (37) θα επιβάρυνε σημαντικά τον υπολογιστικό φόρτο<sup>33</sup>.

### 3.4.3. MUSA A3

Στην περίπτωση της MUSA A3 από το ερωτηματολόγια είναι απαραίτητη η άντληση πληροφοριών μόνο για τις ατομικές ολικές συναρτήσεις  $Y_j^*$ . Στη συνέχεια:

1ο) Υπολογίζουμε τα βάρη ικανοποίησης και τις συλλογικές συναρτήσεις αξιών ταυτόχρονα. Για να έχουμε μονοτονία, αλλά και για να επιτευχθεί η γραμμικότητα του μοντέλου, χρησιμοποιούμε τις μεταβλητές  $z_m$  και  $w_{ik}$  όπως ορίστηκαν στη σημερινή μορφή του MUSA. Ειδικότερα λύνουμε το κάτωθι γραμμικό πρόγραμμα:

<sup>33</sup> Ωστόσο, η διερεύνηση μίας τέτοια ανάλυσης παρουσιάζει ερευνητικό ενδιαφέρον έξω από τα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M (\sigma_j^+ + \sigma_j^-) + \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^{a-1} (\sigma_{jm}^+ + \sigma_{jm}^-) \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_j-1} w_{ik} - \sum_{m=1}^{t_j-1} z_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = 0 \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{m=1}^{a-1} z_m = 100 \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{a-1} w_{ik} = 100 \\ z_m - \sigma_{jm}^+ + \sigma_{jm}^- = y_j^{*m+1} - y_j^{*m} \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, M \text{ και για } m = 1, 2, \dots, (a-1) \\ z_m \geq 0, \quad w_{ik} \geq 0 \quad \forall m, i, k \\ \sigma_j^+ \geq 0, \sigma_j^- \geq 0, \sigma_{jm}^+ \geq 0, \sigma_{jm}^- \geq 0 \quad \forall j, m \end{array} \right. \quad (39)$$

Οι αρχικές μεταβλητές υπολογίζονται κατά τους γνωστούς τρόπους.

- 2ο) Γίνεται ανάλυση ευστάθειας ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως στο σημερινό μοντέλο. Μία αντιπροσωπευτική τελική λύση για όλες τις μεταβλητές υπολογίζεται από τη μέση τιμή των βέλτιστων λύσεων που δίνουν τα γραμμικά προγράμματα που μεγιστοποιούν κάθε κριτήριο  $(\sum_{k=1}^{a-1} w_{ik})$ .

- 3ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες ικανοποίησης όπως και στο σημερινό μοντέλο.

- 4ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες απαιτητικότητας και αποτελεσματικότητας και καταρτίζονται τα διαγράμματα δράσης και βελτίωσης με τους γνωστούς τρόπους.

- 5ο) Για να εκτιμηθεί η προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα υπολογίζεται ο AFI, όπως έχει τροποποιηθεί για τη MUSA A3<sup>34</sup>:

$$AFI_{A3} = 1 - \frac{F^*}{100M + 100M(a-1)} = 1 - \frac{F^*}{100Ma} \in [0, 1] \quad (40)$$

Το διάγραμμα διακύμανσης της ολικής ικανοποίησης και ο πίνακας πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης μπορούν να υπολογιστούν όπως στο μοντέλο MUSA A1.

- 6ο) Ο A.S.I. υπολογίζεται κατά τα γνωστά.

### 3.5. MUSA B: ΧΡΗΣΗ ΔΥΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

<sup>34</sup> Λαμβάνοντας υπόψιν ότι έχει αποδειχθεί  $\sigma_j^+ \cdot \sigma_j^- = 0 \quad \forall j$  (Charnes and Cooper, 1977).

Εφόσον ο πελάτης αποτελεί μία ενιαία και ολοκληρωμένη οντότητα για τα μοντέλα M.U.S.A.<sup>35</sup>, είναι δυνατή η χρήση δύο διαφορετικών εξειδικευμένων ερωτηματολογίων, προκειμένου να αντληθούν περισσότερα δεδομένα. Ειδικότερα το πρώτο ερωτηματολόγιο θα βοηθά στην εκτίμηση των βαρών των κριτηρίων, ενώ το δεύτερο στον υπολογισμό των συλλογικών συναρτήσεων αξιών.

#### **Προϋποθέσεις για εφαρμογή της MUSA B:**

1. Τα δύο δείγματα πρέπει να είναι πανομοιότυπα όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τους που αφορούν την έρευνα.
2. Η τεχνική δειγματοληψίας και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να είναι η ίδια.

Σε περίπτωση, βέβαια, που υπάρχει μόνο ένα επίπεδο κριτηρίων ικανοποίησης και ο αριθμός τους είναι ικανά μικρός, θα μπορούσαν να ενσωματωθούν και όλες οι ερωτήσεις στο ίδιο ερωτηματολόγιο.

Το πρώτο ερωτηματολόγιο είναι εμπνευσμένο από τα μοντέλα του ιδεώδους σημείου και περιέχει ερωτήσεις της μορφής (για κάθε κριτήριο):

Η ιδανική για εσάς εταιρία του κλάδου..... πρέπει να διαθέτει άψογο/η...<διάσταση ικανοποίησης>.

(Βάλτε x στο κουτάκι που επιθυμείτε)

Συμφωνώ απόλυτα	Συμφωνώ	Ούτε συμφωνώ Ούτε διαφωνώ	Διαφωνώ	Διαφωνώ απόλυτα
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Χρησιμοποιούνται, λοιπόν, κλίμακες Likert με 5 συνήθως επίπεδα. Υποθέτοντας μία προσθετική συνάρτηση αξιών και γνωρίζοντας εκ των προτέρων ότι όλοι οι πελάτες απαντούν όντας 100% ικανοποιημένοι τόσο συνολικά όσο και για τα επιμέρους κριτήρια, οι μόνες άγνωστες μεταβλητές είναι οι συντελεστές βαρών. Ουσιαστικά, λοιπόν, το πρώτο ερωτηματολόγιο ζητά από τους πελάτες να σταθμίσουν τα βάρη φέρνοντάς τους σε μία ιδανική κατάσταση όπου όλοι απολαμβάνουν τη μέγιστη ικανοποίηση.

Το δεύτερο ερωτηματολόγιο είναι πανομοιότυπο με αυτό που χρησιμοποιείται σήμερα για τη MUSA.

Υπάρχουν δύο παραλλαγές αυτής της προσέγγισης, που περιγράφονται ακολούθως:

<sup>35</sup> Σε αυτήν την υπόθεση βασίζεται η εκτίμηση των συλλογικών συναρτήσεων αξιών.

### 3.5.1. MUSA B1

1o) Το πρώτο βήμα αφορά τον υπολογισμό των βαρών. Βασιζόμενοι στο γεγονός ότι ο πελάτης που απαντά στο πρώτο ερωτηματολόγιο έχει στο νου του την ιδανική εταιρία και το ιδανικό προϊόν / υπηρεσία - πράγμα υποκειμενικό -, είναι λογικό να θεωρηθεί ότι εκείνος απαντά για την περίπτωση που  $X_i^* = Y^* = 100 \forall i$  (υποτίθεται ότι ανήκει στο ανώτερα επίπεδα ικανοποίησης). Μόνες άγνωστες μεταβλητές είναι τα βάρη, τα οποία μπορούν να εκτιμηθούν ως εξής:

$$b_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left( \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}} \right) \text{ για } i = 1, 2, \dots, n \quad (41)$$

Σημειώνεται ότι  $b_{ij}$  είναι οι τιμές από την κλίμακα Likert  $r_i$  επιπέδων για τον  $j$  πελάτη. Θέτουμε λοιπόν τα  $b_{ij}$  (που είναι φυσικοί αριθμοί) στο διάστημα<sup>36</sup>  $[1, r_i]$ . Η παρένθεση στο δεξιό μέλος της σχέσης (41) κανονικοποιεί τις αποκρίσεις των πελατών στο διάστημα  $[0, 1]$  τηρώντας και την προϋπόθεση του ότι το άθροισμα των κανονικοποιημένων βαρών για κάθε πελάτη να ισούται με τη μονάδα. Τα συλλογικά βάρη, όπως φαίνεται, υπολογίζονται ως ο μέσος όρος των κανονικοποιημένων βαρών των πελατών.

2o) Γνωρίζοντας πλέον τα βάρη λύνεται ένα γραμμικό πρόγραμμα που συνθέτει τις αποκρίσεις των πελατών στο δεύτερο ερωτηματολόγιο, ώστε να εξαχθούν οι συλλογικές συναρτήσεις αξιών. Χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές  $z_m$  και  $w_{ik}$  όπως και στο σημερινό μοντέλο MUSA (εξασφαλίζουν μονοτονία) με τη διαφορά του ότι:

$$w_{ik} = x_i^{*k+1} - x_i^{*k} \quad (42)$$

Αυτό είναι λογικό, αφού οι τιμές των βαρών των κριτηρίων ικανοποίησης είναι γνωστές. Το γραμμικό πρόγραμμα διαμορφώνεται ως εξής:

<sup>36</sup> Προτείνεται – όπως και στο παράδειγμα –  $r_i = 5$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M (\sigma_j^+ + \sigma_j^-) \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_j-1} b_i w_{ik} - \sum_{m=1}^{t_j-1} z_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = 0 \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{m=1}^{a-1} z_m = 100 \\ \sum_{k=1}^{a-1} w_{ik} = 100 \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ z_m \geq 0, \quad w_{ik} \geq 0 \quad \forall m, i, k \\ \sigma_j^+ \geq 0, \quad \sigma_j^- \geq 0 \quad \forall j \end{array} \right. \quad (43)$$

Οι αρχικές μεταβλητές υπολογίζονται ως εξής:

$$\left\{ \begin{array}{l} y^{*1} = x_i^{*1} = 0 \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ y^{*m} = \sum_{t=1}^{m-1} z_t \quad \text{για } m = 2, 3, \dots, a \\ x_i^{*k} = \sum_{t=1}^{k-1} w_{it} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \text{ και για } k = 2, 3, \dots, a_i \end{array} \right. \quad (44)$$

- 3ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες ικανοποίησης όπως ακριβώς και στο σημερινό σύστημα MUSA (χρησιμοποιώντας στοιχεία από το δεύτερο ερωτηματολόγιο).
- 4ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες απαιτητικότητας και αποτελεσματικότητας και καταρτίζονται τα διαγράμματα δράσης και βελτίωσης με τους γνωστούς τρόπους.
- 5ο) Για να εξεταστεί η προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα του προβλήματος χρειάζονται δύο δείκτες εκ των οποίων ο ένας θα αφορά τα βάρη και ο άλλος τις συναρτήσεις αξιών. Ο δεύτερος δεν είναι άλλος από το σημερινό AFI, που αφορά το γραμμικό πρόγραμμα (43). Ο πρώτος δείκτης θεωρείται ενδεικτικός της προσαρμογής των συλλογικών βαρών στα κανονικοποιημένα βάρη των πελατών και ορίζεται ως εξής:

$$AFI' = 1 - \sum_{j=1}^M \frac{\sum_{i=1}^n \left| b_i - \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}} \right|}{Mn} \in [0,1] \quad (45)$$

Για έναν ενδεικτικό ολικό δείκτη της προσαρμογής αρκεί να υπολογιστεί ο μέσος όρος των προαναφερθέντων δεικτών βάσει της σχέσης (35).

Συμπληρωματικά, μπορεί να καταρτιστεί το διάγραμμα διακύμανσης και ο πίνακας πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης κατά τον ίδιο τρόπο με το σημερινό μοντέλο MUSA.

Έλεγχος ευστάθειας γραμμικού προγράμματος για τη λύση όσον αφορά τα βάρη δεν μπορεί να γίνει, αφού τα βάρη υπολογίστηκαν χωρίς ordinal regression. Όσον αφορά τον έλεγχο ευστάθειας της λύσης για τις συλλογικές συναρτήσεις αξιών, δεν είναι τόσο σκόπιμη η πραγμάτωσή του<sup>37</sup>. Εάν κρινόταν απαραίτητη η διεξαγωγή του, όμως, θα μπορούσε να επιτευχθεί με μεγιστοποίηση των διαδοχικών βημάτων αύξησης των συναρτήσεων αξιών (δηλαδή των βασικών μεταβλητών της μεθόδου MUSA  $z_m$  και  $w_{ik}$ )<sup>38</sup>. Κάτι τέτοιο θα επιβάρυνε σημαντικά τον υπολογιστικό φόρτο<sup>39</sup>, αλλά θα μπορούσε να οδηγήσει στο 2<sup>o</sup> βήμα του αλγορίθμου στην επιλογή ως τελικών λύσεων των αγνώστων τους μέσους όρους των επί μέρους λύσεων από τα  $\left[ (a-1) + \sum_{i=1}^n (a_i - 1) \right]$  γραμμικά προγράμματα. Ως δείκτης αστάθειας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε μέτρο διασποράς των μεταβλητών που προκύπτουν από τα προγράμματα αυτά.

### 3.5.2. MUSA B2

Η δεύτερη παραλλαγή της προσέγγισης MUSA B διαφέρει από την πρώτη στο γεγονός ότι τα βάρη εκτιμώνται με προγραμματισμό στόχων. Αυτό δίνει τη δυνατότητα για έλεγχο ευστάθειας και θέτει τη βάση για ανάπτυξη πιο εξελιγμένων μοντέλων στο μέλλον, αφού ο μελετητής θα μπορεί να προσθέτει στο γραμμικό πρόγραμμα και διάφορους άλλους περιορισμούς (εκτός από τους προφανείς), τους οποίους κρίνει αναγκαίους. Τα βήματα της MUSA B2 περιγράφονται αναλυτικά:

<sup>37</sup> Όπως έχει προαναφερθεί, τα βάρη είναι εικέίνα που έχουν τον πρώτο λόγο στον έλεγχο ευστάθειας.

<sup>38</sup> Beuthe and Scannella (1996).

<sup>39</sup> Γρηγορούδης και Σίσκος (2000).

1o) Λύνεται το κάτωθι γραμμικό πρόγραμμα:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n (\sigma_{ji}^+ + \sigma_{ji}^-) \\ \text{υπό τους περιορισμούς:} \\ b_i - \sigma_{ji}^+ + \sigma_{ji}^- = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \text{ και για } j = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{i=1}^n b_i = 1 \\ \sigma_{ji}^+ \geq 0, \sigma_{ji}^- \geq 0 \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \text{ και για } j = 1, 2, \dots, M \\ b_i \geq 0 \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \quad (46)$$

2o) Γίνεται έλεγχος ευστάθειας κατά τα γνωστά μεγιστοποιώντας σε κάθε ένα από τα  $n$  γραμμικά προγράμματα που επιλύονται ένα βάρος  $b_i$  (σχέση (31)). Ως τελικές τιμές των βαρών επιλέγονται οι μέσες τιμές από επί μέρους προγράμματα.

3o) Όμοιο με το  $2^\circ$  βήμα της MUSA B1.

4o) Όμοιο με το  $3^\circ$  βήμα της MUSA B1.

5o) Όμοιο με το  $4^\circ$  βήμα της MUSA B1.

6o) Αντί της σχέσης (45) μπορεί να γίνει χρήση της:

$$AFI' = 1 - \frac{F^*}{Mn} \quad (47)$$

Η σχέση (47) αναφέρεται στο γραμμικό πρόγραμμα (46). Ως ένα ενδεικτικό ολικό δείκτη θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε εκείνον της σχέσης (35) που στη συγκεκριμένη περίπτωση υπολογίζει τη μέση τιμή των βαθμών προσαρμογής των γραμμικών προγραμμάτων (43) και (46).

Το διάγραμμα διακύμανσης και ο πίνακας πρόβλεψης της ολικής ικανοποίησης καταρτίζονται κατά τα γνωστά.

7o) Υπολογίζεται ο A.S.I. για τα γραμμικά προγράμματα του δεύτερου βήματος με τον τύπο του σημερινού μοντέλου.

### 3.6. MUSA C: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Εφόσον τα δεδομένα που μπορούν να αντληθούν από τους πελάτες είναι ως επί το πλείστον ποιοτικά, η οποιαδήποτε ποσοτικοποίησή τους γίνεται με διάφορες παραδοχές, οι οποίες προσπαθούν να εκτιμήσουν την πραγματική φύση των προτιμήσεων και συνιστωσών ικανοποίησης των ερωτώμενων. Αποτέλεσμα τούτου είναι η ανάπτυξη μοντέλων τα οποία προσεγγίζουν ως ένα βαθμό αρκετά ικανοποιητικά την πραγματικότητα. Μία παραδοχή, που θα μπορούσε πιθανώς να αποδώσει μία καλή «αναπαράσταση» της «αλήθειας», είναι η υπόθεση του ότι οι συναρτήσεις αξιών των πελατών ακολουθούν κάποιες γενικές μαθηματικές μορφές, οι οποίες μπορούν να υπολογιστούν στο στάδιο της αποσύνθεσης (disaggregation) των δεδομένων για τη συλλογιστική των πελατών.

Σε αυτήν την προσέγγιση, υποθέτουμε ότι οι συλλογικές συναρτήσεις αξιών έχουν συνεχή μορφή, πεδίο ορισμού το  $[0, (a-1)]$  ή το  $[0, (a_i-1)]$  και σύνολο τιμών το  $[0, 100]$ . Για να ληφθούν σημεία για παλινδρόμηση προστίθεται στο ερωτηματολόγιο η ακόλουθη ερώτηση μετά από κάθε ερώτηση του σημερινού ερωτηματολογίου του MUSA:

**Δηλαδή πόσο τοις εκατό (%) ικανοποιημένος αισθάνεστε ότι είστε;  
Εάν έχετε απαντήσει Καθόλου (0%) ή Απόλυτα Ικανοποιημένος (100%) δεν είναι απαραίτητο αντό.**

<u>Καθόλου ικανοποιημένος</u>	<u>Εσείς:</u>	<u>Απόλυτα ικανοποιημένος</u>
0%	,.....%	100%

Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μία ερώτηση της μορφής που φαίνεται στο επόμενο πλαίσιο και συνδυάζει και τη νέα ερώτηση με την κλασική:

<b>Πόσο ικανοποιημένος είστε από.....&lt;διάσταση ικανοποίησης&gt;; (Βάλτε x στο κουτάκι που επιθυμείτε και συμπληρώστε από κάτω τον το πόσο %)</b>				
<b>Καθόλου ικανοποιημένος</b>	<b>Λίγο ικανοποιημένος</b>	<b>Μέτρια ικανοποιημένος</b>	<b>Πολύ ικανοποιημένος</b>	<b>Απόλυτα ικανοποιημένος</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

0%	,.....%	,.....%	,.....%	100%
----	---------	---------	---------	------

Και οι δυο μορφές έχουν το πλεονέκτημα ότι βοηθούν τον πελάτη να τοποθετεί τα ενδιάμεσα επίπεδα σε διάφορες στάθμες γνωρίζοντας εκ των προτέρων ότι το πρώτο επίπεδο αντιστοιχεί σε 0% και το τελευταίο σε 100%. Τούτο είναι πολύ σημαντικό

όταν οι συναρτήσεις αξιών περιγράφουν «ψυχολογικές» επιπτώσεις / κριτήρια, όπως και στην περίπτωση της MUSA<sup>40</sup> (Είναι, άλλωστε, μία τεχνική που χρησιμοποιείται ήδη στη Ψυχοφυσική για την άμεση εκμαίευση μίας αξίας.).

Η απάντηση στις άνω ερωτήσεις γνωστοποιεί το  $x_{ij}^{*t_j}$  ή το  $y_j^{*t_j}$ . Με τα σημεία που αντλούνται από αυτές τις ερωτήσεις πραγματοποιείται παλινδρόμηση με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Ordinary Least Squares) για κάποιες προεπιλεγμένες συναρτήσεις με παραμέτρους. Η συνάρτηση που θα δώσει το μεγαλύτερο συντελεστή προσδιορισμού επιλέγεται ως η βέλτιστη συλλογική και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των αξιών όλων των επιπέδων<sup>41</sup>.

Σήμερα αποτελεί αντικείμενο έρευνας η ανάπτυξη αλγορίθμων που θα είναι σε θέση να κατασκευάζουν πρακτικά εκ του μηδενός τη συνάρτηση που ταιριάζει καλύτερα σε ένα σύνολο δεδομένων<sup>42</sup>. Κάτι τέτοιο απαιτεί υψηλή υπολογιστική ισχύ και το συγκεκριμένο πεδίο έρευνας σίγουρα θα έχει περισσότερα να προσφέρει στο εγγύς μέλλον. Λαμβάνοντας υπόψιν και το ότι οι συναρτήσεις αξιών περιγράφουν ποιοτικά φαινόμενα (στα πλαίσια του περιβάλλοντος MUSA), που δεν απαιτούν υψηλό βαθμό ακρίβειας για την περιγραφή τους, καταλήγουμε αναγκαστικά στη λύση της χρήσης προκαθορισμένων μορφών συναρτήσεων. Οι τελευταίες θα πρέπει να τηρούν τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Να ορίζονται στο απαιτούμενο πεδίο ορισμού και να μπορούν να δώσουν τιμές στο απαιτούμενο σύνολο τιμών (όπως περιγράφηκαν άνω).
- Να είναι συνεχείς και παραγωγίσιμες στο απαιτούμενο πεδίο ορισμού<sup>43</sup>.
- Να είναι γνησίως αύξουσες. Με άλλα λόγια θα πρέπει να έχουν την πρώτη παράγωγο θετική (στο ανοικτό διάστημα που δεν περιλαμβάνει τα σημεία ορισμού).
- Να είναι παραμετρικές. Ο αριθμός παραμέτρων δεν πρέπει να είναι τόσο μεγάλος ώστε να δυσχεραίνει την επίλυση του προβλήματος ή να αυξάνει υπερβολικά την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ. Επίσης, δε θα πρέπει να είναι υπερβολικά

<sup>40</sup> Winterfeldt, & Edwards (1986:217).

<sup>41</sup> Αναλυτική περιγραφή παρατίθεται σε επόμενη παράγραφο όπου περιγράφεται ο αλγόριθμος.

<sup>42</sup> Για παράδειγμα αναφέρονται οι γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms) που θεωρούν τις οποιεσδήποτε λύσεις σε ένα πρόβλημα ως οργανισμούς που αναπαράγονται και, σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής επιλογής, μετά από κάποιες γενεές δίνουν ένα βέλτιστο απόγονο.

<sup>43</sup> Στο ανοικτό διάστημα που δεν περιλαμβάνει τα άκρα.

μικρός, γιατί είναι ζητούμενο κάθε παραμετρική συνάρτηση να μπορεί να προσαρμόζεται ικανοποιητικά σε οποιαδήποτε δεδομένα με μεταβολή των παραμέτρων της.

- Οι μαθηματικές μορφές τους να είναι όσο το δυνατόν απλούστερες για να διευκολύνουν στην επίλυση.
- Οι σιγμοειδείς καμπύλες παρουσιάζουν συχνά προβλήματα ερμηνείας όσον αφορά την εκτίμηση της απαιτητικότητας των πελατών. Επιπλέον, από πολλούς ερευνητές υποστηρίζεται ότι οι πιο συχνοί τύποι συναρτήσεων που περιγράφουν συναρτήσεις αξιών είναι εκείνοι που δίνουν γραμμική, κούλη ή κυρτή μορφή<sup>44</sup>. Κάτι τέτοιο δεν είναι, φυσικά, απόλυτο, αλλά στην περίπτωση των ψυχολογικών «μέτρων» (όπως η ταξική κλίμακα για την ικανοποίηση του πελάτη) υποστηρίζεται ότι οι συναρτήσεις αξιών τείνουν στη γραμμική μορφή<sup>45</sup>. Για τους άνω λόγους, κρίνεται σκόπιμη - στα πλαίσια της παρούσας μελέτης - η επιλογή συναρτήσεων χωρίς σημεία καμπής στο απαιτούμενο πεδίο ορισμού, ώστε να αποφεύγονται οι σιγμοειδείς μορφές<sup>46</sup>. Με άλλα λόγια απαιτείται η δεύτερη παράγωγος να μη μηδενίζεται<sup>47</sup> σε συγκεκριμένα σημεία (στο ανοικτό διάστημα που δεν περιλαμβάνει τα άκρα του πεδίου ορισμού).

Ανάλογη μελέτη για επιλογή κατάλληλων συναρτήσεων έχει πραγματοποιηθεί ήδη για την ανάπτυξη του λογισμικού MIIDAS. Το τελευταίο αποτελεί ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων με πολλά κριτήρια και βασίζεται στο ρεύμα της συνθετικής – αναλυτικής προσέγγισης (Disaggregation – Aggregation Approach). Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, η υιοθέτηση των συναρτήσεων του MIIDAS που μπορούν<sup>48</sup> να καλύψουν τις άνω απαιτήσεις φαίνεται ως η πλέον αξιόπιστη λύση.

Έστω ότι  $f(x)$  είναι η συνάρτηση που προσεγγίζει την  $Y^*$  και  $f_i(x)$  οι συναρτήσεις που προσεγγίζουν τις  $X_i^*$ . Οι συναρτήσεις αξιών μπορούν να επιλεγούν από τις παρακάτω

<sup>44</sup> M. Höge (2002).

<sup>45</sup> M. Höge (2002).

<sup>46</sup> Παρουσιάζει ενδιαφέρον αυτή η απαίτηση όταν αργότερα θα δοκιμαστούν οι αλγόριθμοι στην πράξη.

<sup>47</sup> Εάν η δεύτερη παράγωγος είναι μηδενική σε όλο το πεδίο ορισμού, αυτό είναι δεκτό (γραμμική συνάρτηση αξιών).

<sup>48</sup> Για να είναι οι πρώτοι παράγωγοί τους θετικές, απαιτούνται ορισμένες συνθήκες μεταξύ των παραμέτρων. Δε χρειάζεται, όμως, περαιτέρω διερεύνηση το θέμα αυτό γιατί η γνήσια μονοτονία επιβάλλεται μέσω της παλαινδρόμησης.

γενικές μορφές<sup>49</sup> (οι ίδιες μορφές χρησιμοποιούνται και για τις περιθώριες συναρτήσεις αξιών):

$$F1. \quad f(x) = c_1 - c_1 e^{c_2 x}, \quad c_2 \in [-1.5, 1.5]$$

$$F2. \quad f(x) = c_1 - c_1 e^{c_2 x^2}, \quad c_2 \in [-0.25, 0.25]$$

$$F3. \quad f(x) = c_1 x^{c_2}, \quad c_1 > 0, \quad c_2 \in (0, 15]$$

$$F4. \quad f(x) = c_1 x^2 + c_2 x$$

Προκειμένου να μειωθεί ο υπολογιστικός φόρτος οι συντελεστές που πρέπει να εκτιμηθούν έχουν μειωθεί στους δύο υποχρεώνοντας τις συναρτήσεις να περνούν από την αρχή των αξόνων. Αυτό επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας ως πεδίο ορισμού το  $[0, a-1]$  και όχι το  $[1, a]$ . Επιπλέον όσοι συντελεστές δεν είναι φραγμένοι στις άνω εξισώσεις τίθενται να κυμαίνονται στο διάστημα  $[-10^7, 10^7]$  επίσης για υπολογιστικούς λόγους<sup>51</sup>.

Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει έναν αλγόριθμο που περιγράφεται στη συνέχεια:

### 3.6.1. MUSA C1

Οι συνεχείς συναρτήσεις  $f(x), f_i(x)$  ορίζονται στα πεδία ορισμού  $[0, (a-1)]$  και  $[0, (a_i-1)]$  καθώς εξ' ορισμού ισχύουν οι κάτωθι σχέσεις:

$$\begin{cases} f(m-1) = y^* \\ f_i(k-1) = x_i^* \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{για } m=1,2,\dots,a \\ \text{για } k=1,2,\dots,a_i \text{ και για } i=1,2,\dots,n \end{array} \quad (48)$$

όπου  $m$  και  $k$  είναι τα γνωστά επίπεδα ικανοποίησης.

Ο πελάτης, λοιπόν, απαντώντας στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου καθορίζει τα  $y_j^{*t_j}$  και  $x_{ij}^{*t_{ji}}$ , τα οποία δίνουν τα σημεία  $((t_j-1), x_{ij}^{*t_{ji}})$  και  $((t_{ji}-1), y_j^{*t_j})$  που χρησιμοποιούνται για παλινδρόμηση και εύρεση της τελικής μορφής των  $f(x), f_i(x)$ . Στη συνέχεια βάσει των σχέσεων (48) υπολογίζονται οι αξίες όλων των επιπέδων ικανοποίησης (συλλογικές συναρτήσεις αξιών).

Τα βήματα του αλγορίθμου περιγράφονται αναλυτικά:

<sup>49</sup> Μόνο η τέταρτη συνάρτηση δεν έχει αντληθεί από το σύστημα MIMAS. Η συγκεκριμένη (παραβολική) επιλέχθηκε, γιατί ως γνωστόν οι πολυωνυμικές συναρτήσεις μπορούν πολύ καλά να προσεγγίζονται πολλά σύνολα δεδομένων.

<sup>50</sup> Αντίθετα με το MIMAS, ο συντελεστής μπορεί να πάρει και τιμές χαμηλότερες της μονάδας, ώστε να καλύπτονται οι περιπτώσεις και της κοιλης συνάρτησης και της κυρτής.

<sup>51</sup> Αυτή η περιοχή τιμών μετά από πολλά πειράματα κρίθηκε ικανοποιητικότατη.

1o) Για κάθε τύπο συνάρτησης από τους τέσσερις που παρουσιάστηκαν εφαρμόζεται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων. Πρόκειται στις τρεις πρώτες περιπτώσεις για μη γραμμικές παλινδρομήσεις υπό περιορισμούς<sup>52</sup> που επαναλαμβάνονται για κάθε περιθώρια συλλογική συνάρτηση αξιών και για την ολική συλλογική συνάρτηση αξιών. Επιλύονται, λοιπόν, τα κάτωθι προγράμματα<sup>53</sup> για κάθε τύπο συνάρτησης:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M \hat{\varepsilon}_j^2 = \sum_{j=1}^M \left( f(t_j - 1) - y_j^{*t_j} \right)^2 = SSE \\ \text{υπό τον περιορισμό:} \\ f(a-1) = 100 \end{array} \right. \quad (49)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F_i = \sum_{j=1}^M \hat{\varepsilon}_{ij}^2 = \sum_{j=1}^M \left( f_i(t_{ji} - 1) - x_{ij}^{*t_{ji}} \right)^2 = SSE_i \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \\ \text{υπό τον περιορισμό:} \\ f_i(a_i - 1) = 100 \end{array} \right. \quad (50)$$

Τα προγράμματα που λύνονται είναι μη γραμμικά. Ειδικά στην περίπτωση της F4 έχουμε Τετραγωνικό Προγραμματισμό<sup>54</sup> (Quadratic Programming) που οδηγεί πάντα σε απόλυτο δεσμευμένο ακρότατο γρήγορα. Στις άλλες περιπτώσεις ο αριθμητικός αλγόριθμος συγκλίνει σε τοπικό δεσμευμένο ακρότατο. Ειδικά στην περίπτωση της F3 το τοπικό ακρότατο συμπίπτει με το απόλυτο, όπως πιστοποιήθηκε με αρκετά πειράματα χρησιμοποιώντας μεθόδους εύρεσης απόλυτου ακρότατου με κατάλληλο λογισμικό<sup>55</sup>.

2o) Για την ολική συνάρτηση αξιών και για τις περιθώριες συναρτήσεις επιλέγεται ως κατάλληλος τύπος συνάρτησης εκείνος που δίνει τον υψηλότερο συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ . Υπενθυμίζεται ότι:

<sup>52</sup> Ωστόσο η F3 μπορεί να λογαριθμιστεί και να μετατραπεί σε γραμμική παλινδρόμηση. Το πρόβλημα είναι ότι δεν ορίζεται ο φυσικός λογάριθμος του μηδέν και ότι ούτως ή άλλως αρκετοί ερευνητές κατακρίνουν την πρακτική της «γραμμικοποίησης» των μη γραμμικών παλινδρομήσεων, γιατί δεν ελαχιστοποιούνται τα πραγματικά τετράγωνα των σφαλμάτων (βλ. και εγχειρίδιο του NLREG, σελ. 7-8).

<sup>53</sup> Συνολικά επιλύονται  $4(n+1)$  προγράμματα.

<sup>54</sup> Όπως γίνεται φανερό και για την F4 προτιμήθηκε η OLS να πραγματωθεί χρησιμοποιώντας αριθμητική μέθοδο και όχι χρησιμοποιώντας τις αναλυτικές σχέσεις. Ο λόγος είναι η ύπαρξη του περιορισμού του άνω ορίου των συναρτήσεων αξιών.

<sup>55</sup> Πληροφορίες για το λογισμικό παρατίθενται στο Παράρτημα A.

$$R^2 = \frac{\text{Sum of Squares from Regression}}{\text{Sum of Squares Total}} = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{j=1}^M \left( f(t_j - 1) - \frac{\sum_{j=1}^M y_j^{*t_j}}{M} \right)^2}{\sum_{j=1}^M \left( y_j^{*t_j} - \frac{\sum_{j=1}^M y_j^{*t_j}}{M} \right)^2} \quad (51)$$

Αντίστοιχα για τις μερικές συναρτήσεις αξιών:

$$R_i^2 = \frac{SSR_i}{SST_i} = \frac{\sum_{j=1}^M \left( f_i(t_{ji} - 1) - \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}^{*t_{ji}}}{M} \right)^2}{\sum_{j=1}^M \left( x_{ij}^{*t_{ji}} - \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}^{*t_{ji}}}{M} \right)^2} \quad (52)$$

Ωστόσο, λόγω του ότι η παλινδρόμηση γίνεται υπό περιορισμούς, δεν είναι εξασφαλισμένο ότι  $SST = SSR + SSE^{56}$ . Για αυτόν το λόγο τονίζεται ότι ο συντελεστής προσδιορισμού χρησιμοποιείται απλά ως ένα ενδεικτικό μέτρο προσαρμογής και αντιπροτείνονται οι τύποι (53). Αυτοί οι τύποι χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα γνωστά πακέτα λογισμικού σε αυτές τις περιπτώσεις, κατ' αναλογία με το γραμμικό μοντέλο.

$$\begin{cases} R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \\ R_i^2 = 1 - \frac{SSE_i}{SST_i} \end{cases} \quad (53)$$

Λόγω του κοινού παρονομαστή των κλασμάτων θα μπορούσε να επιλεγεί η συνάρτηση που απλά ελαχιστοποιεί τα τετράγωνα των σφαλμάτων. Ωστόσο, ο υπολογισμός των άνω δεικτών κρίνεται αναγκαίος γιατί συνιστά μια χρήσιμη πληροφορία.

3ο) Από τις σχέσεις (48) υπολογίζονται οι συλλογικές συναρτήσεις αξιών.

<sup>56</sup> Μπορεί κάλλιστα να συμβεί  $SSR > SST$ !

4ο) Από το γραμμικό πρόγραμμα (30) υπολογίζονται τα βάρη των κριτηρίων ικανοποίησης.

5ο) Πραγματοποιείται ανάλυση ευστάθειας για τα βάρη λύνοντας τα γραμμικά προγράμματα (31). Ως τελικές τιμές των βαρών ορίζονται οι μέσες τιμές από αυτά τα προγράμματα.

6ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες ικανοποίησης, όπως στο σημερινό MUSA ή από τις σχέσεις (33).

7ο) Υπολογίζονται οι μέσοι δείκτες απαιτητικότητας και αποτελεσματικότητας και καταρτίζονται τα διαγράμματα δράσης και βελτίωσης με τους γνωστούς τρόπους.

8ο) Υπολογίζεται ο γνωστός  $AFI$  όπως και στο σημερινό μοντέλο, ο οποίος αφορά τα βάρη. Για να εξεταστεί η εφαρμογή του μοντέλου στις συναρτήσεις αξιών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο τύπος:

$$AFI' = 1 - \sum_{j=1}^M \frac{|y_j^{*t_j} - \hat{y}_j^{*t_j}|}{100M} \quad (54)$$

Ο ίδιος τύπος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για τις μερικές συναρτήσεις αξιών και να υπολογιστεί ένας μέσος όρος. Ενδεικτικός ολικός δείκτης προσαρμογής θα μπορούσε να είναι εκείνος της σχέσης (35).

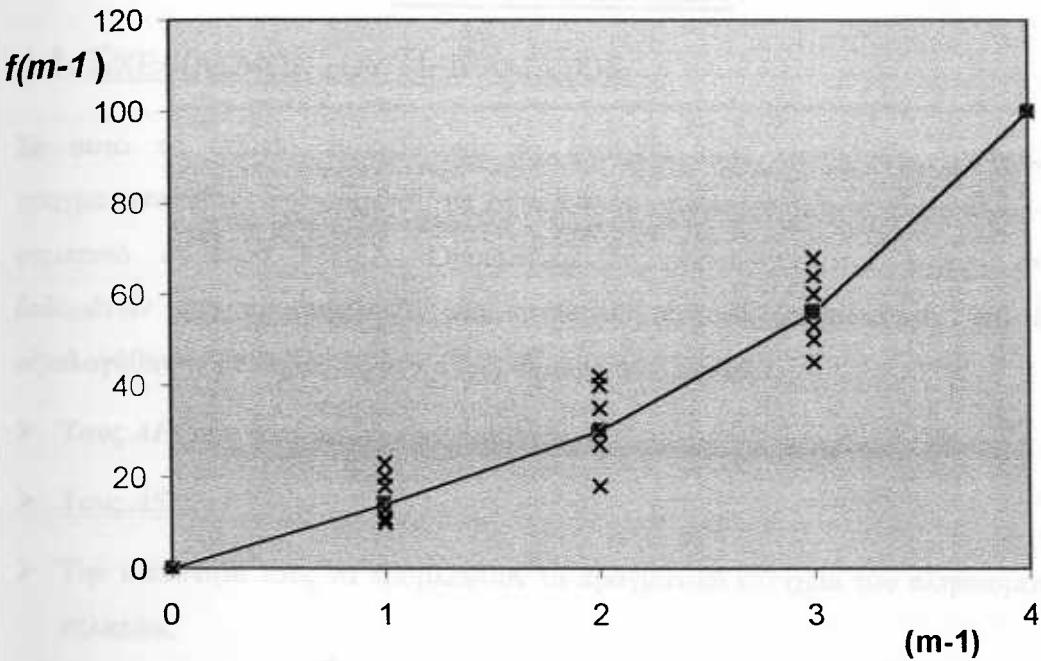
Παράλληλα, ένας άλλος χρήσιμος δείκτης προσαρμογής αποτελεί και ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  που έχει ήδη υπολογιστεί για κάθε συνάρτηση αξιών από το  $2^o$  βήμα. Ο συγκεκριμένος δείκτης - αν και ενδεικτικός στην προκειμένη περίπτωση - δείχνει το πόσο ποσό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής εξηγείται από την καμπύλη της παλινδρόμησης του μοντέλου.

Συμπληρωματικά, μπορούν να καταρτιστούν και το διάγραμμα διακύμανσης της ολικής ικανοποίησης και ο πίνακας πρόβλεψής της. Και εδώ θεωρείται  $\tilde{y}_j^{*m} \equiv y_j^{*t_j}$  χρησιμοποιώντας τις πραγματικές τιμές από τα ερωτηματολόγια.

9ο) Υπολογίζεται ο  $ASI$ , που αφορά τα βάρη, ακριβώς όπως και στο σημερινό μοντέλο MUSA.

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται ένα παράδειγμα παλινδρόμησης για συνάρτηση ολικής ικανοποίησης πέντε επιπέδων.

### Συνάρτηση Ικανοποίησης



Σχήμα 8: Συνάρτηση ολικής ικανοποίησης που προέκυψε από παλινδρόμηση

Στο άνω σχήμα παρουσιάζεται η  $f(x)$  που προέκυψε από παλινδρόμηση στα σημεία που είναι χαραγμένα με  $x$ . Υπενθυμίζεται ότι  $0 = y^1, 1 = y^2, 2 = y^3, 3 = y^4, 4 = y^5$  στον άξονα  $xx'$ . Οι τιμές της  $f(x)$  για  $x=0,1,\dots,4$  δίνουν τις συλλογικές αξίες των επιπέδων ικανοποίησης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ**

### 4.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σε αυτό το σημείο παρατίθενται τα στοιχεία μίας εμπειρικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να συγκριθούν οι προτεινόμενοι αλγόριθμοι με το σημερινό σύστημα MUSA. Ουσιαστικά δημιουργήθηκε ένα τυχαίο σύνολο δεδομένων που προσομοιώνει μία υποθετική έρευνα ικανοποίησης και έπειτα αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις των αλγορίθμων όσον αφορά:

- Τους AFI των γραμμικών προγραμμάτων.
- Τους ASI.
- Την ικανότητά τους να προβλέψουν τα πραγματικά στοιχεία του πληθυσμού των πελατών.
- Τον υπολογιστικό φόρτο.

Τα άνω κριτήρια επιλέχθηκαν τόσο γιατί είναι πλήρως συγκρίσιμα μεταξύ τους όσο και γιατί είναι σημαντικά. Όσον αφορά το τρίτο κριτήριο, προκειμένου να υπάρχει ένα απλό και κατανοητό μέτρο «επιτυχίας» των αλγορίθμων, εισάγονται οι κάτωθι δείκτες, οι οποίοι ονομάζονται «Δείκτες Επιτυχίας» (Success Indexes):

$$\left\{ \begin{array}{l} SI_b = 1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |b_i - \hat{b}_i| \in [0,1] \\ SI_y = 1 - \frac{\sum_{m=2}^{a-1} |y^{*m} - \hat{y}^{*m}|}{100(a-2)} \in [0,1] \\ SI_x = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{a_i-1} |x_i^{*k} - \hat{x}_i^{*k}|}{100n(a_i-2)} \in [0,1] \quad \text{υποθέτοντας ότι } a_i = a_j \quad \forall i, j \\ SI_{av} = \frac{SI_b + SI_y + n \cdot \sum_{i=1}^n SI_x}{2+n} \in [0,1] \end{array} \right. \quad (55)$$

Τα μεγέθη με τα «καπελάκια» είναι οι εκτιμημένες ποσότητες από τους αλγορίθμους, ενώ τα άλλα είναι τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού. Οι άνω δείκτες εξ' ορισμού μπορούν να πάρουν χαμηλές τιμές όταν τα αποτελέσματα είναι πραγματικά

«τραγικά» (παρουσιάζονται οι μέγιστες διαφορές που μπορούν να υπάρξουν), για αυτό και τονίζεται ότι **μια τιμή γύρω στο 90% θεωρείται εξαιρετικά χαμηλή!**

Σημαντική υπόθεση που γίνεται προκειμένου να θεωρηθούν τα αποτελέσματα έγκυρα και αξιόπιστα είναι ότι οι πελάτες απαντούν στα ερωτηματολόγια τελείως ορθολογιστικά. Ο στόχος του πειράματος είναι εξάλλου η αξιολόγηση των αλγορίθμων μαθηματικά, αφού μία εις βάθος μελέτη θα απαιτούσε και πραγματοποίηση έρευνας κάτω από πραγματικές συνθήκες, ώστε να αξιολογηθεί η ευχρηστία των ερωτηματολογίων, κάτι που θα ήταν έξω από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Ακολουθούν οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την παραγωγή των τυχαίων δεδομένων και τα αποτελέσματα για κάθε αλγόριθμο ξεχωριστά. Πληροφορίες για το λογισμικό που αναπτύχθηκε ή χρησιμοποιήθηκε υπάρχουν στο Παράρτημα A.

Τονίζεται ότι η μέθοδος παραγωγής των τυχαίων δεδομένων αποτελεί μία επέκταση της μεθόδου των Γρηγορούδη, & Σίσκου (2000), οπότε ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει για λεπτομέρειες εκεί. Η μέθοδος αυτή αποτελείται από τρία στάδια τα οποία και περιγράφονται ακολούθως, όπως αυτά τροποποιήθηκαν για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος.

#### 4.1.1. Καθορισμός παραμέτρων – 1<sup>o</sup> στάδιο

Σε αυτό το στάδιο καθορίζονται οι διάφοροι παράμετροι του πειράματος. Μετά από σχετικό πειραματισμό επιλέχθηκαν οι τιμές που φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

**Πίνακας 2: Παράμετροι πειράματος**

$M = 100$
$n = 5$
$a = 5$
$a_i = 5$
$D_{ej} = 0.001$
$D_v = 10$
$D_b = 0.075$
$\varepsilon = 10\%F^*$
$\gamma = \gamma_i = 0$

Οι τρεις  $D$  παράμετροι θα εξηγηθούν στην επόμενη ενότητα.

Επιπλέον, καθορίζονται και τα συλλογικά μεγέθη του υποτιθέμενου πληθυσμού πελατών πάνω στα οποία θα ελεγχθούν τα αποτελέσματα των αλγορίθμων. Οι

συναρτήσεις ικανοποίησης και τα βάρη οφείλουν φυσικά να ακολουθούν τις βασικές ιδιότητες (μονότονες και κανονικοποιημένες συναρτήσεις στο [0, 100], άθροισμα βαρών ίσο με τη μονάδα) ενός προσθετικού μοντέλου της MAVT, όπως περιγράφηκε στο Θεωρητικό Υπόβαθρο. Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού:

**Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά πληθυσμού**

Επίπεδο ικανοποίησης:	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	25	50	75	100	
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	25	50	75	100	30.00%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	30	60	80	100	10.00%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	20	40	70	100	25.00%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	10	35	65	100	15.00%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	35	70	90	100	20.00%

Όπως γίνεται φανερό επιλέχθηκαν δύο γραμμικές συναρτήσεις, δύο κοίλες και δύο κυρτές (ήτοι οι συνηθέστερες μορφές).

#### 4.1.2. Καθορισμός ιδιοτήτων συνόλου δεδομένων – 2<sup>ο</sup> στάδιο

Στόχος είναι η ανάπτυξη των ατομικών δεδομένων των πελατών για τα ερωτηματολόγια όλων των αλγορίθμων. Έτσι, λοιπόν, πρέπει να καθοριστούν τα ατομικά βάρη και οι συναρτήσεις αξιών του κάθε πελάτη κατά έναν τρόπο ώστε να επαληθεύεται το προσθετικό μοντέλο (αυτό προϋποθέτει φυσικά ορθολογικό πελάτη).

Για την παραγωγή των δεδομένων χρησιμοποιείται η ομοιόμορφη κατανομή κάτι που δε μειώνει την αξιοπιστία της μεθόδου γιατί τα δεδομένα από πραγματικές έρευνες ικανοποίησης δεν ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή και ούτως ή άλλως ο έλεγχος συνέπειας που πραγματοποιείται αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά της κατανομής<sup>57</sup>. Τονίζεται, επίσης, ότι ο αλγόριθμος στην πραγματικότητα παράγει ψευδοτυχαία δεδομένα και όχι ακριβώς τυχαία, λόγω αδυναμίας του χρησιμοποιούμενου λογισμικού. Αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα, γιατί γίνεται η υπόθεση ότι οι προκαθορισμένες τιμές των βαρών και των συναρτήσεων αφορούν τον πληθυσμό και ότι οι παραγόμενες τιμές από τον αλγόριθμο παραγωγής δεδομένων αφορούν ένα δείγμα, του οποίου τα χαρακτηριστικά μπορούν να αποκλίνουν ελαφρώς από εκείνα του πληθυσμού.

<sup>57</sup> Γρηγορούδης, & Σίσκος (2000).

Ορίζονται έξι συνθήκες που πρέπει να τηρούν τα ατομικά δεδομένα<sup>58</sup>:

$$y_j^{*m} \sim U(y^{*m} - D_v, y^{*m} + D_v) \quad \text{για } m = 2, 3, 4 \quad (56)$$

$$b_{ij\_norm} \sim U(b_i - D_b, b_i + D_b) \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \quad (57)$$

$$x_{ij}^{*k} \sim U(x_i^{*k} - D_v, x_i^{*k} + D_v) \quad \text{για } k = 2, 3, 4 \quad \text{και } i = 1, 2, \dots, n \quad (58)$$

$$t_{ji} \sim U(1, a_i) \quad \forall i \quad (59)$$

$$\left| \sum_{i=1}^n b_{ij\_norm} x_{ij}^{*t_j} - y_j^{*t_j} \right| \leq D_{ej} \quad (60)$$

$$\sum_{i=1}^n b_{ij\_norm} = 1 \quad (61)$$

Από την ποσότητα  $b_{ij\_norm}$  που αντιπροσωπεύει τα ατομικά βάρη εξάγονται και οι αποκρίσεις στο ερωτηματολόγιο του MUSA B. Οι συναρτήσεις ικανοποίησης που παράγονται από τις σχέσεις (56) και (58) μεταφέρονται. όπως είναι στα ερωτηματολόγια του MUSA A, δεδομένου ότι οι πελάτες θεωρούνται ορθολογιστές και μπορούν να «αποδώσουν στο χαρτί» αυτό που νιώθουν.

Το επίπεδο  $t_j$  επιλέγεται ως εκείνο για το οποίο τηρείται η συνθήκη (60), που αποτελεί και το τεστ συνέπειας. Στο τελευταίο θα έπρεπε  $D_{ej}=0$ , αλλά για υπολογιστικούς λόγους ορίζεται ίσο με 0.001, που αποτελεί μία ικανοποιητική προσέγγιση.

Οι παράμετροι  $D_b$  και  $D_v$  επιλέχθηκαν να είναι ίσες με τέτοια νούμερα, ώστε να υπάρχει ικανοποιητική μεταβλητότητα στις αποκρίσεις των πελατών και να τηρείται η βασική υπόθεση της μονοτονίας, της θετικότητας και κανονικότητας<sup>59</sup> των ατομικών δεδομένων ικανοποίησης.

#### 4.1.3. Δημιουργία συνόλου δεδομένων – 3<sup>o</sup> στάδιο

Περιγράφεται ακολούθως ο αλγόριθμος παραγωγής δεδομένων. Ο σχετικός κώδικας που αναπτύχθηκε παρατίθεται στο Παράρτημα A και τα δεδομένα που προέκυψαν στο Παράρτημα C. Σημειώνεται ότι η διαδικασία που ακολουθείται μπορεί να

<sup>58</sup> Προτιμήθηκε ο εξαρχής υπολογισμός της ατομικής ολικής συνάρτησης ικανοποίησης βάσει της ομοιόμορφης κατανομής (και όχι βάσει των άλλων παραμέτρων), γιατί το γινόμενο δύο ομοιόμορφων κατανομών (βάρος και μερική συνάρτηση ικανοποίησης) δίνει κατανομή Γάμμα. Η τελευταία δεν είναι συμμετρική και πιθανώς να δημιουργούσε προβλήματα στην «τυχαιότητα» της  $Y_j$ .

<sup>59</sup> Για παράδειγμα δεν μπορεί κάποιο επίπεδο ικανοποίησης να ξεπεράσει σε αξία το 100.

χαρακτηριστεί ως μία προσομοίωση ή δειγματοληψία Monte Carlo. Τα βήματα του αλγορίθμου έχουν ως ακολούθως:

- 1o) Από τις σχέσεις (56), (58), (59) δημιουργούνται ψευδοτυχαία δεδομένα για έναν πελάτη.
- 2o) Δημιουργούνται από τη σχέση (57) τα ατομικά βάρη.
- 3o) Τα βάρη κανονικοποιούνται έτσι ώστε να ισχύει η σχέση (61).
- 4o) Ξαναελέγχεται η συνθήκη (57). Εάν τα βάρη είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια τότε η διαδικασία προχωρεί στο επόμενο βήμα. Ειδάλλως επιστρέφει στο δεύτερο<sup>60</sup>.
- 5o) Εάν  $\exists t_j \in [1, a]$ : να ισχύει η (60) τότε επιλέγεται τούτο ως τελικό  $t_j$ , ειδάλλως η διαδικασία επιστρέφει στο πρώτο βήμα.
- 6o) Υπολογίζονται τα  $b_{ij}$  που αποτελούν τις αποκρίσεις στο ειδικό ερωτηματολόγιο του MUSA B. Δοκιμάζονται όλοι πιθανοί συνδυασμοί και επιλέγεται εκείνος που δίνει πιο ακριβή αποτελέσματα<sup>61</sup> (υποτίθεται ότι ο ορθολογικός πελάτης απαντά σύμφωνα ακριβώς με το τι αισθάνεται).
- 7o) Τα δεδομένα σώζονται και η διαδικασία επιστρέφει στο πρώτο βήμα μέχρι οι πελάτες να φτάσουν τον αριθμό 100.

## 4.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA

Τα αποτελέσματα που έδωσε το σημερινό MUSA<sup>62</sup>, καθώς και οι επιδόσεις του, συνοψίζονται στους επόμενους δύο πίνακες:

Εποπτευτικό πλαίσιο

Το MUSA προσπαθεί να εργάζεται μετανοματικού τρόπου στην απόδοση των αποτελεσμάτων του, με τη βοήθεια μιας μεταβλητής, η οποία το πλέον καθιστά τη συμμετοχή μάρκετινγκ πολιτισμού. Στην παραπομπή αυτήν προσέτασμα για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της πλατφόρμας, με την αποτελεσματική και το φανταστικό της μετάβλησης πλαίσιο.

<sup>60</sup> Με αυτόν τον τρόπο ασκείται μεγαλύτερος έλεγχος στο επιτρεπτό εύρος των ατομικών βαρών.

<sup>61</sup> Δηλαδή αυτά που είναι πιο κοντά στα ήδη υπολογισμένα κανονικοποιημένα ατομικά βάρη.

<sup>62</sup> Υπενθυμίζεται ότι το MUSA χρησιμοποιήθηκε με  $\gamma=\gamma_1=0$ , το οποίο πρέπει να οριστεί αμέσως μετά το άνοιγμα του αρχείου δεδομένων (ειδάλλως ο αλγόριθμος μπορεί να «εγκλωβιστεί» σε άλλη λύση).

Πίνακας 4: Τελική λύση MUSA

Επίπεδο ικανοποίησης:	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	31.48	48.89	70.55	100	X
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	10.08	41.38	57.16	100	27.59%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	37.07	37.07	85.70	100	12.58%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	26.28	44.78	67.14	100	24.46%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	13.09	53.23	63.81	100	14.33%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	47.56	71.28	81.58	100	21.04%

Πίνακας 5: Επιδόσεις MUSA

$SI_b$	96.38%
$SI_y$	95.99%
$SI_x$	90.95%
$SI_{av}$	92.44%
$AFI$	95.66%
$ASI$	86.68%
Υπολογιστικός φόρτος <sup>63</sup>	14212576

Συμπερασματικά:

- Το MUSA προσεγγίζει σχεδόν ικανοποιητικά την ολική συνάρτηση ικανοποίησης και τα βάρη. Δεν μπορεί να ειπωθεί, όμως, το ίδιο και για τις συναρτήσεις μερικής ικανοποίησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα αποτελέσματα για αυτές είναι σχεδόν απογοητευτικά, αφού παρουσιάζεται και το φαινόμενο της μη γνήσιας μονοτονίας.

<sup>63</sup> Ο υπολογισμός έχει γίνει βάσει της σχέσης (27) συνυπολογίζοντας τόσο το βασικό πρόγραμμα όσο και τα προγράμματα μεταβελτιστοποίησης. Προτιμήθηκε να δοθεί ένα συγκεκριμένο νούμερο που αφορά τη συγκεκριμένη περίπτωση, αντί να δοθεί ολόκληρος ο μαθηματικός τύπος, για λόγους αποσαφήνισης.

- Ο δείκτης προσαρμογής κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, αλλά η ευστάθεια της λύσης είναι οριακά καλή. Αυτό δικαιολογείται πιθανώς από το χαμηλό  $M$  που μεταφράζεται σε χαμηλό αριθμόν περιορισμών των γραμμικών συστημάτων.
- Ο υπολογιστικός φόρτος χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς και σύγκρισης για τις άλλες μεθόδους.

#### 4.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA A1

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα και τις επιδόσεις της MUSA A1.

**Πίνακας 6: Τελική λύση MUSA A1**

Επίπεδο ικανοποίησης:	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	26.73	50.34	74.13	100	X
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	24.51	49.56	75.30	100	29.90%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	29.18	60.24	79.86	100	9.59%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	19.29	41.03	70.10	100	25.17%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	9.41	35.92	64.34	100	14.99%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	34.45	71.06	89.71	100	20.35%

**Πίνακας 7: Επιδόσεις MUSA A1**

$SI_b$	99.47%
$SI_y$	99.02%
$SI_x$	99.44%
$SI_{av}$	99.39%
$AFI_b$	97.85%
$ASI_b$	95.09%
Υπολογιστικός φόρτος	12755305

Τα συμπεράσματα από τα άνω αποτελέσματα είναι:

- Ο αλγόριθμος προέβλεψε με εξαιρετική επιτυχία τόσο τις συναρτήσεις ικανοποίησης όσο και τα βάρη.
- Ο δείκτης προσαρμογής είναι σε άριστα επίπεδα και ο δείκτης ευστάθειας επίσης.
- Ο υπολογιστικός φόρτος είναι χαμηλότερος από εκείνον του σημερινού MUSA.

Όπως αποδεικνύεται, λοιπόν, οι επιπλέον πληροφορίες για τις ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης βελτίωσαν όχι μόνο την πρόβλεψη των συλλογικών συναρτήσεων, αλλά και την πρόβλεψη των συλλογικών βαρών, το δείκτη προσαρμογής και την ευστάθεια.

#### 4.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA A2

Τα αποτελέσματα από τη χρήση του μοντέλου A2 συνοψίζονται στους επόμενους δύο πίνακες.

**Πίνακας 8: Τελική λύση MUSA A2**

Επίπεδο ικανοποίησης:	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	Βάρος
<b>Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:</b>	0	28.00	51.00	74.00	100	
<b>Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:</b>	0	24.00	49.00	75.00	100	29.90%
<b>Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:</b>	0	28.00	61.00	80.00	100	9.59%
<b>Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:</b>	0	19.00	41.00	70.00	100	25.17%
<b>Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:</b>	0	9.00	36.00	64.00	100	14.99%
<b>Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:</b>	0	34.00	72.00	89.00	100	20.35%

**Πίνακας 9: Επιδόσεις MUSA A2**

$SI_b$	99.47%
$SI_y$	98.33%
$SI_x$	99.07%
$SI_{av}$	99.02%
$AFI_b$	97.85%

$AFI_y$	96.82%
$AFI_{x1}$	96.58%
$AFI_{x2}$	96.71%
$AFI_{x3}$	96.98%
$AFI_{x4}$	97.04%
$AFI_{x5}$	96.78%
$AFI_{A2} (\mu.o.)$	96.96%
$ASI_b$	95.09%
<b>Υπολογιστικός φόρτος<sup>64</sup></b>	<b>1541423593</b>

Συμπερασματικά:

- Η πρόβλεψη των συλλογικών μεγεθών κυμαίνεται σε άριστα επίπεδα – ελάχιστα πιο χαμηλά από το μοντέλο A1 όσον αφορά τις συναρτήσεις αξιών.
- Οι δείκτες προσαρμογής είναι ελαφρώς καλύτεροι από το σημερινό μοντέλο MUSA, αλλά και ελαφρώς χαμηλότεροι από το A1. Η ευστάθεια είναι όμοια με του A1.
- Ο υπολογιστικός φόρτος είναι πολλαπλάσιος του A1 και του MUSA και κρίνεται υψηλός.

#### 4.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA A3

Ακολουθούν οι πίνακες αποτελεσμάτων και επιδόσεων:

- Η πρόβλεψη των συλλογικών μεγεθών είναι τη διπλήν της της μονάδας (σύμφωνα με την παραπάνω παρέπεμψη MUSA). Οι προβλέψεις των επιπλέοντων μεγεθών είναι αρκετά καλύτερες από το σημερινό μοντέλο. Ωστόσο η βελτίωση στην πρόβλεψη των μεγεθών δε γιρίζει πολύ από την Ελληνικήν είναι και τη γραπτή από την αναπτυγμένη πεντούν την πλήρωση της παραγάγεται πολύτιμη για την επικρατούσα MUSA, λόγω της αριθμητικής της απλοποίησης.
- Οι προβλέψεις των αριθμητικών μεγεθών από το σημερινό μοντέλο, από την παραπάνω παρέπεμψη, είναι κάποιος. Αυτό μπορεί να διεπιδημήσει την απλοποίηση της παραγάγεται πολύτιμη για την επικρατούσα MUSA, λόγω της αριθμητικής της απλοποίησης.

<sup>64</sup> Για τον υπολογισμό του, αφαιρέθηκαν δύο μεταβλητές και δύο περιορισμοί (ανά πρόγραμμα) που είναι σταθεροί. Τα περισσότερα λογισμικά το αντιλαμβάνονται αυτό.

Πίνακας 10: Τελική λύση MUSA A3

Επίπεδο ικανοποίησης:	10	20	30	40	50	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	28.35	51.20	74.31	100	X
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	17.71	46.88	61.44	100	25.28%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	40.78	49.91	76.42	100	11.80%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	31.43	52.84	64.78	100	24.24%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	12.38	41.20	54.68	100	15.99%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	41.89	73.09	78.51	100	22.70%

Πίνακας 11: Επιδόσεις MUSA A3

$SI_b$	94.52%
$SI_y$	98.25%
$SI_x$	92.11%
$SI_{av}$	93.33%
$AFI$	94.10%
$ASI$	66.33%
Υπολογιστικός φόρτος	1553458176

Συμπερασματικά:

- Η πρόβλεψη των συλλογικών βαρών είναι η χειρότερη από όλα τα μοντέλα (ακόμα και από το σημερινό σύστημα MUSA). Οι προβλέψεις των συναρτήσεων ικανοποίησης είναι οριακά καλύτερες από το σημερινό μοντέλο. Όπως φαίνεται η βελτίωση στις συναρτήσεις «πληρώθηκε» με χειροτέρευση στα βάρη. Ενδιαφέρον είναι και το γεγονός ότι οι συναρτήσεις τείνουν να παίρνουν τη μορφή που υπολογίζει το σημερινό σύστημα MUSA, λόγω της ομοιότητας των αλγορίθμων.
- Ο δείκτης προσαρμογής είναι οριακά χειρότερος από τις άλλες παραλλαγές, αλλά ο δείκτης ευστάθειας είναι κάκιστος. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος αλγόριθμος έχει περισσότερους βαθμούς ελευθερίας στο γραμμικό σύστημα των περιορισμών από ότι το σημερινό μοντέλο, ενώ

παράλληλα οι επιπλέον περιορισμοί προσφέρουν ελάχιστη βοήθεια στον περιορισμό της αστάθειας (που αφορά περισσότερο τα βάρη και τις περιθώριες συναρτήσεις, λόγω της ευρετικής μεθόδου που χρησιμοποιείται).

- Ο υπολογιστικός φόρτος είναι υψηλός.

#### 4.6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA B1

Ακολουθούν τα αποτελέσματα και οι επιδόσεις του μοντέλου B1.

**Πίνακας 12: Τελική λύση MUSA B1**

Επίπεδο ικανοποίησης:	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	34.38	50.71	70.96	100	X
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	16.09	39.51	53.69	100	29.97%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	24.46	24.46	92.50	100	10.34%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	42.52	48.64	76.64	100	25.07%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	23.49	74.30	83.32	100	15.17%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	36.08	73.98	83.95	100	19.45%

**Πίνακας 13: Επιδόσεις MUSA B1**

$SI_b$	99.42%
$SI_y$	95.29%
$SI_x$	85.71%
$SI_{av}$	89.04%
$AFI_{yx}$	95.61%
Υπολογιστικός φόρτος	2516864

Συμπερασματικά:

- Αν και τα βάρη προβλέπονται με επιτυχία και η ολική συνάρτηση ικανοποίησης «ανεκτά» (όπως και στο σημερινό μοντέλο), δε συμβαίνει το ίδιο με τις περιθώριες συναρτήσεις ικανοποίησης. Τα αποτελέσματα σε αυτόν τον τομέα είναι απογοητευτικά. Όπως αποδεικνύεται, λοιπόν, επιπλέον πληροφορίες για τα

βάρη από τα ερωτηματολόγια δε βελτιώνουν την πρόβλεψη των συλλογικών συναρτήσεων, αλλά όπως φαίνεται μπορεί και να τη χειροτερεύσουν<sup>65</sup>! Ενδιαφέρον θέμα, επιπλέον, αποτελεί και το ότι η μορφή που τείνουν να παίρνουν οι συναρτήσεις μοιάζει σε εκείνη που υπολογίζει το σημερινό MUSA, λόγω ομοιότητας των αλγορίθμων.

- Ο δείκτης προσαρμογής είναι ικανοποιητικός και κυμαίνεται στα πλαίσια του σημερινού μοντέλου.
- Ο υπολογιστικός φόρτος είναι πολύ χαμηλός, αφού λύνεται μόνο ένα γραμμικό πρόγραμμα.

#### 4.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA B2

Τα αποτελέσματα και οι επιδόσεις του MUSA B2 ακολουθούν.

**Πίνακας 14: Τελική Ένση MUSA B2**

Επίπεδο ικανοποίησης:	10	20	30	40	50	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	33.17	49.56	70.23	100	X
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	16.19	39.38	51.69	100	30.05%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	23.24	23.24	95.94	100	10.39%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	41.05	51.65	76.31	100	24.64%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	22.21	69.92	78.32	100	15.26%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	35.45	70.90	78.81	100	19.66%

**Πίνακας 15: Επιδόσεις MUSA B2**

$SI_b$	99.30%
$SI_y$	95.54%
$SI_x$	85.72%
$SI_{av}$	89.06%

<sup>65</sup> Σημειώνεται πάντως ότι δεν υπάρχει φάση μεταβελτιστοποίησης η οποία θα μπορούσε να βελτιώσει τα αποτελέσματα.

$AFI_b$	96.88%
$AFI_{yx}$	95.62%
$ASI_b$	95.14%
Υπολογιστικός φόρτος	1521092969

Ο δείκτης ευστάθειας και ο δείκτης προσαρμογής των βαρών βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Κατά τα άλλα, τα συμπεράσματα είναι τα ίδια με εκείνα για την παραλλαγή B1. Διαφορά υπάρχει μόνο στον υπολογιστικό φόρτο, όπου εδώ παρουσιάζεται υψηλός. Λόγω της ελαφρά χαμηλότερης ικανότητας πρόβλεψης των συλλογικών βαρών στο B2, δε φαίνεται να υπάρχει δικαιολογία για τον επιπλέον υπολογιστικό φόρτο...

#### 4.8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: MUSA C1

Αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε τύπο συνάρτησης παρατίθενται στο Παράρτημα F. Τα τελικά αποτελέσματα του C1 εμφανίζονται στους επόμενους τρεις πίνακες.

Πίνακας 16: Τελική έύση MUSA C1

Επίπεδο ικανοποίησης:	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	Βάρος
Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης:	0	26.26	51.24	75.77	100	X
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 1:	0	23.53	48.51	74.06	100	29.90%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 2:	0	31.15	58.20	81.15	100	9.59%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 3:	0	17.69	42.07	69.81	100	25.17%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 4:	0	10.33	32.14	62.43	100	14.99%
Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης 5:	0	39.44	69.25	89.44	100	20.35%

Πίνακας 17: Επιλεγμένες συναρτήσεις στο MUSA C1

Συνάρτηση	Τύπος συνάρτησης	$R^2$
$Y^*$	F3	92.26%
$X_I^*$	F3	98.03%

$X_2^*$	F4	98.42%
$X_3^*$	F3	99.05%
$X_4^*$	F3	99.03%
$X_5^*$	F4	97.62%

Πίνακας 18: Επιδόσεις MUSA C1

$SI_b$	99.47%
$SI_y$	98.91%
$SI_x$	98.40%
$SI_{av}$	98.62%
$AFI_b$	97.85%
$ASI_b$	95.09%
Υπολογιστικός φόρτος	Πολύ υψηλός <sup>66</sup>

Συμπερασματικά:

- Τα αποτελέσματα πρόβλεψης για το C1 είναι ομολογουμένως εξαιρετικά. Αν και δε συλλέγονται τόσες πληροφορίες για τις συναρτήσεις ικανοποίησης όσες στα MUSA A1, A2, τα αποτελέσματα κυμαίνονται σε πολύ κοντινά επίπεδα.
- Ο  $AFI$  και ο  $ASI$  κυμαίνονται σε ικανοποιητικά επίπεδα: καλύτερα από το σημερινό MUSA και ίδια με εκείνα των A1, A2.
- Ο υπολογιστικός φόρτος είναι πολύ υψηλός, αλλά σχετικά ανεκτός.

Όσον αφορά τα επί μέρους αποτελέσματα που έδωσαν οι F1, F2, F3, F4 πρέπει να αναφερθούν τα εξής:

- Η F3 ή η F4 ήταν εκείνες που πάντα προσαρμοζόντουσαν καλύτερα στα δεδομένα. Σημειώνεται ότι αυτό φαίνεται λογικό, αφού οι εκθετικές θα ταίριαζαν περισσότερο σε πιο κούλες ή κυρτές καμπύλες. Οι προκαθορισμένες συναρτήσεις περιλαμβάνουν μεν κούλες και κυρτές μορφές, αλλά δεν απέχουν πολύ μακριά

<sup>66</sup> Εδώ δεν ισχύει ο χρησιμοποιούμενος τύπος για τα γραμμικά προγράμματα. Ο φόρτος είναι υψηλός, λόγω της επίλυσης των μη γραμμικών προγραμμάτων: Χρειάστηκαν γύρω στα 3 λεπτά σε έναν Pentium III, 1 Ghz, 256 Mb RAM.

από τη γραμμική συνάρτηση, γιατί όπως προαναφέρθηκε τα ψυχολογικά κριτήρια (όπως και η ικανοποίηση) τείνουν να έχουν μία γραμμική μορφή συνάρτησης αξιών.

- Σε όλες τις περιπτώσεις ο αλγόριθμος επίλυσης των μη γραμμικών προγραμμάτων φάνηκε να συγκλίνει ικανοποιητικότατα για τις F3 και F4. Υπενθυμίζεται ότι στην περίπτωση της F4 προκύπτει πάντα απόλυτο ακρότατο (τετραγωνικός προγραμματισμός). Επιπλέον, στην περίπτωση της F3 πιστοποιήθηκε (εμπειρικά) ότι το τοπικό ακρότατο πάντα ταυτίζόταν με το απόλυτο. Στις περιπτώσεις της F1 και F2 η σύγκλιση υπήρξε προβληματική στις κυρτές μορφές.
- Οι συντελεστές προσδιορισμού - αν και ενδεικτικοί - κυμάνθηκαν σε ικανοποιητικά επίπεδα.

#### **4.9. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Οι συναρτήσεις ικανοποίησης παρουσιάζονται σε συγκριτικά διαγράμματα στο Παράρτημα E, προκειμένου να γίνει απτή η αποτελεσματικότητα των αλγορίθμων.

Ως τελικά συμπεράσματα της μελέτης αναφέρονται τα εξής:

- Πληροφορίες (από τα ερωτηματολόγια) που θα βοηθούσαν στον καλύτερο προσδιορισμό των συλλογικών βαρών δε βελτιώνουν την πρόβλεψη των συλλογικών συναρτήσεων ικανοποίησης (MUSA B).
- Πληροφορίες που θα βοηθούσαν στον καλύτερο προσδιορισμό της συλλογικής οικικής συνάρτησης ικανοποίησης δε βελτιώνουν συνολικά την πρόβλεψη των άλλων μεγεθών (MUSA A3).
- Όταν υπάρχουν πληροφορίες που βοηθούν στον ακριβέστερο υπολογισμό των συναρτήσεων ικανοποίησης, η φάση της μεταβελτιστοποίησης για τις συναρτήσεις δεν είναι απαραίτητη (MUSA A2, C1).
- Ο υπολογισμός βαρών ή συναρτήσεων ικανοποίησης με μέσους όρους, αντί με γραμμικό πρόγραμμα δίνει σχετικά καλύτερα αποτελέσματα (MUSA A1 vs A2, MUSA B1 vs B2).
- Οι περαιτέρω πληροφορίες για τις συναρτήσεις ικανοποίησης βοηθούν και στον ακριβέστερο προσδιορισμό των συλλογικών βαρών (MUSA A1, A2, C1).

Ειδικότερα για κάθε αλγόριθμο:



1. MUSA A1, A2: Όλα τα συλλογικά μεγέθη υπολογίζονται ακριβέστερα και η ευστάθεια και η προσαρμογή βελτιώνονται σε σχέση με το σημερινό μοντέλο MUSA. Το A1 εκτιμά ελαφρώς καλύτερα τις συναρτήσεις ικανοποίησης. Ωστόσο, υπάρχουν τρεις ενστάσεις που αφορούν τη συλλογή των πληροφοριών από τα ερωτηματολόγια:

- Τα κριτήρια πρέπει να είναι λίγα, γιατί το μέγεθος του ερωτηματολογίου είναι μεγάλο.
- Οι πελάτες πρέπει να απαντούν ακριβώς ό,τι αισθάνονται. Ειδάλλως τα αποτελέσματα θα απέχουν από την πραγματικότητα.
- Το μορφωτικό επίπεδο των πελατών πρέπει να είναι υψηλό, γιατί υπάρχει κίνδυνος να μην κατανοήσουν τις ερωτήσεις. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να παρακαμπτεί σε κάποιο βαθμό στην περίπτωση προσωπικών συνεντεύξεων.

2. MUSA A3: Ο αλγόριθμος έχει άσχημες επιδόσεις σε σχέση με τον υπολογιστικό φόρτο που συνεπάγεται η χρήση του και δε θα είχε κάτι ουσιαστικό να προσφέρει στην υπάρχουσα μεθοδολογία.

3. MUSA B: Τα μοντέλα B1 και B2 αν και εκτιμούν σχετικά καλύτερα τα βάρη δεν προσφέρουν κάποια βελτίωση στον υπολογισμό των συναρτήσεων ικανοποίησης. Το B2 έχει υπολογιστικό φόρτο υψηλότερο του B1 που δε δικαιολογείται από κάποια βελτίωση στην εκτίμηση των συλλογικών βαρών. Επιπλέον, αυτή η προσέγγιση (MUSA B) έχει δύο βασικά μειονεκτήματα:

- Σιωπηλά υπονοείται η υπόθεση ότι η ταξική κλίμακα του ειδικευμένου ερωτηματολογίου της MUSA B απεικονίζεται σε γραμμική συνάρτηση αξιών, όπου όλα τα βάρη του ίδιου επιπέδου έχουν την ίδια αξία, κάτι που μπορεί να μην ισχύει (με άλλα λόγια δε γίνεται σεβαστή η ποιοτική φύση της κλίμακας Likert)<sup>67</sup>.
- Είναι δυνατόν οι πελάτες να μην απαντούν ορθολογικά στο ερωτηματολόγιο για τα βάρη, αφού συχνά τείνουν να υπερβάλλουν στη σημαντικότητα των διαστάσεων ικανοποίησης (Naumann, & Giel, 1995).

<sup>67</sup> Η υπόθεση αυτή δε μειώνει την αξιοπιστία των συμπερασμάτων, γιατί ο κύριος στόχος είναι η διερεύνηση του κατά πόσο μία «καλή» πληροφορία για τα βάρη θα βελτίωνε τις επιδόσεις του MUSA στον υπολογισμό των συναρτήσεων ικανοποίησης. Περαιτέρω ανάπτυξη της προσέγγισης MUSA B θα δικαιολογούνταν μόνο στην περίπτωση που τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν ικανοποιητικά.

4. MUSA C: Αυτή η προσέγγιση λύνει τα προβλήματα των MUSA A1 και A2 και δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα από όλες τις πλευρές, εκτός από αυτήν της υπολογιστικής δυσκολίας. Ωστόσο, υπάρχουν προτάσεις για την υπερπήδηση αυτού του προσκόμματος:

- Θα μπορούσε να αναπτυχθεί εφαρμογή server – client όπου ένας ισχυρός υπερυπολογιστής θα έδινε γρήγορα λύσεις μέσω διαδικτύου χρησιμοποιώντας κάποιον global solver.
- Το MUSA C θα μπορούσε να εφαρμόζεται μόνο σε μελέτες εξωτερικών συμβούλων, οπότε και ο εκάστοτε υπεύθυνος θα έδινε αρχικά σημεία στους αλγορίθμους και θα πειραματίζόταν χωρίς πίεση χρόνου.
- Η πιο προφανής λύση είναι να δημιουργηθεί εφαρμογή η οποία θα υποστηρίζει μόνο τον τύπο συνάρτησης F4, που δίνει τετραγωνικά προγράμματα και προσεγγίζει ικανοποιητικότατα τα αποτελέσματα. Επιπλέον, η F3 θα μπορούσε επίσης να υποστηρίζεται μόνο στην περίπτωση που έχει εξασφαλιστεί το δικαίωμα χρήσης ενός αξιόπιστου NLP solver όπως αυτού του Lingo. Οι εκθετικές συναρτήσεις στην περίπτωση της μέτρησης ικανοποίησης ούτως ή άλλως θα προσέφεραν ελάχιστη πιθανή βελτίωση.
- Εάν ο χρόνος δεν αποτελεί περιορισμό, τότε, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σύγκλιση στις περιπτώσεις των F1, F2, προτείνεται να μελετώνται ξεχωριστά οι συναρτήσεις με κούλη και κυρτή μορφή<sup>68</sup> (αφορά το πρόσημο του  $c_2$ ). Αυτό θα βοηθούσε πάρα πολύ στην εύρεση ικανοποιητικού ακρότατου, αλλά θα αύξανε τον υπολογιστικό χρόνο.
- Μία άλλη αντιμετώπιση θα ήταν να χρησιμοποιείται ένας global solver, ο οποίος θα διακοπτόταν μετά από κάποιες επαναλήψεις ή κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα δίνοντας λύσεις συνήθως ημιβέλτιστες.
- Άλλη ιδέα αποτελεί η χρήση global solver με χρήση πολύ «σφικτών» περιορισμών στο επιτρεπτό εύρος των παραμέτρων, ώστε να επιταχύνεται η διαδικασία εύρεσης απόλυτου ακρότατου σε λύσεις που μπορεί όμως να μην είναι και οι βέλτιστες.

<sup>68</sup> Στο MIIDAS αυτό συμβαίνει ήδη.

- Εναλλακτικά θα μπορούσε να αναπτυχθεί κώδικας ειδικός για τον υπολογισμό του απόλυτου ακρότατου για τις F1, F2. Σημειώνεται ότι αποτελεί πλέον κοινή πρακτική η ανάπτυξη εφαρμογών<sup>69</sup> που έχουν την ικανότητα να συγκλίνουν σε απόλυτο ακρότατο (ή περίπου) για συγκεκριμένους τύπους γνωστών συναρτήσεων.

Συνοψίζοντας συμπεραίνεται ότι μέλλον πιθανότατα θα έχουν τα μοντέλα A1 και C1 (μόνο οι συναρτήσεις F3 και F4). Η δοκιμασία, όμως, του πρώτου στην πράξη πρέπει να αποτελεί τρέχουσα προτεραιότητα.

<sup>69</sup> Για παράδειγμα αναφέρεται το Graphpad Prism και το NLReg.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι το υπάρχον σύστημα M.U.S.A. μπορεί να βελτιωθεί με κάποιες από τις τεχνικές που περιγράφηκαν. Το πείραμα έδειξε ότι οι αλγόριθμοι A1, A2 και C1 έχουν προοπτική να αποτελέσουν τη βάση για την ανάπτυξη ενός νέου ανανεωμένου συστήματος. Μέχρι, όμως, την ολοκληρωμένη ενσωμάτωσή τους στην υπάρχουσα μεθοδολογία, απαιτείται η διεξαγωγή περαιτέρω έρευνας στα θέματα που προαναφέρθηκαν και όχι μόνο.

Θα ήταν σκόπιμο, λοιπόν, να παρατεθούν κάποιες προτάσεις για τις κατευθύνσεις που θα έπρεπε να πάρει η μελλοντική έρευνα πάνω στη μεθοδολογία MUSA. Η έρευνα ποτέ δε σταματά άλλωστε και η παρούσα μελέτη απλώς αποτελεί ένα μικρό δομικό στοιχείο ενός μεγάλου οικοδομήματος. Ειδικότερα, λοιπόν, προτείνεται η εξής θεματολογία:

- Ανάπτυξη αλγορίθμων οι οποίοι απαγιστρώνουν τα ακραία σημεία των συναρτήσεων ικανοποίησης από τις τιμές 0 και 100. Αυτό είναι απόλυτα συμβατό με την ανθρώπινη λογική θεωρώντας ότι εάν ένας πελάτης είναι ικανοποιημένος 3%, το πιθανότερο είναι να επιλέξει στην ταξική κλίμακα (ordinal scale) την επιλογή «Καθόλου ικανοποιημένος». Αντίστοιχα ένας πελάτης 99% ικανοποιημένος πιθανώς να δηλώσει «Απόλυτα ικανοποιημένος». Αυτό θα βελτίωνε τη φυσική σημασία των δεικτών ικανοποίησης.
- Δοκιμασία των μοντέλων A1, C1 στην πράξη. Συνιστάται η σύσταση διεπιστημονικής ομάδας, αποτελούμενης και από ψυχολόγους, που θα διερευνούσε την αντικειμενικότητα των αποκρίσεων των πελατών στα ερωτηματολόγια.
- Διερεύνηση πιθανής εφαρμογής γενετικού αλγόριθμου στην προσέγγιση MUSA C.
- Δοκιμασία σιγμοειδών συναρτήσεων στην προσέγγιση MUSA C.
- Επέκταση των μοντέλων A1, A2, C1, ώστε να περιλαμβάνουν δύο επίπεδα κριτηρίων και κατώφλια προτίμησης.
- Μελέτη της συμπεριφοράς των μοντέλων A1, A2, C1 για διαφορετικές παραμέτρους στο πείραμα που διεξήχθη.

Η ανάπτυξη αξιόπιστων και ολοκληρωμένων μεθόδων για τη μέτρηση της ικανοποίησης του πελάτη αποτελεί θέμα μεγάλου ενδιαφέροντος, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Λόγω του ότι το σύστημα MU.S.A. ήδη εκπληρώνει το σκοπό του σε ικανοποιητικό βαθμό, είναι σκόπιμη η διεξαγωγή έρευνας πάνω στην υπάρχουσα μεθοδολογία, στην οποία βασίζεται, προκειμένου να διατηρηθούν όλα τα οφέλη τα οποία παρέχει. Η απρόσκοπτη έρευνα, όπως φάνηκε, είναι βέβαιο ότι θα αποδώσει σύντομα καρπούς...

Brown, D. (1998). *Customer satisfaction research: A critical review*. *Journal of Services Marketing*, 12(1), 2-18.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). New York: Wiley.

De Marez, L., & Vervaeke, J. (1999). *Satisfaction measurement: A critical review*. *Journal of Services Marketing*, 13(1), 2-14.

Grönroos, C. (1980). *A service marketing concept*. *Journal of Marketing*, 44(3), 3-12.

Hirschman, A. C. (1991). *The passion of performance*. Oxford: Oxford University Press.

Kotler, P. (1991). *Marketing management: Analysis, planning, implementation and control* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2000). *Marketing management: An integrated marketing communications perspective* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2001). *Marketing management: An integrated marketing communications perspective* (5th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Levitt, S. (1996). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 15(1), 1-12.

Levitt, S. (1997). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 16(1), 1-12.

Levitt, S. (1998). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 17(1), 1-12.

Levitt, S. (1999). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 18(1), 1-12.

Levitt, S. (2000). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 19(1), 1-12.

Levitt, S. (2001). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 20(1), 1-12.

Levitt, S. (2002). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 21(1), 1-12.

Levitt, S. (2003). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 22(1), 1-12.

Levitt, S. (2004). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 23(1), 1-12.

Levitt, S. (2005). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 24(1), 1-12.

Levitt, S. (2006). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 25(1), 1-12.

Levitt, S. (2007). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 26(1), 1-12.

Levitt, S. (2008). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 27(1), 1-12.

Levitt, S. (2009). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 28(1), 1-12.

Levitt, S. (2010). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 29(1), 1-12.

Levitt, S. (2011). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 30(1), 1-12.

Levitt, S. (2012). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 31(1), 1-12.

Levitt, S. (2013). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 32(1), 1-12.

Levitt, S. (2014). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 33(1), 1-12.

Levitt, S. (2015). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 34(1), 1-12.

Levitt, S. (2016). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 35(1), 1-12.

Levitt, S. (2017). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 36(1), 1-12.

Levitt, S. (2018). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 37(1), 1-12.

Levitt, S. (2019). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 38(1), 1-12.

Levitt, S. (2020). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 39(1), 1-12.

Levitt, S. (2021). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 40(1), 1-12.

Levitt, S. (2022). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 41(1), 1-12.

Levitt, S. (2023). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 42(1), 1-12.

Levitt, S. (2024). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 43(1), 1-12.

Levitt, S. (2025). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 44(1), 1-12.

Levitt, S. (2026). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 45(1), 1-12.

Levitt, S. (2027). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 46(1), 1-12.

Levitt, S. (2028). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 47(1), 1-12.

Levitt, S. (2029). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 48(1), 1-12.

Levitt, S. (2030). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 49(1), 1-12.

Levitt, S. (2031). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 50(1), 1-12.

Levitt, S. (2032). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 51(1), 1-12.

Levitt, S. (2033). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 52(1), 1-12.

Levitt, S. (2034). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 53(1), 1-12.

Levitt, S. (2035). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 54(1), 1-12.

Levitt, S. (2036). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 55(1), 1-12.

Levitt, S. (2037). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 56(1), 1-12.

Levitt, S. (2038). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 57(1), 1-12.

Levitt, S. (2039). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 58(1), 1-12.

Levitt, S. (2040). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 59(1), 1-12.

Levitt, S. (2041). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 60(1), 1-12.

Levitt, S. (2042). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 61(1), 1-12.

Levitt, S. (2043). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 62(1), 1-12.

Levitt, S. (2044). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 63(1), 1-12.

Levitt, S. (2045). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 64(1), 1-12.

Levitt, S. (2046). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 65(1), 1-12.

Levitt, S. (2047). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 66(1), 1-12.

Levitt, S. (2048). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 67(1), 1-12.

Levitt, S. (2049). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 68(1), 1-12.

Levitt, S. (2050). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 69(1), 1-12.

Levitt, S. (2051). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 70(1), 1-12.

Levitt, S. (2052). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 71(1), 1-12.

Levitt, S. (2053). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 72(1), 1-12.

Levitt, S. (2054). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 73(1), 1-12.

Levitt, S. (2055). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 74(1), 1-12.

Levitt, S. (2056). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 75(1), 1-12.

Levitt, S. (2057). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 76(1), 1-12.

Levitt, S. (2058). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 77(1), 1-12.

Levitt, S. (2059). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 78(1), 1-12.

Levitt, S. (2060). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 79(1), 1-12.

Levitt, S. (2061). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 80(1), 1-12.

Levitt, S. (2062). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 81(1), 1-12.

Levitt, S. (2063). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 82(1), 1-12.

Levitt, S. (2064). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 83(1), 1-12.

Levitt, S. (2065). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 84(1), 1-12.

Levitt, S. (2066). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 85(1), 1-12.

Levitt, S. (2067). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 86(1), 1-12.

Levitt, S. (2068). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 87(1), 1-12.

Levitt, S. (2069). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 88(1), 1-12.

Levitt, S. (2070). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 89(1), 1-12.

Levitt, S. (2071). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 90(1), 1-12.

Levitt, S. (2072). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 91(1), 1-12.

Levitt, S. (2073). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 92(1), 1-12.

Levitt, S. (2074). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 93(1), 1-12.

Levitt, S. (2075). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 94(1), 1-12.

Levitt, S. (2076). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 95(1), 1-12.

Levitt, S. (2077). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 96(1), 1-12.

Levitt, S. (2078). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 97(1), 1-12.

Levitt, S. (2079). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 98(1), 1-12.

Levitt, S. (2080). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 99(1), 1-12.

Levitt, S. (2081). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 100(1), 1-12.

Levitt, S. (2082). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 101(1), 1-12.

Levitt, S. (2083). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 102(1), 1-12.

Levitt, S. (2084). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 103(1), 1-12.

Levitt, S. (2085). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 104(1), 1-12.

Levitt, S. (2086). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 105(1), 1-12.

Levitt, S. (2087). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 106(1), 1-12.

Levitt, S. (2088). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 107(1), 1-12.

Levitt, S. (2089). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 108(1), 1-12.

Levitt, S. (2090). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 109(1), 1-12.

Levitt, S. (2091). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 110(1), 1-12.

Levitt, S. (2092). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 111(1), 1-12.

Levitt, S. (2093). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 112(1), 1-12.

Levitt, S. (2094). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 113(1), 1-12.

Levitt, S. (2095). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 114(1), 1-12.

Levitt, S. (2096). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 115(1), 1-12.

Levitt, S. (2097). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 116(1), 1-12.

Levitt, S. (2098). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 117(1), 1-12.

Levitt, S. (2099). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 118(1), 1-12.

Levitt, S. (20100). *Marketing's role in business success*. *Journal of Business Ethics*, 119(1), 1-12.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **6.1. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Bana e Costa, C.A. (2002). M-MACBETH: A decision support tool for multi-criteria value measurement based on qualitative value judgements. *Multi-Criteria Value Measurement*. London: L.S.E., Department of Operational Research.
- Brown, A.M. (2001). Nonlinear regression analysis of data using a spreadsheet. *American Biotechnology Laboratory*, October 2001, 58-60. Retrieved July 15, 2003, from International Scientific Communications Web site: <http://www.iscpubs.com/>
- Christensen, A. (2004, January 21). *Introduction to Nonlinear Regression*. Hamilton: McMaster University. Retrieved April 14, 2004, from John Fox's Home Page Web site: <http://socserv.mcmaster.ca/jfox/Courses/soc761/news.html>
- De Montis, A., De Toro, P., Droste-Franke, B., Omann, I., & Stagl., S. (2000). Criteria for quality assessment of MCDA-methods. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics*, Vienna, May 3-6, 2000.
- Della Croce, F., Tsoukias, A., & Moraitis, P. (2002). Why is difficult to make decisions under multiple criteria? *Proceedings of the AIPS 2002 workshop on Planning and Scheduling with Multiple Criteria*, 41-45.
- Delquie, P., & Luo, M. (1997). A simple trade-off condition for additive multiattribute utility. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6, 248-152.
- Forbes, F. (1997). *Degrees of freedom*. Edmonton: University of Alberta. Retrieved February 22, 2004, from Alberta University Web site: [www.ualberta.ca/CMENG/courses/che562/pdf/dof.pdf](http://www.ualberta.ca/CMENG/courses/che562/pdf/dof.pdf)
- Fourer R. (2000). *Linear Programming Frequently Asked Questions*. Retrieved June 12, 2003, from Optimization Technology Center of Northwestern University and Argonne National Laboratory Web site: <http://www-unix.mcs.anl.gov/otc/Guide/faq/linear-programming-faq.html>
- Fourer R. (2000). *Nonlinear Programming Frequently Asked Questions*. Retrieved June 12, 2003, from Optimization Technology Center of Northwestern

University and Argonne National Laboratory Web site: <http://www-unix.mcs.anl.gov/otc/Guide/faq/nonlinear-programming-faq.html>

Geldermann, J., Zhang, K., & Rentz, O. (2004). *Multi-criteria group decision support for integrated technique assessment*. Karlsruhe: French-German Institute for Environmental Research & University of Karlsruhe.

Grigoroudis, E., Politis, Y., Spiridaki, O., & Siskos, Y. (2002). Modelling importance preferences in customer satisfaction surveys. *Proceedings of 56<sup>th</sup> meeting of the European Working Group Multiple Criteria Decision Aiding*, Coimbra, October 3-5, 2002. Retrieved February 22, 2004, from: [www4.fe.uc.pt/mcda56/docs/Papers/Grigoroudis\\_et\\_al\\_PAP.pdf](http://www4.fe.uc.pt/mcda56/docs/Papers/Grigoroudis_et_al_PAP.pdf)

Grigoroudis, E., Siskos, Y. (2002). Preference disaggregation for measuring and analyzing customer satisfaction: The MUSA method. *European Journal of Operational Research*, 143, 148-170.

Gulsen, M., & Smith, A.E. (1998). A Hierarchical Genetic Algorithm for System Identification and Curve Fitting with a supercomputer implementation. *IMA Volumes in Mathematics and its applications, Volume on Evolutionary Algorithms*, in print.

Gurley, K.R. (2004). Curve Fitting Techniques. *Numerical Methods – Lecture 5*. Gainesville: University of Florida. Retrieved from Florida University Web site: <http://www.ce.ufl.edu/~kgurl/>

Hamel, G., & Prahalad, C.K. (1996). Corporate Challenges. *Competing for the future*. Boston: Harvard Business School Press, 149-158.

Höge, M. (2002). *Towards a framework for the evaluation of translators' aids' systems*. Helsinki: Helsinki University Press.

Homepage of Robert Gerber. *Data interpretation*. Retrieved February 13, 2004 from <http://www.petech.ac.za/robert/DataInterpr.htm>

John, E.G. (1998). Simplified curve fitting using Spreadsheet Add-ins. *International Journal of Engineering Education*, 14, No.5, 375-380.

Keeney, R.L., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. NY: John Wiley and sons.



- Leisman, G.A., & Wallen, A.D. (1999). *Design and analysis of on-orbit servicing architectures for the global positioning system constellation*. Maxwell AFB: Air University (thesis).
- MacGregor Smith, J. (2001). Additive Value Decomposition – Lecture 8. *Lecture Notes on Multi-criteria Decision-Making and Decision Analysis*, Fall 2001. Amherst: University of Massachusetts. Retrieved July 11, 2003, from Dynamic Facilities Layout and Simulation Modeling Laboratory Web site: <http://amadeus.ecs.umass.edu/mie373/>
- Martel, J.M. (1999). *Multicriterion Decision Aid: Methods and Applications*. Windsor: Canadian Operational Research Society. Retrieved February 12, 2004, from Canadian Operational Research Society Web site: <http://www.cors.ca/corse1.htm>
- Matsatsinis, N., Ioannidou, E., & Grigoroudis, E. (1999). Customer satisfaction using data mining techniques. *Proceedings of the European Symposium on Intelligent Techniques*, Chania, June 3-4, 1999. Retrieved July 22, 2003, from ESIT Web site: <http://www.erudit.de/erudit/events/esit99/programme.htm>
- Matsatsinis, N., Fostieri, M., & Koutsouraki, E. (1999). A multicriteria approach for tasks allocation in a multi-agent system. *Proceedings of the European Symposium on Intelligent Techniques*, Chania, June 3-4, 1999. Retrieved July 22, 2003, from ESIT Web site: <http://www.erudit.de/erudit/events/esit99/programme.htm>
- Mattingly, S.P. (2000). *Decision Theory for performance evaluation of new technologies incorporating institutional issues: Application to traffic control implementation*. Irvine: University of California.
- Microsoft Software Developers Network (2004). Retrieved from <http://msdn.microsoft.com/default.aspx>
- Miket, M.J. (2004). *Multiple Regression – Selecting the best equation*. Saskatoon: University of Saskatchewan. Retrieved from Saskatchewan University Web site: <http://math.usask.ca/~miket/>



- Motulsky, H.J. (1999). *Analyzing Data with GraphPad Prism*. San Diego CA: GraphPad Software Inc. Retrieved February 12, 2004, from GraphPad.Com. Web site: [www.graphpad.com](http://www.graphpad.com)
- Moussa, N., & Mousseau, V. (1999). Constructing a Multicriteria Hierarchical Evaluation Model using an Aggregation – Disaggregation approach. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> DSI-99 Conference*, Athens, July 4-7, 1999, 1400-1403.
- NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. *Nonlinear Least Squares Regression*. Retrieved February 23, 2004, from <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>
- Politis Y., & Siskos Y. (2004). Multicriteria Methodology for the evaluation of an engineering department according to the perceptions of three key stakeholders – students, graduates and employers. *European Journal of Operational Research* (to appear).
- Power, D.J. (2004). *Free Decision Support Systems Glossary*. Retrieved February 13, 2004, from DSSResources.COM Web site: <http://DSSResources.COM/glossary/>, 2004.
- Roy, B., & Mousseau, V. (1996). A theoretical framework for analysing the notion of relative importance of criteria. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5, 145-159.
- Roy, B., & Vincke, P. (1981). Multicriteria analysis: survey and new directions. *European Journal of Operational Research*, 8, 207-218.
- Siskos, Y., & Jacquet-Lagrèze, E. (2001). Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience. *European Journal of Operational Research*, 130, 233-245.
- Siskos, Y., Spyridakos, A., & Yannacopoulos, D. (1999). Using artificial intelligence and visual techniques into preference disaggregation analysis: The MIIDAS system. *European Journal of Operational Research*, 113, 281-299.
- Smyth, G.K. (2002). Nonlinear Regression. *Encyclopedia of Environmetrics*, 3, 1405-1411. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd.



Srinivasan, V. (1975). Linear Programming Computational Procedures for Ordinal Regression. *Journal of the Association for Computer Machinery*, Vol. 23, No 3, 475-487.

StatSoft's Electronic Textbook. (2004). *Nonlinear Estimation*. Retrieved February 23, 2004, from <http://www.statsoftinc.com/textbook/stathome.html>

Thornburg, K., & Hummel, A. (2004). *Lingo 8.0 Tutorial*. Retrieved April 1, 2004, from the University of Iowa. Web site: <http://www.icaen.uiowa.edu/~ie166/>

Tsoukias, A., & Vincke, P. (1992). A survey on non conventional Preference Modeling. *Ricerca Operativa*, 61, 5-49.

Vincke, P. (2002). *Multi-Criteria Decision Aid – Historical Perspective*. Presentation in the 1<sup>st</sup> Doctoral Meeting in Decision Aid, Han-Sur-Lesse, September 9-10, 2002. Retrieved July 12, 2003, from: <http://smg.ulb.ac.be/da/hsl2002/>

Weisstein, E.W. *Uniform Product Distribution*. Retrieved April 15, 2004, from MathWorld — A Wolfram Web Resource Web site: <http://mathworld.wolfram.com/UniformProductDistribution.html>

Wook Hong, S., & Tae Cho, K. (1999). A note on the selected Multicriteria Decision Methods and their Applications. *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, 25, 107-132. Retrieved October 10, 2003, from: <http://my.dreamwiz.com/zerohour/>

Zopounidis, C., & Doumpos, M. (1999). A multicriteria decision aid methodology for sorting decision problems: The case of financial distress. *Computational Economics*, 14, 197-218.

## **6.2. ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Αγιακλόγλου, Χ.Ν., & Μπένος, Θ.Ε. (2001). *Εισαγωγή στην Οικονομετρική Ανάλυση – Τόμος Β'*. Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου.

Αναγνωστόπουλος, Π., Αραβώσης, Κ., Κούγκολος, Α., & Βλιάμος, Σ. (2003). *Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων με την χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης*. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Ανακτημένο την 16<sup>η</sup> Οκτωβρίου, 2003, από: <http://www.arvis.gr/>

- Γρηγορούδης, Ε., & Σίσκος, Γ. (2000). *Ποιότητα υπηρεσιών και μέτρηση ικανοποίησης του πελάτη – To σύστημα MUSA*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Halvorson, M. (1998). *Microsoft Visual Basic 6.0 Professional – Βήμα-Βήμα*. Redmont: Microsoft Press.
- Κοκολάκης, Γ., & Σπηλιώτης, Ι. (1991). *Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.
- Κρόκος, Ι.Π. (1996). *Γραμμική Άλγεβρα*. Αθήνα: Αρνός.
- Λαδόπουλος, Ι. (1998). *Κριτική της μεγιστοποίησεως του κέρδους σαν στόχου επιχειρησιακής συμπεριφοράς*. Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου.
- Ξηρόκωστας, Δ.Α., (1991). *Επιχειρησιακή Έρευνα – Γραμμικός Προγραμματισμός*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Ξηρόκωστας, Δ.Α., (1991). *Επιχειρησιακή Έρευνα – Μη Γραμμικός και Δυναμικός Προγραμματισμός*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Πανηγυράκης, Γ.Γ. (1999). *Έρευνα Μάρκετινγκ-Αγοράς. Στρατηγική Διοίκηση Επώνυμου Προϊόντος, Τόμος A*'. Αθήνα: Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, 401-482.
- Παπαγεωργίου, Γ.Σ. (1989). *Θέματα Αριθμητικής Ανάλυσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.
- Πετράκης, Μ. (1999). *Έρευνα Μάρκετινγκ – Θεωρία και Πράξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
- Sandhusen, R.L. (1993). *Έρευνα αγοράς: Εργαλεία και τεχνικές. Μάρκετινγκ*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, 173-202.
- Σίσκος, Ι. (2000). *Γραμμικός Προγραμματισμός*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σίσκος, Ι. (2003). *Επιχειρησιακή Έρευνα – Σημειώσεις παραδόσεων των μαθήματος*. Αθήνα: Εκδόσεις Ο.Π.Α.
- Spiegel, M.R. (1977). *Πιθανότητες και Στατιστική*. Αθήνα: ΕΣΠΙ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

Ακολουθούν διάφορα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την κατανόηση και υποστήριξη του κειμένου. Ειδικότερα παρατίθενται στις επόμενες ενότητες πληροφορίες και δεδομένα για:

- Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ή αναπτύχθηκε.
- Τεχνικές καθορισμού συναρτήσεων αξιών και συντελεστών βαρών των κριτηρίων της MAVT.
- Τα ατομικά δεδομένα κάθε πλασματικού πελάτη, που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.
- Τα μοντέλα στη μορφή που εισήχθησαν στο LINGO.
- Η διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του πειράματος όσον αφορά τις συναρτήσεις αξιών.
- Τα επιμέρους αποτελέσματα των τεσσάρων συναρτήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην παλινδρόμηση του MUSA C1.

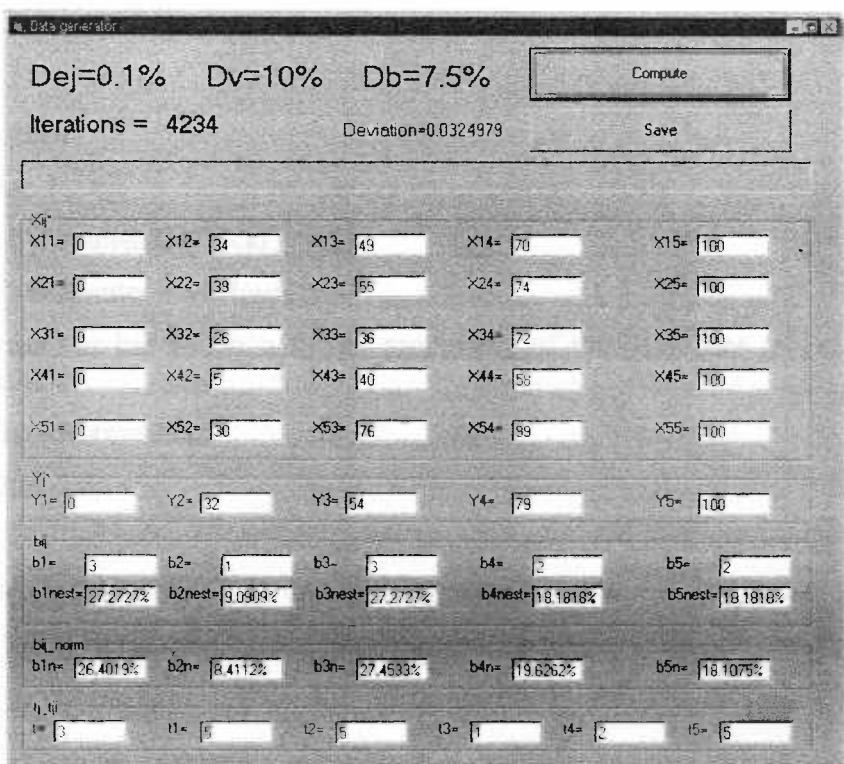
Τα αρχεία του Excel που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς και τις μετατροπές μορφών, καθώς και τα συνοδευτικά VBA modules τους παρατίθενται στο συνοδευτικό CD-ROM της εργασίας<sup>70</sup>. Το τελευταίο περιέχει και αρχείο κειμένου που βοηθά τον ενδιαφερόμενο στην πλοήγηση στο CD. Τα reports του LINGO με τα αναλυτικά αποτελέσματα των προγραμμάτων βρίσκονται και αυτά στο ίδιο CD.

<sup>70</sup> Κρίθηκε σκόπιμη η αποφυγή εκπύπωσης των αρχείων, λόγω είτε του μεγάλου μεγέθους πληροφοριών είτε της «δύσχρηστης» απεικόνισής τους στην έντυπη μορφή.

## 7.1. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

### 7.1.1. Δημιουργία δεδομένων πειράματος

Για τη δημιουργία των τυχαίων δεδομένων του πειράματος αναπτύχθηκε μία εφαρμογή στο περιβάλλον της Visual Basic 6.0 (Enterprise Edition). Τα δεδομένα υπολογίζονται και σώζονται σε ένα μορφοποιημένο αρχείο του Microsoft Excel 2000. Στο root directory του σκληρού δίσκου C: πρέπει να προϋπάρχει το αρχείο 'Data.xls' που παίζει το ρόλο template για το σχηματισμό του αρχείου 'output.xls'. Το λογισμικό δίνει και τη δυνατότητα υπολογισμού και εμφάνισης στην οθόνη των στοιχείων ενός πελάτη (πράγμα χρήσιμο για τη διαδικασία debugging). Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η φόρμα της εφαρμογής:



**Σχήμα 9: Η φόρμα της εφαρμογής υπολογισμού τυχαίων δεδομένων**

Ο κώδικας της εφαρμογής παρατίθεται ακολούθως:

### Βασική Λειτουργική Μονάδα

Option Explicit

Option Base 1

'It is assumed that customers declare integers in the questionnaires

Public X(5, 5) As Integer      'the predefined collective marginal value functions

Public Y(5)   As Integer      'the predefined collective overall value function

Public b(5)                  'the predefined weights

Public Dej

Public Dv As Integer

Public Db

### Φόρμα

Option Explicit

Option Base 1

Private Sub Command1\_Click()

Screen.MousePointer = vbHourglass

'the progress bar has to do with the processing of the responses to the MUSA B questionnaire

ProgressBar1.Max = 3125

ProgressBar1.Min = 0

'these variables are used for the data generating procedure

Static bij(5) As Integer      'these are the responses to the MUSA B questionnaire

Static bij\_notnorm(5)          'the non-normalised true weights produced by the rnd function

Static bij\_norm(5)              'the normalized true weights

Static bij\_normest(5)          'these are the normalized responses to the MUSA B questionnaire

Static bij\_normestemp(5)      'these are the normalized responses to the MUSA B questionnaire used in a loop

Static bijt(5) As Integer      'they are responses to the MUSA B questionnaire used in an optimization loop

Static Xij(5, 5) As Integer    'The first dimension represents the criterion and the second one the satisfaction level)

```

Dim tj As Integer
Static tji(5) As Integer
Static Yj(5) As Integer
Dim i As Integer          'this variable is used in loops
Dim j As Integer          'this variable is used in loops
Dim k As Integer          'this variable is used in loops
Dim l As Integer          'this variable is used in loops
Dim m As Integer          'this variable is used in loops
Dim n As Integer          'this variable is used in loops
Dim iterations As Long    'it counts the iterations of the algorithm
Dim deviation As Double   'it is used in a optimization loop
Dim deviation_min As Double 'it is used in a optimization loop

```

**Db = 0.075**

**Dv = 10**

**Dej = 0.1**

**iterations = 0**

**Y(1) = 0**

**Y(2) = 25**

**Y(3) = 50**

**Y(4) = 75**

**Y(5) = 100**

**X(1, 1) = 0**

**X(1, 2) = 25**

**X(1, 3) = 50**

**X(1, 4) = 75**

**X(1, 5) = 100**

**X(2, 1) = 0**

**X(2, 2) = 30**

**X(2, 3) = 60**

**X(2, 4) = 80**

**X(2, 5) = 100**

**X(3, 1) = 0**

**X(3, 2) = 20**

**X(3, 3) = 40**



$X(3, 4) = 70$

$X(3, 5) = 100$

$X(4, 1) = 0$

$X(4, 2) = 10$

$X(4, 3) = 35$

$X(4, 4) = 65$

$X(4, 5) = 100$

$X(5, 1) = 0$

$X(5, 2) = 35$

$X(5, 3) = 70$

$X(5, 4) = 90$

$X(5, 5) = 100$

$b(1) = 0.3$

$b(2) = 0.1$

$b(3) = 0.25$

$b(4) = 0.15$

$b(5) = 0.2$

$Yj(1) = 0$

$Yj(5) = 100$

For i = 1 To 5

$Xij(i, 1) = 0$

Next

For i = 1 To 5

$Xij(i, 5) = 100$

Next

Line1:

iterations = iterations + 1

'Determining variables

$tj = 0$  'zero value is assigned to tj in order to use it in a test for consistency

Randomize

For i = 2 To 4

$Yj(i) = Int(((Y(i) + Dv) - (Y(i) - Dv) + 1) * Rnd + (Y(i) - Dv))$



Next

For j = 1 To 5

For i = 2 To 4

$X_{ij}(j, i) = \text{Int}(((X(j, i) + Dv) - (X(j, i) - Dv) + 1) * Rnd + (X(j, i) - Dv))$

Next

Next

For i = 1 To 5

$t_{ji}(i) = \text{Int}((5 - 1 + 1) * Rnd + 1)$

Next

Line2:

For i = 1 To 5

$b_{ij\_notnorm}(i) = 1 / 1000 * (\text{Int}(((1000 * b(i) + 1000 * Db) - (1000 * b(i) - 1000 * Db) + 1) * Rnd + (1000 * b(i) - 1000 * Db)))$

Next

'normalizing weights

For i = 1 To 5

$b_{ij\_norm}(i) = b_{ij\_notnorm}(i) / (b_{ij\_notnorm}(1) + b_{ij\_notnorm}(2) + b_{ij\_notnorm}(3) + b_{ij\_notnorm}(4) + b_{ij\_notnorm}(5))$

Next

'checking again for consistency

For i = 1 To 5

If  $b_{ij\_norm}(i) < (b(i) - Db)$  Or  $b_{ij\_norm}(i) > (b(i) + Db)$  Then

GoTo Line2

End If

Next

'Checking for overall consistency

For i = 1 To 5

If  $\text{Abs}((b_{ij\_norm}(1) * X_{ij}(1, t_{ji}(1))) + (b_{ij\_norm}(2) * X_{ij}(2, t_{ji}(2))) + (b_{ij\_norm}(3) * X_{ij}(3, t_{ji}(3))) + (b_{ij\_norm}(4) * X_{ij}(4, t_{ji}(4))) + (b_{ij\_norm}(5) * X_{ij}(5, t_{ji}(5))) - Y_j(i)) \leq Dej$  Then

$tj = i$

Exit For

End If

Next

If  $tj = 0$  Then



GoTo Line 1

End If

Label44.Caption = iterations

'Calculating responses to MUSA B questionnaire

deviation\_min = 1000 'this is the first value

ProgressBar1.Value = 0

For i = 1 To 5

For j = 1 To 5

For k = 1 To 5

For l = 1 To 5

For m = 1 To 5

bijt(1) = i

bijt(2) = j

bijt(3) = k

bijt(4) = l

bijt(5) = m

'Calculating the normalized weights derived from the MUSA B questionnaire

For n = 1 To 5

bij\_normestemp(n) = bijt(n) / (bijt(1) + bijt(2) + bijt(3) + bijt(4) + bijt(5))

Next

deviation = Abs(bij\_normestemp(1) - bij\_norm(1)) + Abs(bij\_normestemp(2) - bij\_norm(2)) + Abs(bij\_normestemp(3) - bij\_norm(3)) + Abs(bij\_normestemp(4) - bij\_norm(4)) + Abs(bij\_normestemp(5) - bij\_norm(5))

If deviation < deviation\_min Then

bij(1) = bijt(1)

bij(2) = bijt(2)

bij(3) = bijt(3)

bij(4) = bijt(4)

bij(5) = bijt(5)

deviation\_min = deviation

End If

ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Value + 1

Next

Next



Next

Next

Next

For i = 1 To 5

bij\_normest(i) = bij(i) / (bij(1) + bij(2) + bij(3) + bij(4) + bij(5))

Next

Print

'Printing

For i = 0 To 4

Text1(i).Text = Xij(1, i + 1)

Next

For i = 5 To 9

Text1(i).Text = Xij(2, i - 4)

Next

For i = 10 To 14

Text1(i).Text = Xij(3, i - 9)

Next

For i = 15 To 19

Text1(i).Text = Xij(4, i - 14)

Next

For i = 20 To 24

Text1(i).Text = Xij(5, i - 19)

Next

For i = 25 To 29

Text1(i).Text = Yj(i - 24)

Next

For i = 30 To 34

Text1(i).Text = bij(i - 29)

Next

Text1(35) = tj

For i = 36 To 40

Text1(i).Text = tji(i - 35)

Next

For i = 41 To 45

Text1(i).Text = Format(bij\_norm(i - 40), "0.0000%")



Next

For i = 46 To 50

Text1(i).Text = Format(bij\_normest(i - 45), "0.0000%")

Next

Label55.Caption = "Deviation=" & Format(deviation\_min, "0.0000000")

ProgressBar1.Value = 0

Screen.MousePointer = vbDefault

End Sub

Private Sub Command2\_Click()

Screen.MousePointer = vbHourglass

'the progress bar has to do with the processing of the responses to the MUSA B questionnaire

ProgressBar1.Max = 312500

ProgressBar1.Min = 0

'these variables are used for the data generating procedure

Static bij(5) As Integer                   'these are the responses to the MUSA B questionnaire

Static bij\_notnorm(5)                     'the non-normalised true weights produced by the rnd function

Static bij\_norm(5)                         'the normalized true weights

Static bij\_normest(5)                     'these are the normalized responses to the MUSA B questionnaire

Static bij\_normestemp(5)                  'these are the normalized responses to the MUSA B questionnaire used in a loop

Static bijt(5) As Integer                  'they are responses to the MUSA B questionnaire used in an optimization loop

Static Xij(5, 5) As Integer               'The first dimension represents the criterion and the second one the satisfaction level)

Dim tj As Integer

Static tji(5) As Integer

Static Yj(5) As Integer

Dim i As Integer                          'this variable is used in loops

Dim j As Integer                          'this variable is used in loops

Dim k As Integer                          'this variable is used in loops

Dim l As Integer                          'this variable is used in loops



**Dim m As Integer** 'this variable is used in loops  
**Dim n As Integer** 'this variable is used in loops  
**Dim o As Integer** 'this variable is used in loops  
**Dim iterations As Long** 'it counts the iterations of the algorithm  
**Dim deviation As Double** 'it is used in a optimization loop  
**Dim deviation\_min As Double** 'it is used in a optimization loop  
**Dim obook As Excel.Workbook** 'it holds the data.xls  
**Dim cellwr As String**

**Set obook = GetObject("c:\data.xls")**

**Db = 0.075**

**Dv = 10**

**Dej = 0.1**

**iterations = 0**

**Y(1) = 0**

**Y(2) = 25**

**Y(3) = 50**

**Y(4) = 75**

**Y(5) = 100**

**X(1, 1) = 0**

**X(1, 2) = 25**

**X(1, 3) = 50**

**X(1, 4) = 75**

**X(1, 5) = 100**

**X(2, 1) = 0**

**X(2, 2) = 30**

**X(2, 3) = 60**

**X(2, 4) = 80**

**X(2, 5) = 100**

**X(3, 1) = 0**

**X(3, 2) = 20**

**X(3, 3) = 40**

**X(3, 4) = 70**

**X(3, 5) = 100**



$X(4, 1) = 0$   
 $X(4, 2) = 10$   
 $X(4, 3) = 35$   
 $X(4, 4) = 65$   
 $X(4, 5) = 100$   
 $X(5, 1) = 0$   
 $X(5, 2) = 35$   
 $X(5, 3) = 70$   
 $X(5, 4) = 90$   
 $X(5, 5) = 100$   
 $b(1) = 0.3$   
 $b(2) = 0.1$   
 $b(3) = 0.25$   
 $b(4) = 0.15$   
 $b(5) = 0.2$

For o = 1 To 100 'there are 100 customers

$Yj(1) = 0$

$Yj(5) = 100$

For i = 1 To 5

$Xij(i, 1) = 0$

Next

For i = 1 To 5

$Xij(i, 5) = 100$

Next

Line1:

Randomize

iterations = iterations + 1

'Determining variables

$tj = 0$  'zero value is assigned to tj in order to use it in a test for consistency

For i = 2 To 4

$Yj(i) = \text{Int}(((Y(i) + Dv) - (Y(i) - Dv) + 1) * Rnd + (Y(i) - Dv))$

Next

For j = 1 To 5



For i = 2 To 4

Xij(j, i) = Int(((X(j, i) + Dv) - (X(j, i) - Dv) + 1) \* Rnd + (X(j, i) - Dv))

Next

Next

For i = 1 To 5

tji(i) = Int((5 - 1 + 1) \* Rnd + 1)

Next

Line2:

For i = 1 To 5

bij\_notnorm(i) = 1 / 1000 \* (Int(((1000 \* b(i) + 1000 \* Db) - (1000 \* b(i) - 1000 \* Db) + 1) \* Rnd + (1000 \* b(i) - 1000 \* Db)))

Next

'normalizing weights

For i = 1 To 5

bij\_norm(i) = bij\_notnorm(i) / (bij\_notnorm(1) + bij\_notnorm(2) + bij\_notnorm(3) + bij\_notnorm(4) + bij\_notnorm(5))

Next

'checking again for consistency

For i = 1 To 5

If bij\_norm(i) < (b(i) - Db) Or bij\_norm(i) > (b(i) + Db) Then

GoTo Line2

End If

Next

'Checking for overall consistency

For i = 1 To 5

If Abs((bij\_norm(1) \* Xij(1, tji(1))) + (bij\_norm(2) \* Xij(2, tji(2))) + (bij\_norm(3) \* Xij(3, tji(3))) + (bij\_norm(4) \* Xij(4, tji(4))) + (bij\_norm(5) \* Xij(5, tji(5))) - Yj(i)) <= Dej Then

tj = i

Exit For

End If

Next

If tj = 0 Then

GoTo Line1

End If



'Calculating responses to MUSA B questionnaire

deviation\_min = 1000 'this is the first value

For i = 1 To 5

For j = 1 To 5

For k = 1 To 5

For l = 1 To 5

For m = 1 To 5

bijt(1) = i

bijt(2) = j

bijt(3) = k

bijt(4) = l

bijt(5) = m

'Calculating the normalized weights derived from the MUSA B questionnaire

For n = 1 To 5

· bij\_normestemp(n) = bijt(n) / (bijt(1) + bijt(2) + bijt(3) + bijt(4) + bijt(5))

Next

deviation = Abs(bij\_normestemp(1) - bij\_norm(1)) + Abs(bij\_normestemp(2) - bij\_norm(2)) + Abs(bij\_normestemp(3) - bij\_norm(3)) + Abs(bij\_normestemp(4) - bij\_norm(4)) + Abs(bij\_normestemp(5) - bij\_norm(5))

If deviation < deviation\_min Then

bij(1) = bijt(1)

bij(2) = bijt(2)

bij(3) = bijt(3)

bij(4) = bijt(4)

bij(5) = bijt(5)

deviation\_min = deviation

End If

ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Value + 1

Next

Next

Next

Next

For i = 1 To 5

bij\_normest(i) = bij(i) / (bij(1) + bij(2) + bij(3) + bij(4) + bij(5))



Next

'writing output.xls

With obook.Sheets(1)

For i = 1 To 5

For j = 1 To 5

.Cells(4 + i + 9 \* (o - 1), 3 + j).Value = Xij(i, j)

Next

Next

For i = 1 To 5

.Cells(4 + 9 \* (o - 1), 3 + i).Value = Yj(i)

Next

For i = 1 To 5

.Cells(5 + 9 \* (o - 1) + (i - 1), 10).Value = bij\_norm(i)

Next

For i = 1 To 5

.Cells(5 + 9 \* (o - 1) + (i - 1), 11).Value = bij(i)

Next

.Cells(4 + 9 \* (o - 1), 14) = tj

For i = 1 To 5

.Cells(5 + 9 \* (o - 1) + (i - 1), 14).Value = tji(i)

Next

For i = 1 To 5

.Cells(5 + 9 \* (o - 1) + (i - 1), 12).Value = bij\_normest(i)

Next

End With

j = 0

i = 0

Next o

obook.Windows(1).Visible = True

obook.SaveAs "c:\Output.xls"

obook.Application.Quit

Set obook = Nothing



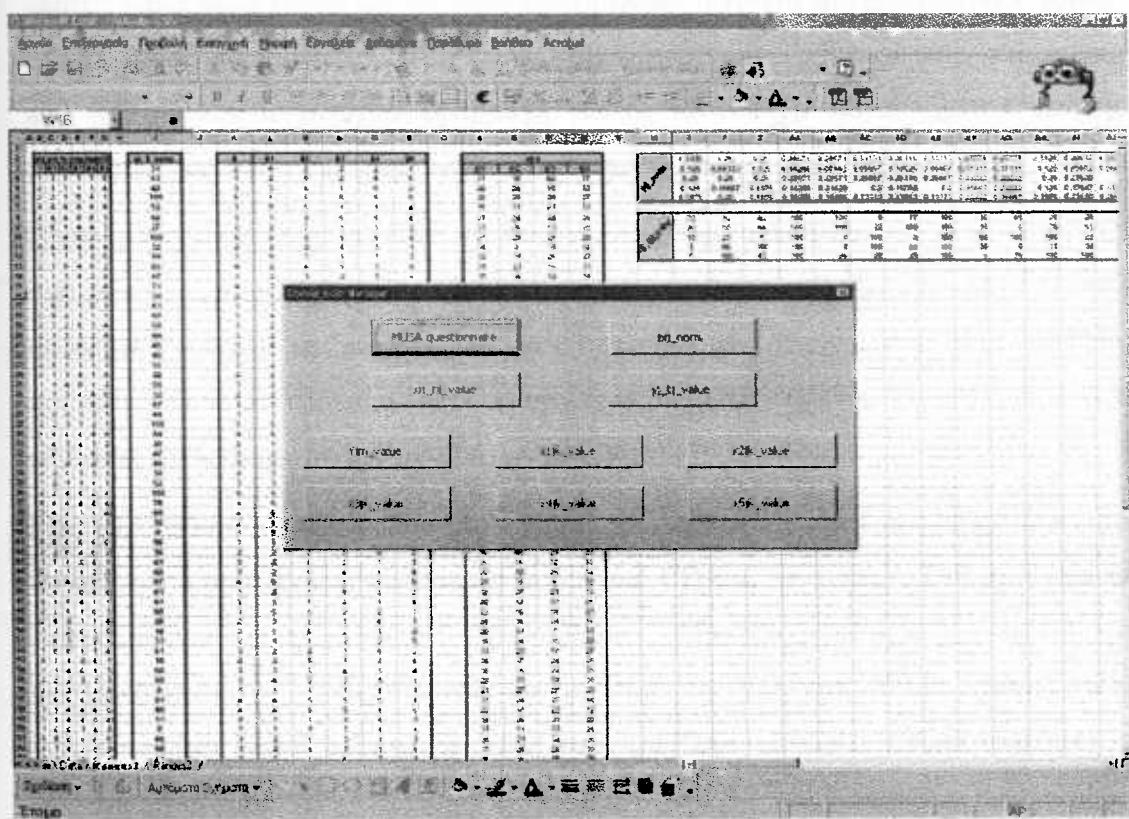
```
Label44.Caption = iterations
```

```
ProgressBar1.Value = 0
```

```
Screen.MousePointer = vbDefault
```

```
End Sub
```

Στη συνέχεια από τα δεδομένα των πελατών καταρτίστηκε ένα νέο workbook του Excel ('VBAoutput.xls') όπου και προστέθηκε κατάλληλος VBA κώδικας για την μετατροπή των στοιχείων σε μία μορφή, που μπορεί να γίνει κατανοητή από το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για το μαθηματικό προγραμματισμό. Κατά την εκκίνηση του Excel παρουσιάζεται – εφόσον είναι ενεργοποιημένες οι μακροεντολές – μία φόρμα όπου διαδοχικά ο χρήστης ζητά τη μετατροπή διαφόρων στοιχείων σε επιθυμητή μορφή. Η φόρμα απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα:



Σχήμα 10: Φόρμα της VBA εφαρμογής που μετατρέπει τη μορφή των δεδομένων

Ο κώδικας της εφαρμογής βρίσκεται στο συνοδευτικό CD της εργασίας, αφού η παράθεσή του στο έντυπο δε θα βοηθούσε στην κατανόηση του.

### 7.1.2. Lingo και αποτελέσματα

Τα μορφοποιημένα δεδομένα μεταφέρθηκαν σε ξεχωριστό βιβλίο εργασίας του Excel ('LingoInput.xls') όπου και χωρίστηκαν σε συγκεκριμένα επώνυμα ranges. Τα τελευταία βοηθούν την επικοινωνία του λογισμικού βελτιστοποίησης και του Excel μέσω της τεχνολογίας OLE.

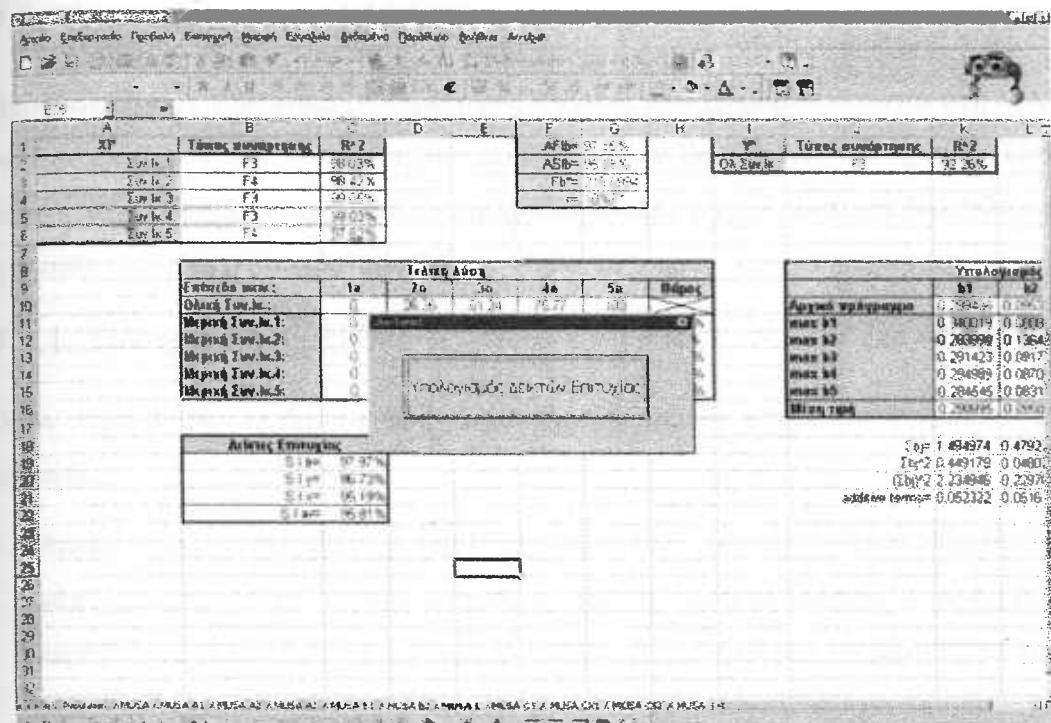
Ος λογισμικό βελτιστοποίησης χρησιμοποιήθηκε το Lingo v8.0 - Extended version. Επιλέχθηκε τόσο για τις εξαίρετες ικανότητες επίλυσης γραμμικών, τετραγωνικών και μη γραμμικών προγραμμάτων, όσο και για το γεγονός ότι έχει τη δική του Modeling Language, που απλοποιεί σημαντικά την κατάρτιση των μοντέλων και τη διαδικασία εύρεσης λογικών σφαλμάτων. Επίσης, το Lingo παρέχει και callable dll που μπορεί να ενσωματωθεί σε εμπορικές εφαρμογές, πράγμα που ενισχύει την επιλογή του.

Ο global solver - για το μη γραμμικό προγραμματισμό - που διαθέτει, ωστόσο, συχνά απαιτεί πάρα πολύ χρόνο και για αυτό προτιμήθηκε η χρήση του γενικού NLP solver. Ο τελευταίος ουσιαστικά είναι ο κύριος υποψήφιος «συνεργάτης» στην περίπτωση που στο μέλλον αναπτυχθεί εφαρμογή για το MUSA C1 λόγω σχετικά υψηλής αξιοπιστίας και ανεκτού υπολογιστικού φόρτου.

Προκειμένου να επαληθεύσει ο αναγνώστης τα αποτελέσματα της έρευνας, σημειώνεται ότι επιλέχθηκε ο αναλυτικός τρόπος υπολογισμού των παραγώγων (όπου αυτό ήταν δυνατό) και ενεργοποιήθηκαν οι ικανότητες αναγνώρισης τετραγωνικών προγραμμάτων και εύρεσης «ικανοποιητικών» αρχικών σημείων για τον αλγόριθμο επίλυσης μη γραμμικών προγραμμάτων αυτόματα.

Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στο Lingo παρουσιάζονται στο Παράρτημα D και τα αντίστοιχα reports βρίσκονται στο συνοδευτικό CD της εργασίας<sup>71</sup>. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα μεταφέρθηκαν στο Excel ('Postprocessing.xls') όπου και υπολογίστηκαν οι απαιτούμενοι δείκτες με τη βοήθεια VBA κώδικα που ενεργοποιείται κατά το άνοιγμα του αρχείου. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η αντίστοιχη φόρμα:

<sup>71</sup> Τα reports δεν παρατίθενται σε έντυπη μορφή λόγω υπερβολικού μεγέθους.



**Σχήμα 11:** VBA εφαρμογή που υπολογίζει τους δείκτες επιτυχίας

## 7.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΗΝ MAVT

Παρουσιάζονται συνοπτικά οι κυριότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη MAVT για την εκτίμηση των συναρτήσεων αξιών και των βαρών των κριτηρίων. Παντού υπονοείται ότι ισχύει «αμοιβαία προτιμησιακή ανεξαρτησία», ώστε να δικαιολογείται η προσθετική ολική συνάρτηση αξιών.

### 7.2.1. Συναρτήσεις αξιών

Όσον αφορά την εκτίμηση των συναρτήσεων αξιών υπάρχουν γενικά οι εξής τεχνικές:

1. Άμεση εκμαίευση (direct rating): Ο ερωτώμενος καλείται να αξιολογήσει με κάποιον τρόπο (υπολογισμός λόγων, άμεση απόδοση ποσοστού % κλπ.) άμεσα «ερεθίσματα» από κάθε κριτήριο. Για παράδειγμα καλείται να απαντήσει για το πόσο % ικανοποιημένος αισθάνεται όταν το τάδε κριτήριο έχει την τάδε τιμή. Πολλές φορές αντί για το ίδιο το κριτήριο τού παρουσιάζεται μία εναλλακτική δράση α; που έχει καθορισμένη τιμή για το συγκεκριμένο κριτήριο (π.χ. καλείται να απαντήσει πόσο % ικανοποιημένος αισθάνεται με την εγγύτητα μιας συγκεκριμένης παραλίας, που εκ των προτέρων γνωρίζει ο αναλυτής το πόσο απέχει).
2. Οπτικές τεχνικές (visual techniques): Ο ερωτώμενος με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή - συνήθως - σχεδιάζει υποβοηθούμενος κατευθείαν τη συνάρτηση αξιών.
3. Προσαρμογές καμπυλών (curve selection and fitting): Ο ερωτώμενος επιλέγει μία μορφή καμπύλης και έπειτα με κάποια από τις άλλες τεχνικές επιτυγχάνεται η προσαρμογή της στην πραγματική δομή των προτιμήσεών του (preference structure).
4. Mid-value point techniques<sup>72</sup>: Με κατάλληλες ερωταπαντήσεις βρίσκεται το επίπεδο του κριτηρίου, στο οποίο η value function έχει την τιμή 50%. Όμοια μετά υπολογίζεται το σημείο του 25% και του 75% κ.ο.κ. Με curve fitting τεχνικές επιτυγχάνεται ο σχεδιασμός της συνάρτησης. Αυτή η μέθοδος απαιτεί εκτενή αλληλεπίδραση μεταξύ του ερευνητή και του DM (Decision Maker).

<sup>72</sup> Keeney and Raiffa (1976).

5. Άλλες αλληλεπιδραστικές / διαλεκτικές (interactive) τεχνικές, όπως για παράδειγμα εκείνη του συστήματος MACBETH ή η Lock-Step Procedure των Keeney και Raiffa (για δύο κριτήρια).
6. Difference standard technique: Μοιάζει με την τεχνική του mid-value point, αλλά εδώ εκτιμούνται τα επίπεδα κάθε κριτηρίου για ίσα διαστήματα μεταβολής της συνάρτησης αξιών, που έχουν προκαθοριστεί. Από αυτήν τη τεχνική λείπει ευελιξία και απαιτείται έντονη αλληλεπίδραση.

Σε κάθε περίπτωση σύμφωνα με Von Winterfeldt και Edwards (1986:258) η γνώση τουλάχιστον πέντε σημείων (μαζί με τα δύο ακραία) της συνάρτησης αξιών είναι αρκετή για να αναλάβουν οι τεχνικές προσαρμογής καμπυλών τα υπόλοιπα.

### 7.2.2. Συντελεστές βάρους

Όσον αφορά τον υπολογισμό των βαρών σημαντικότητας των κριτηρίων υπάρχουν για τη MAVT κυρίως οι ακόλουθες τεχνικές:

1. Trade-off procedure<sup>73</sup>: Ο D.M. βάζει σε σειρά βάσει της προτίμησής του n μεταβολές κριτηρίων (μία για κάθε κριτήριο) όπου σε κάθε μία το κριτήριο μεταβάλλεται από τη χειρότερη τιμή του μέχρι την καλύτερη. Έτσι προκύπτει μία ανισοτική σχέση μεταξύ των βαρών. Στη συνέχεια για το κριτήριο (έστω b) με το μεγαλύτερο βάρος υπολογίζονται οι τιμές του για τις οποίες ο D.M. είναι αδιάφορος (indifferent) μεταξύ της κατάστασης όπου ένα άλλο είναι στην καλύτερη τιμή του και τα υπόλοιπα στη χειρότερη και της κατάστασης όπου όλα τα κριτήρια είναι στη χειρότερη τιμή και το b στην αναζητούμενη τιμή. Γνωρίζοντας τις συναρτήσεις αξιών και λύνοντας το σύστημα εξισώσεων προκύπτουν τα βάρη.
2. Pricing out<sup>74</sup>: Όταν ένα κριτήριο είναι το οικονομικό (σε χρηματικούς όρους) τότε μπορεί μία παραλλαγή της άνω τεχνικής να χρησιμοποιήσει ως κριτήριο αναφοράς το οικονομικό.
3. Swing weighting<sup>75</sup>: Όλα τα κριτήρια θεωρούνται στο χειρότερο επίπεδό τους και ο ερωτώμενος τα κατατάσσει βάσει του ποιο επιθυμεί να βρεθεί στην καλύτερη τιμή του δίνοντας και συγκεκριμένες αναλογίες για τις προτιμήσεις του (π.χ.

<sup>73</sup> Keeney and Raiffa (1976).

<sup>74</sup> Keeney and Raiffa (1976).

<sup>75</sup> Von Winterfeldt and Edwards (1986).

«αυτή η μεταβολή αξίζει το 40% της άλλης μεταβολής»). Από το σύστημα εξισώσεων που προκύπτει υπολογίζονται τα βάρη. Και αυτή η τεχνική απαιτεί έντονη αλληλεπίδραση.

4. Άλλες αλληλεπιδραστικές τεχνικές, σαν εκείνη του MACBETH των Bana e Costa and Vansnick (1997, 1999).
5. Συνδυασμός MAVT με τη μέθοδο A.H.P.(Analytic Hierarchy Process): Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σύγκριση ανά ζευγάρι κριτηρίων της AHP για να εξαχθούν τα βάρη.
6. Άμεση εκμαίευση (Direct elicitation): Με κάποιον τρόπο εξάγονται ακριβείς αριθμητικές τιμές που βοηθούν στον υπολογισμό των βαρών. Για παράδειγμα στη μέθοδο Servqual<sup>76</sup> ζητείται να κατανείμει ο ερωτώμενος 100 μονάδες στα βάρη. Η μέθοδος αυτή προβάλλει ένα πραγματικά δύσκολο καθήκον για τον ερωτώμενο (δηλαδή να μπορέσει να δώσει τόσο ακριβείς αριθμητικές τιμές για δύσκολα ποσοτικοποιήσιμα για αυτόν μεγέθη).

<sup>76</sup> Αποτελεί μία μέθοδο έρευνας ικανοποίησης πελατών για τις προσφερόμενες υπηρεσίες (Σίσκος και Γρηγορούδης (2000)).



### 7.3. ΤΥΧΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Παρατίθενται τα ατομικά δεδομένα των πλασματικών πελατών, όπως αυτά προέκυψαν από τον αλγόριθμο υπολογισμού τους<sup>77</sup>.

j = 1	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	41	83	100	X	X	2
	X1*	0	22	41	79	100	31.84%	5	31.25%
	X2*	0	20	69	80	100	10.43%	2	12.50%
	X3*	0	13	39	72	100	25.71%	4	25.00%
	X4*	0	3	37	66	100	13.45%	2	12.50%
	X5*	0	36	74	95	100	18.57%	3	18.75%

j = 2	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	53	68	100	X	X	3
	X1*	0	19	46	76	100	25.33%	3	25.00%
	X2*	0	34	58	88	100	8.03%	1	8.33%
	X3*	0	23	31	71	100	25.52%	3	25.00%
	X4*	0	18	41	66	100	17.11%	2	16.67%
	X5*	0	35	78	85	100	24.01%	3	25.00%

j = 3	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	49	73	100	X	X	3
	X1*	0	34	49	71	100	23.45%	4	25.00%
	X2*	0	26	70	84	100	13.10%	2	12.50%
	X3*	0	29	46	78	100	26.21%	4	25.00%
	X4*	0	1	41	65	100	18.45%	3	18.75%
	X5*	0	43	75	80	100	18.79%	3	18.75%

j = 4	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	15	46	67	100	X	X	5
	X1*	0	16	53	65	100	29.03%	2	28.57%
	X2*	0	33	63	83	100	13.18%	1	14.29%
	X3*	0	19	39	70	100	28.66%	2	28.57%
	X4*	0	8	45	63	100	13.09%	1	14.29%
	X5*	0	45	63	93	100	16.04%	1	14.29%

<sup>77</sup> Τα δεδομένα έχουν αντιγραφεί από την πρωτότυπη μορφή τους στο Excel.

j = 5	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	28	52	76	100	X	X	3
	X1*	0	15	48	82	100	28.49%	4	28.57%
	X2*	0	26	60	90	100	9.53%	1	7.14%
	X3*	0	19	44	75	100	27.01%	4	28.57%
	X4*	0	6	37	57	100	20.35%	3	21.43%
	X5*	0	27	72	96	100	14.62%	2	14.29%

j = 6	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	59	72	100	X	X	3
	X1*	0	26	60	72	100	36.10%	5	33.33%
	X2*	0	22	57	78	100	4.46%	1	6.67%
	X3*	0	21	35	60	100	24.79%	4	26.67%
	X4*	0	13	39	67	100	19.92%	3	20.00%
	X5*	0	45	80	90	100	14.73%	2	13.33%

j = 7	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	27	55	75	100	X	X	2
	X1*	0	17	54	84	100	28.28%	5	26.32%
	X2*	0	33	52	85	100	11.03%	2	10.53%
	X3*	0	30	34	67	100	25.48%	5	26.32%
	X4*	0	9	40	68	100	15.95%	3	15.79%
	X5*	0	25	75	88	100	19.26%	4	21.05%

j = 8	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	43	81	100	X	X	5
	X1*	0	33	40	68	100	36.43%	5	33.33%
	X2*	0	20	65	76	100	6.27%	1	6.67%
	X3*	0	27	40	61	100	26.70%	4	26.67%
	X4*	0	19	35	64	100	17.08%	3	20.00%
	X5*	0	37	70	92	100	13.51%	2	13.33%

j = 9	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	32	46	72	100			2
	X1*	0	30	46	84	100	28.14%	5	27.78%
	X2*	0	35	54	73	100	12.71%	2	11.11%
	X3*	0	24	43	66	100	21.78%	4	22.22%
	X4*	0	17	30	65	100	16.05%	3	16.67%
	X5*	0	44	69	99	100	21.32%	4	22.22%

j = 10	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	54	69	100			3
	X1*	0	24	52	65	100	26.81%	5	27.78%
	X2*	0	21	53	85	100	10.91%	2	11.11%
	X3*	0	30	36	72	100	24.20%	4	22.22%
	X4*	0	8	37	73	100	21.59%	4	22.22%
	X5*	0	43	75	100	100	16.49%	3	16.67%

j = 11	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	17	53	65	100			4
	X1*	0	25	59	85	100	29.91%	5	31.25%
	X2*	0	22	61	78	100	13.80%	2	12.50%
	X3*	0	15	38	67	100	23.69%	4	25.00%
	X4*	0	0	33	63	100	14.29%	2	12.50%
	X5*	0	31	68	94	100	18.32%	3	18.75%

j = 12	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	. 27	47	83	100			3
	X1*	0	28	52	71	100	28.40%	5	29.41%
	X2*	0	36	53	78	100	6.17%	1	5.88%
	X3*	0	22	46	74	100	24.59%	4	23.53%
	X4*	0	8	34	58	100	15.97%	3	17.65%
	X5*	0	27	79	93	100	24.86%	4	23.53%

j = 13	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	25	54	71	100			4
	X1*	0	31	53	81	100	35.82%	5	33.33%
	X2*	0	35	61	79	100	5.44%	1	6.67%
	X3*	0	16	44	68	100	20.36%	3	20.00%
	X4*	0	19	45	67	100	12.47%	2	13.33%
	X5*	0	33	78	85	100	25.91%	4	26.67%

j = 14	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	43	73	100			2
	X1*	0	19	56	69	100	27.06%	5	27.78%
	X2*	0	31	51	87	100	10.51%	2	11.11%
	X3*	0	14	34	66	100	29.93%	5	27.78%
	X4*	0	10	33	69	100	10.80%	2	11.11%
	X5*	0	25	62	95	100	21.70%	4	22.22%

j = 15	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	41	83	100			3
	X1*	0	16	57	68	100	26.89%	4	28.57%
	X2*	0	22	52	84	100	7.27%	1	7.14%
	X3*	0	23	41	72	100	22.81%	3	21.43%
	X4*	0	6	25	58	100	20.42%	3	21.43%
	X5*	0	40	80	81	100	22.61%	3	21.43%

j = 16	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	22	60	80	100			3
	X1*	0	25	43	84	100	30.66%	4	28.57%
	X2*	0	25	54	85	100	6.93%	1	7.14%
	X3*	0	23	50	75	100	26.37%	4	28.57%
	X4*	0	9	45	74	100	21.00%	3	21.43%
	X5*	0	30	75	85	100	15.04%	2	14.29%

j = 17	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	58	72	100			3
	X1*	0	26	50	71	100	28.99%	4	26.67%
	X2*	0	30	50	76	100	13.14%	2	13.33%
	X3*	0	18	33	75	100	26.38%	4	26.67%
	X4*	0	12	37	65	100	17.29%	3	20.00%
	X5*	0	30	73	83	100	14.20%	2	13.33%

j = 18	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	44	70	100			3
	X1*	0	19	42	74	100	25.94%	3	25.00%
	X2*	0	39	51	76	100	16.65%	2	16.67%
	X3*	0	13	40	71	100	22.78%	3	25.00%
	X4*	0	7	37	68	100	8.78%	1	8.33%
	X5*	0	25	68	87	100	25.84%	3	25.00%

j = 19	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	17	45	71	100			3
	X1*	0	22	46	67	100	34.30%	4	36.36%
	X2*	0	38	61	79	100	9.40%	1	9.09%
	X3*	0	11	37	69	100	29.46%	3	27.27%
	X4*	0	19	29	63	100	9.59%	1	9.09%
	X5*	0	44	76	94	100	17.25%	2	18.18%

j = 20	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	27	48	76	100			3
	X1*	0	32	51	66	100	34.51%	5	31.25%
	X2*	0	21	69	81	100	3.87%	1	6.25%
	X3*	0	18	34	69	100	31.81%	5	31.25%
	X4*	0	12	34	67	100	12.79%	2	12.50%
	X5*	0	42	78	98	100	17.02%	3	18.75%

j = 21	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	22	55	78	100			3
	X1*	0	15	59	83	100	32.96%	5	35.71%
	X2*	0	38	60	76	100	9.26%	1	7.14%
	X3*	0	18	39	66	100	27.77%	4	28.57%
	X4*	0	6	36	58	100	15.80%	2	14.29%
	X5*	0	32	78	97	100	14.22%	2	14.29%

j = 22	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	52	82	100			2
	X1*	0	19	41	71	100	33.66%	4	36.36%
	X2*	0	20	63	90	100	9.60%	1	9.09%
	X3*	0	15	44	69	100	27.35%	3	27.27%
	X4*	0	8	40	57	100	10.28%	1	9.09%
	X5*	0	44	64	97	100	19.11%	2	18.18%

j = 23	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	27	58	65	100			3
	X1*	0	23	54	79	100	35.63%	5	35.71%
	X2*	0	28	67	83	100	4.68%	1	7.14%
	X3*	0	12	39	80	100	28.37%	4	28.57%
	X4*	0	17	26	59	100	17.48%	2	14.29%
	X5*	0	26	73	92	100	13.85%	2	14.29%

j = 24	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	32	52	73	100			2
	X1*	0	23	42	84	100	30.95%	5	31.25%
	X2*	0	25	66	79	100	6.70%	1	6.25%
	X3*	0	25	40	60	100	31.06%	5	31.25%
	X4*	0	1	36	68	100	17.12%	3	18.75%
	X5*	0	29	74	80	100	14.16%	2	12.50%

j = 25	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	19	57	79	100	X	X	3
	X1*	0	33	60	85	100	28.53%	5	3
	X2*	0	32	61	72	100	15.69%	3	3
	X3*	0	17	34	68	100	20.49%	4	4
	X4*	0	11	34	57	100	19.41%	4	4
	X5*	0	33	70	89	100	15.88%	3	2

j = 26	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	32	44	80	100	X	X	3
	X1*	0	35	60	82	100	26.56%	5	3
	X2*	0	20	53	77	100	9.59%	2	4
	X3*	0	29	32	70	100	23.87%	5	2
	X4*	0	14	34	63	100	15.44%	3	3
	X5*	0	35	68	81	100	24.54%	5	2

j = 27	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	52	79	100	X	X	5
	X1*	0	18	60	83	100	31.28%	2	5
	X2*	0	21	58	83	100	14.89%	1	5
	X3*	0	15	39	79	100	27.84%	2	5
	X4*	0	18	45	56	100	11.89%	1	5
	X5*	0	28	64	80	100	14.10%	1	5

j = 28	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	27	43	84	100	X	X	4
	X1*	0	33	41	68	100	31.21%	5	5
	X2*	0	20	62	70	100	13.22%	2	4
	X3*	0	14	37	64	100	21.00%	3	5
	X4*	0	14	45	60	100	17.15%	3	4
	X5*	0	33	70	86	100	17.41%	3	3

j = 29		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	20	54	74	100				2
	X1*	0	35	59	82	100	26.01%	5	26.32%	1
	X2*	0	24	53	84	100	11.15%	2	10.53%	4
	X3*	0	15	46	68	100	21.16%	4	21.05%	1
	X4*	0	19	31	73	100	14.24%	3	15.79%	1
	X5*	0	39	73	94	100	27.45%	5	26.32%	2

j = 30		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	47	74	100				3
	X1*	0	17	44	67	100	30.19%	5	29.41%	2
	X2*	0	26	59	88	100	12.46%	2	11.76%	3
	X3*	0	12	33	72	100	21.63%	4	23.53%	5
	X4*	0	14	33	71	100	19.12%	3	17.65%	3
	X5*	0	40	65	97	100	16.61%	3	17.65%	2

j = 31		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	18	45	65	100				3
	X1*	0	30	43	77	100	36.71%	5	35.71%	3
	X2*	0	24	68	84	100	5.75%	1	7.14%	1
	X3*	0	21	35	65	100	28.87%	4	28.57%	4
	X4*	0	7	37	56	100	8.43%	1	7.14%	4
	X5*	0	28	78	85	100	20.24%	3	21.43%	2

j = 32		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	30	42	69	100				2
	X1*	0	19	47	67	100	30.27%	5	31.25%	3
	X2*	0	38	60	72	100	4.92%	1	6.25%	2
	X3*	0	14	44	61	100	24.59%	4	25.00%	2
	X4*	0	10	42	71	100	20.77%	3	18.75%	2
	X5*	0	43	79	89	100	19.45%	3	18.75%	2

j = 33	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	32	52	75	100			3
	X1*	0	29	44	76	100	27.87%	4	28.57%
	X2*	0	27	54	86	100	13.88%	2	14.29%
	X3*	0	23	50	76	100	22.62%	3	21.43%
	X4*	0	14	33	68	100	14.54%	2	14.29%
	X5*	0	36	76	85	100	21.09%	3	21.43%

j = 34	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	44	72	100			5
	X1*	0	31	49	66	100	34.53%	5	35.71%
	X2*	0	29	69	74	100	13.69%	2	14.29%
	X3*	0	26	42	79	100	22.98%	3	21.43%
	X4*	0	19	39	75	100	9.09%	1	7.14%
	X5*	0	34	72	84	100	19.71%	3	21.43%

j = 35	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	51	78	100			4
	X1*	0	15	56	70	100	34.02%	3	33.33%
	X2*	0	27	55	75	100	11.60%	1	11.11%
	X3*	0	20	48	67	100	23.20%	2	22.22%
	X4*	0	0	31	61	100	9.06%	1	11.11%
	X5*	0	36	70	85	100	22.12%	2	22.22%

j = 36	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	53	68	100			4
	X1*	0	24	50	68	100	32.69%	5	31.25%
	X2*	0	25	61	78	100	10.18%	2	12.50%
	X3*	0	12	44	72	100	25.97%	4	25.00%
	X4*	0	3	27	59	100	12.02%	2	12.50%
	X5*	0	42	66	85	100	19.14%	3	18.75%

j = 37	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	/	1o	2o	3o	4o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	43	73	100	X	X	2
	X1*	0	17	43	84	100	28.13%	5	29.41%
	X2*	0	30	53	90	100	5.20%	1	5.88%
	X3*	0	21	46	65	100	28.77%	5	29.41%
	X4*	0	6	26	70	100	18.68%	3	17.65%
	X5*	0	27	77	89	100	19.21%	3	17.65%

j = 38	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	/	1o	2o	3o	4o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	50	69	100	X	X	1
	X1*	0	29	58	69	100	31.29%	5	31.25%
	X2*	0	23	65	74	100	11.88%	2	12.50%
	X3*	0	27	46	78	100	28.63%	5	31.25%
	X4*	0	4	25	61	100	13.39%	2	12.50%
	X5*	0	34	73	95	100	14.80%	2	12.50%

j = 39	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	/	1o	2o	3o	4o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	16	56	77	100	X	X	3
	X1*	0	18	45	78	100	24.03%	4	22.22%
	X2*	0	20	53	87	100	14.59%	3	16.67%
	X3*	0	24	49	67	100	28.99%	5	27.78%
	X4*	0	13	31	58	100	10.21%	2	11.11%
	X5*	0	43	73	96	100	22.18%	4	22.22%

j = 40	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	/	1o	2o	3o	4o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	51	70	100	X	X	2
	X1*	0	18	43	85	100	29.30%	5	27.78%
	X2*	0	25	61	72	100	15.97%	3	16.67%
	X3*	0	12	34	62	100	28.36%	5	27.78%
	X4*	0	9	34	65	100	10.78%	2	11.11%
	X5*	0	34	76	87	100	15.60%	3	16.67%

j = 41	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	41	66	100			3
	X1*	0	15	44	77	100	27.88%	4	28.57%
	X2*	0	34	51	83	100	13.27%	2	14.29%
	X3*	0	24	39	60	100	22.33%	3	21.43%
	X4*	0	2	32	60	100	14.61%	2	14.29%
	X5*	0	27	72	80	100	21.91%	3	21.43%

j = 42	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	21	60	68	100			3
	X1*	0	30	47	75	100	32.53%	3	30.00%
	X2*	0	30	70	72	100	10.17%	1	10.00%
	X3*	0	14	46	78	100	28.70%	3	30.00%
	X4*	0	1	36	67	100	9.26%	1	10.00%
	X5*	0	37	64	91	100	19.34%	2	20.00%

j = 43	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	19	46	67	100			4
	X1*	0	31	43	81	100	22.59%	4	25.00%
	X2*	0	37	60	87	100	12.50%	2	12.50%
	X3*	0	28	48	78	100	25.19%	4	25.00%
	X4*	0	9	43	60	100	19.35%	3	18.75%
	X5*	0	39	68	85	100	20.37%	3	18.75%

j = 44	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	41	74	100			3
	X1*	0	29	41	73	100	32.26%	5	33.33%
	X2*	0	40	70	78	100	11.95%	2	13.33%
	X3*	0	15	32	73	100	26.56%	4	26.67%
	X4*	0	6	31	57	100	15.17%	2	13.33%
	X5*	0	29	80	86	100	14.06%	2	13.33%

j = 45		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	22	41	79	100				3
	X1*	0	23	50	85	100	37.37%	4	40.00%	3
	X2*	0	37	57	86	100	12.42%	1	10.00%	1
	X3*	0	12	50	71	100	20.50%	2	20.00%	2
	X4*	0	11	45	57	100	9.94%	1	10.00%	1
	X5*	0	33	73	100	100	19.77%	2	20.00%	4

j = 46		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	24	60	84	100				3
	X1*	0	15	54	81	100	30.34%	2	28.57%	5
	X2*	0	26	68	78	100	14.44%	1	14.29%	3
	X3*	0	12	34	75	100	26.50%	2	28.57%	2
	X4*	0	15	42	60	100	14.27%	1	14.29%	2
	X5*	0	30	61	82	100	14.44%	1	14.29%	5

j = 47		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	60	67	100				2
	X1*	0	32	52	72	100	28.37%	5	29.41%	3
	X2*	0	34	69	74	100	4.21%	1	5.88%	3
	X3*	0	27	37	62	100	30.32%	5	29.41%	1
	X4*	0	5	45	63	100	18.09%	3	17.65%	4
	X5*	0	36	64	95	100	19.01%	3	17.65%	1

j = 48		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	19	43	78	100				2
	X1*	0	18	55	79	100	34.01%	5	33.33%	1
	X2*	0	24	53	80	100	5.99%	1	6.67%	4
	X3*	0	10	35	80	100	31.55%	5	33.33%	2
	X4*	0	15	41	73	100	14.76%	2	13.33%	3
	X5*	0	36	74	84	100	13.69%	2	13.33%	2

j = 49	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tjι
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	56	73	100	X	X	X
	X1*	0	30	54	84	100	26.16%	5	25.00%
	X2*	0	35	69	86	100	3.46%	1	5.00%
	X3*	0	24	38	67	100	25.73%	5	25.00%
	X4*	0	11	40	70	100	20.11%	4	20.00%
	X5*	0	27	66	88	100	24.54%	5	25.00%

j = 50	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tjι
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	51	75	100	X	X	X
	X1*	0	28	60	68	100	28.97%	5	29.41%
	X2*	0	37	59	70	100	3.78%	1	5.88%
	X3*	0	22	48	64	100	28.36%	5	29.41%
	X4*	0	2	32	68	100	18.88%	3	17.65%
	X5*	0	45	79	83	100	20.02%	3	17.65%

j = 51	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tjι
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	30	45	65	100	X	X	X
	X1*	0	17	48	84	100	29.31%	5	29.41%
	X2*	0	28	58	89	100	6.39%	1	5.88%
	X3*	0	19	43	70	100	29.51%	5	29.41%
	X4*	0	9	45	64	100	17.85%	3	17.65%
	X5*	0	28	62	100	100	16.94%	3	17.65%

j = 52	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tjι
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	60	70	100	X	X	-
	X1*	0	21	41	84	100	28.72%	5	27.78%
	X2*	0	25	51	87	100	11.52%	2	11.11%
	X3*	0	30	35	70	100	21.73%	4	22.22%
	X4*	0	6	34	69	100	16.38%	3	16.67%
	X5*	0	29	66	100	100	21.65%	4	22.22%

j = 53	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	23	50	77	100	X	X	X	3
	X1*	0	31	56	66	100	29.27%	5	29.41%	4
	X2*	0	20	63	75	100	6.09%	1	5.88%	3
	X3*	0	10	38	62	100	30.07%	5	29.41%	3
	X4*	0	4	27	60	100	16.48%	3	17.65%	3
	X5*	0	29	61	86	100	18.08%	3	17.65%	3

j = 54	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	57	84	100	X	X	X	1
	X1*	0	33	44	82	100	29.29%	5	29.41%	1
	X2*	0	39	66	71	100	6.26%	1	5.88%	1
	X3*	0	13	41	70	100	29.38%	5	29.41%	1
	X4*	0	8	40	61	100	12.80%	2	11.76%	1
	X5*	0	39	72	84	100	22.27%	4	23.53%	1

j = 55	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	22	59	81	100	X	X	X	4
	X1*	0	32	42	82	100	28.07%	4	26.67%	4
	X2*	0	39	51	89	100	6.71%	1	6.67%	5
	X3*	0	15	39	69	100	30.96%	5	33.33%	5
	X4*	0	1	43	64	100	20.23%	3	20.00%	5
	X5*	0	41	65	86	100	14.04%	2	13.33%	1

j = 56	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	60	80	100	X	X	X	4
	X1*	0	23	54	65	100	30.88%	4	30.77%	4
	X2*	0	38	58	85	100	13.79%	2	15.38%	5
	X3*	0	30	49	76	100	22.79%	3	23.08%	5
	X4*	0	1	25	57	100	9.19%	1	7.69%	1
	X5*	0	37	74	80	100	23.35%	3	23.08%	5

j = 57	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	42	75	100	X	X	2
	X1*	0	25	49	73	100	31.69%	5	31.25%
	X2*	0	39	54	77	100	16.92%	3	18.75%
	X3*	0	26	45	66	100	19.79%	3	18.75%
	X4*	0	11	39	70	100	17.13%	3	18.75%
	X5*	0	35	60	97	100	14.46%	2	12.50%

j = 58	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	20	41	75	100	X	X	1
	X1*	0	32	46	66	100	31.93%	5	27.78%
	X2*	0	23	55	75	100	3.19%	1	5.56%
	X3*	0	12	47	76	100	27.55%	5	27.78%
	X4*	0	1	36	56	100	20.26%	4	22.22%
	X5*	0	25	77	99	100	17.06%	3	16.67%

j = 59	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	17	45	70	100	X	X	3
	X1*	0	22	47	65	100	29.95%	5	29.41%
	X2*	0	40	62	90	100	9.63%	2	11.76%
	X3*	0	25	41	77	100	24.71%	4	23.53%
	X4*	0	5	44	70	100	11.83%	2	11.76%
	X5*	0	28	78	89	100	23.87%	4	23.53%

j = 60	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	15	50	65	100	X	X	3
	X1*	0	33	53	65	100	35.38%	3	33.33%
	X2*	0	34	61	87	100	9.46%	1	11.11%
	X3*	0	10	39	64	100	23.46%	2	22.22%
	X4*	0	5	43	67	100	12.04%	1	11.11%
	X5*	0	28	73	85	100	19.66%	2	22.22%

j = 61		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	23	52	71	100				3
	X1*	0	32	46	84	100	31.93%	4	30.77%	3
	X2*	0	28	66	71	100	15.57%	2	15.38%	3
	X3*	0	13	39	76	100	20.96%	3	23.08%	5
	X4*	0	4	41	71	100	14.99%	2	15.38%	3
	X5*	0	29	75	96	100	16.55%	2	15.38%	1

j = 62		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	24	40	69	100				3
	X1*	0	19	59	76	100	27.27%	5	29.41%	1
	X2*	0	27	50	73	100	6.16%	1	5.88%	2
	X3*	0	13	47	78	100	29.45%	5	29.41%	3
	X4*	0	18	33	63	100	12.69%	2	11.76%	1
	X5*	0	38	66	100	100	24.43%	4	23.53%	4

j = 63		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	27	60	84	100				3
	X1*	0	21	44	81	100	29.62%	4	28.57%	4
	X2*	0	37	50	76	100	13.52%	2	14.29%	2
	X3*	0	14	43	69	100	21.33%	3	21.43%	4
	X4*	0	16	37	62	100	16.19%	2	14.29%	5
	X5*	0	25	76	91	100	19.33%	3	21.43%	1

j = 64		Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
		1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	21	47	78	100				3
	X1*	0	29	49	74	100	34.99%	5	33.33%	3
	X2*	0	22	59	89	100	3.32%	1	6.67%	2
	X3*	0	29	46	64	100	19.82%	3	20.00%	1
	X4*	0	17	27	55	100	14.51%	2	13.33%	4
	X5*	0	36	77	81	100	27.35%	4	26.67%	3

j = 65	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	44	74	100				4
	X1*	0	34	42	70	100	33.41%	5	35.71%	2
	X2*	0	22	64	83	100	7.44%	1	7.14%	5
	X3*	0	14	32	72	100	23.66%	3	21.43%	5
	X4*	0	10	32	75	100	14.39%	2	14.29%	5
	X5*	0	34	62	81	100	21.10%	3	21.43%	4

j = 66	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	26	40	82	100				3
	X1*	0	28	40	82	100	27.39%	5	27.78%	3
	X2*	0	24	61	74	100	12.39%	2	11.11%	3
	X3*	0	21	35	77	100	29.13%	5	27.78%	2
	X4*	0	20	38	61	100	15.65%	3	16.67%	1
	X5*	0	26	74	91	100	15.43%	3	16.67%	5

j = 67	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	51	85	100				4
	X1*	0	16	57	82	100	24.46%	4	23.53%	4
	X2*	0	28	66	82	100	13.10%	2	11.76%	5
	X3*	0	28	44	64	100	29.76%	5	29.41%	5
	X4*	0	20	29	64	100	16.23%	3	17.65%	5
	X5*	0	36	65	96	100	16.45%	3	17.65%	2

j = 68	Επίπεδα ικανοποίησης						Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o					
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	17	45	79	100				2
	X1*	0	30	54	65	100	26.54%	5	26.32%	1
	X2*	0	25	67	76	100	9.07%	2	10.53%	4
	X3*	0	28	44	66	100	25.05%	5	26.32%	1
	X4*	0	14	33	58	100	17.29%	3	15.79%	4
	X5*	0	45	70	92	100	22.06%	4	21.05%	1

j = 69	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	30	45	67	100	X	X	3
	X1*	0	15	44	70	100	25.99%	5	26.32%
	X2*	0	38	67	86	100	3.46%	1	5.26%
	X3*	0	26	48	68	100	22.83%	4	21.05%
	X4*	0	11	32	58	100	20.65%	4	21.05%
	X5*	0	44	80	82	100	27.08%	5	26.32%

j = 70	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	32	45	83	100	X	X	2
	X1*	0	20	54	70	100	24.19%	4	26.67%
	X2*	0	38	70	88	100	13.19%	2	13.33%
	X3*	0	12	34	67	100	27.69%	4	26.67%
	X4*	0	13	45	60	100	14.06%	2	13.33%
	X5*	0	41	66	98	100	20.87%	3	20.00%

j = 71	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	23	44	75	100	X	X	5
	X1*	0	34	50	84	100	30.37%	3	30.00%
	X2*	0	24	57	82	100	9.42%	1	10.00%
	X3*	0	24	49	64	100	21.59%	2	20.00%
	X4*	0	0	42	71	100	18.10%	2	20.00%
	X5*	0	25	74	93	100	20.53%	2	20.00%

j = 72	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	59	75	100	X	X	2
	X1*	0	24	47	70	100	33.19%	5	35.71%
	X2*	0	22	58	81	100	6.42%	1	7.14%
	X3*	0	12	40	66	100	21.13%	3	21.43%
	X4*	0	14	28	55	100	16.81%	2	14.29%
	X5*	0	27	75	80	100	22.46%	3	21.43%

j = 73	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	28	47	81	100	X	X	3
	X1*	0	30	45	83	100	30.40%	5	5
	X2*	0	23	50	77	100	13.51%	2	3
	X3*	0	26	49	62	100	29.27%	5	1
	X4*	0	19	44	60	100	10.44%	2	1
	X5*	0	45	60	99	100	16.38%	3	3

j = 74	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	43	81	100	X	X	2
	X1*	0	27	48	82	100	32.96%	2	1
	X2*	0	40	62	71	100	16.43%	1	1
	X3*	0	12	44	80	100	17.56%	1	1
	X4*	0	10	34	74	100	15.49%	1	5
	X5*	0	25	71	81	100	17.56%	1	5

j = 75	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	50	69	100	X	X	3
	X1*	0	15	52	84	100	28.29%	4	5
	X2*	0	38	59	71	100	13.26%	2	3
	X3*	0	11	42	62	100	23.24%	3	3
	X4*	0	0	35	72	100	20.31%	3	2
	X5*	0	28	74	94	100	14.91%	2	2

j = 76	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	20	52	82	100	X	X	4
	X1*	0	18	58	77	100	32.72%	5	3
	X2*	0	26	54	77	100	9.46%	1	3
	X3*	0	20	48	78	100	29.54%	4	5
	X4*	0	10	41	72	100	13.90%	2	5
	X5*	0	39	60	93	100	14.38%	2	5

j = 77	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	56	66	100			3
	X1*	0	26	58	79	100	33.57%	5	33.33%
	X2*	0	20	53	71	100	3.81%	1	6.67%
	X3*	0	20	46	70	100	28.93%	4	26.67%
	X4*	0	10	44	64	100	13.21%	2	13.33%
	X5*	0	26	66	80	100	20.48%	3	20.00%

j = 78	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	52	66	100			2
	X1*	0	15	53	70	100	24.60%	4	25.00%
	X2*	0	38	51	71	100	11.86%	2	12.50%
	X3*	0	16	38	80	100	26.78%	4	25.00%
	X4*	0	4	40	62	100	19.66%	3	18.75%
	X5*	0	35	60	88	100	17.09%	3	18.75%

j = 79	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	17	44	66	100			5
	X1*	0	34	42	73	100	32.35%	5	31.25%
	X2*	0	26	52	71	100	5.45%	1	6.25%
	X3*	0	19	47	70	100	31.04%	5	31.25%
	X4*	0	2	43	58	100	13.39%	2	12.50%
	X5*	0	30	61	86	100	17.77%	3	18.75%

j = 80	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	20	. 47	69	100			4
	X1*	0	28	42	72	100	26.17%	3	27.27%
	X2*	0	35	69	71	100	9.03%	1	9.09%
	X3*	0	16	30	61	100	27.18%	3	27.27%
	X4*	0	2	31	71	100	20.18%	2	18.18%
	X5*	0	38	74	88	100	17.44%	2	18.18%

j = 81	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	32	58	65	100	X	X	3
	X1*	0	29	48	75	100	31.10%	5	33.33%
	X2*	0	22	58	80	100	6.89%	1	6.67%
	X3*	0	30	48	67	100	21.26%	3	20.00%
	X4*	0	7	32	60	100	20.08%	3	20.00%
	X5*	0	42	70	97	100	20.67%	3	20.00%

j = 82	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	19	41	84	100	X	X	3
	X1*	0	21	54	68	100	24.30%	4	25.00%
	X2*	0	28	65	84	100	13.03%	2	12.50%
	X3*	0	20	47	72	100	30.87%	5	31.25%
	X4*	0	6	34	65	100	10.95%	2	12.50%
	X5*	0	45	61	90	100	20.86%	3	18.75%

j = 83	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	33	49	75	100	X	X	4
	X1*	0	24	58	74	100	28.81%	5	29.41%
	X2*	0	30	65	78	100	12.00%	2	11.76%
	X3*	0	13	48	61	100	25.33%	4	23.53%
	X4*	0	5	28	59	100	16.45%	3	17.65%
	X5*	0	35	78	97	100	17.41%	3	17.65%

j = 84	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	34	55	69	100	X	X	3
	X1*	0	32	44	84	100	23.00%	4	22.22%
	X2*	0	36	70	80	100	15.55%	3	16.67%
	X3*	0	10	50	67	100	27.47%	5	27.78%
	X4*	0	10	37	65	100	10.24%	2	11.11%
	X5*	0	31	68	84	100	23.74%	4	22.22%

j = 85	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	25	43	74	100	X	X	3
	X1*	0	25	60	80	100	30.85%	5	29.41%
	X2*	0	21	68	71	100	16.33%	3	17.65%
	X3*	0	25	41	68	100	22.64%	4	23.53%
	X4*	0	15	33	73	100	12.13%	2	11.76%
	X5*	0	40	62	86	100	18.05%	3	17.65%

j = 86	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	29	55	65	100	X	X	4
	X1*	0	25	44	72	100	34.59%	5	35.71%
	X2*	0	36	66	75	100	8.92%	1	7.14%
	X3*	0	25	38	79	100	21.21%	3	21.43%
	X4*	0	1	44	62	100	15.06%	2	14.29%
	X5*	0	44	72	96	100	20.22%	3	21.43%

j = 87	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	21	45	79	100	X	X	3
	X1*	0	17	55	67	100	28.71%	5	29.41%
	X2*	0	37	69	86	100	6.79%	1	5.88%
	X3*	0	10	38	76	100	24.46%	4	23.53%
	X4*	0	1	26	74	100	17.57%	3	17.65%
	X5*	0	32	78	89	100	22.46%	4	23.53%

j = 88	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	22	53	75	100	X	X	5
	X1*	0	31	53	73	100	35.93%	5	35.71%
	X2*	0	31	69	82	100	7.27%	1	7.14%
	X3*	0	21	37	78	100	20.27%	3	21.43%
	X4*	0	15	32	71	100	16.17%	2	14.29%
	X5*	0	33	78	100	100	20.37%	3	21.43%

j = 89	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	15	59	74	100	X	X	3
	X1*	0	16	58	84	100	26.51%	5	25.00%
	X2*	0	20	54	77	100	15.31%	3	15.00%
	X3*	0	11	32	69	100	20.12%	4	20.00%
	X4*	0	4	43	73	100	14.09%	3	15.00%
	X5*	0	41	74	87	100	23.97%	5	25.00%

j = 90	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	25	57	80	100	X	X	3
	X1*	0	17	59	84	100	33.50%	4	33.33%
	X2*	0	28	63	73	100	5.77%	1	8.33%
	X3*	0	20	39	69	100	24.60%	3	25.00%
	X4*	0	17	29	64	100	9.21%	1	8.33%
	X5*	0	32	77	84	100	26.92%	3	25.00%

j = 91	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	25	57	77	100	X	X	2
	X1*	0	16	52	78	100	31.26%	5	33.33%
	X2*	0	26	64	80	100	13.57%	2	13.33%
	X3*	0	27	33	63	100	21.11%	3	20.00%
	X4*	0	4	30	55	100	14.77%	2	13.33%
	X5*	0	26	62	96	100	19.30%	3	20.00%

j = 92	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	23	57	81	100	X	X	2
	X1*	0	18	53	68	100	32.37%	5	33.33%
	X2*	0	36	56	73	100	11.35%	2	13.33%
	X3*	0	29	42	79	100	26.14%	4	26.67%
	X4*	0	6	41	63	100	8.09%	1	6.67%
	X5*	0	39	78	96	100	22.05%	3	20.00%

j = 93	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	54	69	100	X	X	4
	X1*	0	30	52	80	100	30.62%	5	3
	X2*	0	32	65	86	100	11.30%	2	1
	X3*	0	18	38	62	100	22.36%	4	5
	X4*	0	7	29	59	100	12.27%	2	4
	X5*	0	45	62	89	100	23.45%	4	5

j = 94	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	35	57	69	100	X	X	3
	X1*	0	26	40	66	100	33.30%	5	4
	X2*	0	32	64	89	100	15.20%	2	3
	X3*	0	22	48	66	100	19.04%	3	4
	X4*	0	16	25	65	100	10.98%	2	4
	X5*	0	26	61	92	100	21.48%	3	2

j = 95	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	16	56	79	100	X	X	3
	X1*	0	21	45	85	100	24.95%	5	2
	X2*	0	25	61	88	100	8.90%	2	3
	X3*	0	15	32	78	100	20.55%	4	4
	X4*	0	7	40	58	100	20.99%	4	5
	X5*	0	34	73	97	100	24.62%	5	2

j = 96	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	17	56	83	100	X	X	2
	X1*	0	20	42	69	100	25.72%	5	1
	X2*	0	34	67	89	100	6.43%	1	5
	X3*	0	13	44	73	100	21.11%	4	2
	X4*	0	12	38	62	100	20.44%	4	3
	X5*	0	34	70	80	100	26.30%	5	1

j = 97	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	15	60	66	100	X	X	2
	X1*	0	31	41	67	100	31.26%	4	30.77%
	X2*	0	32	55	73	100	15.32%	2	15.38%
	X3*	0	14	44	70	100	21.37%	3	23.08%
	X4*	0	11	26	59	100	7.93%	1	7.69%
	X5*	0	40	69	100	100	24.13%	3	23.08%

j = 98	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	31	54	66	100	X	X	3
	X1*	0	29	44	73	100	32.97%	5	33.33%
	X2*	0	26	55	87	100	2.55%	1	6.67%
	X3*	0	24	36	78	100	21.79%	3	20.00%
	X4*	0	10	35	69	100	21.30%	3	20.00%
	X5*	0	38	71	90	100	21.39%	3	20.00%

j = 99	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	25	45	67	100	X	X	2
	X1*	0	24	43	76	100	33.73%	4	30.77%
	X2*	0	33	69	86	100	5.62%	1	7.69%
	X3*	0	26	48	77	100	22.21%	3	23.08%
	X4*	0	14	39	72	100	15.41%	2	15.38%
	X5*	0	25	80	84	100	23.03%	3	23.08%

j = 100	Επίπεδα ικανοποίησης					Ατομικά βάρη	Αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	Κανον/νες αποκρίσεις στο ερωτ. του MUSA B	tj και tji
	1o	2o	3o	4o	5o				
Ατομικές συναρτήσεις ικανοποίησης	Y*	0	19	60	77	100	X	X	2
	X1*	0	24	51	66	100	28.66%	5	29.41%
	X2*	0	22	66	70	100	9.46%	2	11.76%
	X3*	0	24	46	70	100	24.40%	4	23.53%
	X4*	0	20	40	75	100	17.25%	3	17.65%
	X5*	0	30	80	81	100	20.22%	3	17.65%

## 7.4. MONTELA LINGO

Παρατίθενται τα μοντέλα των προγραμμάτων στη Modeling Language του Lingo. Σε περιπτώσεις προγραμμάτων της φάσης μεταβελτιστοποίησης έχουν συμπεριληφθεί μόνο ένα ανά περίπτωση, λόγω εκτενούς ομοιότητας. Για τον ίδιο λόγο παρατίθενται όσον αφορά τις περιθώριες συναρτήσεις στο MUSA C1 και A2 μόνο τα προγράμματα για τη  $X_I^*$ .

```
Title Main program for estimation of weights - MUSA A1/A2/C1;
!In order to help the reader find similarities with the mathematical
form of the model the variables have kept their indeces as in their
original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;
```

```
Data:
M= 100;
n= 5;
Enddata
```

```
Sets:
!Every customer is accompanied by his or her errors and the value of
his or her overall satisfaction level;
Customers/1..M/:splusj, sminusj, Yj_tj_value;
!The weights are defined as a primitive set, too;
Weights/1..n/:bi;
!The values of the marginal satisfaction levels are defined as a
derived set;
Marginal_judgements(Weights, Customers): Xij_tji_value;
Endsets
```

```
Data:
Yj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','yj_tj_value');
Xij_tji_value =@OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','xij_tji_value');
Enddata

[F] min = @SUM (Customers(j):splusj(j)+sminusj(j));
!The sum of all weights must be equal to one;
[Weight_normalization] @SUM(Weights(i):bi(i))=1;
!Basic equation of the ordinal regression;
@FOR (Customers(j): [Basic_equation_row]
    @SUM(Weights(i): Xij_tji_value(i,j)*bi(i))-splusj(j)+sminusj(j)=
Yj_tj_value(j)
);
```

```
Title Post-optimization program for estimation of weights - MUSA
A1/A2/C1;
```

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;



```

Data:
M= 100;
n= 5;
!Fmain refers to the optimal solution of the main program;
Fmain=215.0994;
!e is the near-optimal solutions threshold. It has been chosen to be
a 10% threshold;
e=21.50994;
Enddata

Sets:
!Every customer is accompanied by his or her errors and the value of
his or her overall satisfaction level;
Customers/1..M/:splusj, sminusj, Yj_tj_value;
!The weights are defined as a primitive set, too;
Weights/1..n/:bi;
!The values of the marginal satisfaction levels are defined as a
derived set;
Marginal_judgements(Weights, Customers): Xij_tji_value;
Endsets

Data:
Yj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','yj_tj_value');
Xij_tji_value =@OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','xij_tji_value');
Enddata

[F1] max = bi(1);
!The sum of all weights must be equal to one;
[Weight_normalization] @SUM(Weights(i):bi(i))=1;
!Basic equation of the ordinal regression;
@FOR (Customers(j): [Basic_equation_row]
    @SUM(Weights(i): Xij_tji_value(i,j)*bi(i))-splusj(j)+sminusj(j)=
Yj_tj_value(j)
);
[Xtra_constraint] @SUM (Customers(j):splusj(j)+sminusj(j)) <= Fmain +
e;

```

**Title Calculation of a marginal value function - MUSA A2;**  
 !In order to help the reader find similarities with the mathematical  
 form of the model the variables have kept their indeces as in their  
 original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

```

Data:
M= 100;
!g is the preference threshold;
g= 0;
a= 5;
Enddata

Sets:
!The customers are defined as a primitive set;
Customers/1..M/;
!The marginal collective value function is defined as a primitive
set, too;
X/1..a/:Xk_value;

```



!The individual values of every satisfaction level as well as the errors are defined as a derived set;  
 Judgements(Customers, X): Xjk\_value, splusjk, sminusjk;  
 Endsets

Data:

```
Xjk_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','x1jk_value');
Enddata
```

```
[F] min = @SUM (Judgements(j,k): splusjk(j,k) + sminusjk(j,k));
[Lower_bound] Xk_value(1) = 0;
[Upper_bound] Xk_value(a) = 100;
@FOR (X(k)|k#GE#2: [monotony_row]
      Xk_value(k)-Xk_value(k-1) >= g
);
@FOR (Judgements(j,k): [Basic_equation_row]
      Xk_value(k) - splusjk(j,k) + sminusjk(j,k) = Xjk_value(j,k)
);
```

#### Title Calculation of the overall value function - MUSA A2;

In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

Data:

```
M= 100;
!g is the preference threshold;
g= 0;
a= 5;
Enddata
```

Sets:

The customers are defined as a primitive set;  
 Customers/1..M/;  
 The overall collective value function is defined as a primitive set, too;  
 $Y/1..a/:Ym\_value;$   
 The individual values of every satisfaction level as well as the errors are defined as a derived set;  
 Judgements(Customers, Y): Yjm\_value, splusjm, sminusjm;  
 Endsets

Data:

```
Yjm_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','yjm_value');
Enddata
```

```
[F] min = @SUM (Judgements(j,m): splusjm(j,m) + sminusjm(j,m));
[Lower_bound] Ym_value(1) = 0;
[Upper_bound] Ym_value(a) = 100;
@FOR (Y(m)|m#GE#2: [monotony_row]
      Ym_value(m)-Ym_value(m-1) >= g
);
@FOR (Judgements(j,m): [Basic_equation_row]
      Ym_value(m) - splusjm(j,m) + sminusjm(j,m) = Yjm_value(j,m)
);
```



**Title MUSA A3 main program;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

Data:

M= 100;

n= 5;

!It has been assumed that all of the marginal value functions, as well as the overall one, have 5 qualitative satisfaction levels;

a= 5;

!The variable a1 is introduced for syntactic reasons. It equals a minus 1;

a1= 4;

Enddata

Sets:

!The customers, the criteria and the overall collective value function are defined as primitive sets;

Customers/1..M/:splusj, sminusj, tj;

Criteria/1..n/;

!Y is the set of the Zs;

Y/1..a1/:Zm;

!The marginal collective value functions are firstly defined.

Thereafter a derived set is set to contain all of the collective variables which appear in the mathematical form of the model;

Marginal\_Xk/1..a1/;

X(Criteria, Marginal\_Xk): Wik;

!All of the rest variables are placed in new derived sets;

!Zjm is the difference of the y values as expressed in the questionnaires by every customer;

Quan\_judgements (Customers, Y): splusjm, sminusjm, Zjm;

Qual\_Judgements (Customers, Criteria): tji;

Endsets

Data:

Zjm= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','zjm');

tji= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','tji');

tj= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');

Enddata

[F] min = @SUM (Customers(j): splusj(j) + sminusj(j)) +  
@SUM(Quan\_judgements(j,m):splusjm(j,m) + sminusjm(j,m));

@FOR (Customers(j): [Basic\_equation\_row]  
@SUM(X(i,k)|k#LE#(tji(j,i)-1):Wik(i,k)) - @SUM(Y(m)|m#LE#(tj(j)-  
1):Zm) - splusj(j) + sminusj(j) = 0  
);

[boundsX\_row] @SUM(X(i,k):Wik(i,k)) = 100;  
[boundsY\_row] @SUM(Y(m):Zm) = 100;

@FOR (Quan\_judgements(j,m): [Zjm\_row]  
Zm(m) - splusjm(j,m) + sminusjm(j,m) = Zjm(j,m)  
);



**Title Post-optimization program - MUSA A3;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

**Data:**

M= 100;

n= 5;

!It has been assumed that all of the marginal value functions, as well as the overall one, have 5 qualitative satisfaction levels;

a= 5;

!The variable a1 is introduced for syntactic reasons. It equals a minus 1;

a1= 4;

!Fmain refers to the optimal solution of the main program;

Fmain=2951.333;

!e is the near-optimal solutions threshold. It has been chosen to be a 10% threshold;

e=295.1333;

Enddata

**Sets:**

!The customers, the criteria and the overall collective value function are defined as primitive sets;

Customers/1..M/:splusj, sminusj, tj;

Criteria/1..n/;

!Y is the set of the Zs;

Y/1..a1/:Zm;

!The marginal collective value functions are firstly defined.

Thereafter a derived set is set to contain all of the collective variables which appear in the mathematical form of the model;

Marginal\_Xk/1..a1/;

X(Criteria, Marginal\_Xk): Wik;

!All of the rest variables are placed in new derived sets;

!Zjm is the difference of the y values as expressed in the questionnaires by every customer;

Quan\_judgements (Customers, Y): splusjm, sminusjm, Zjm;

Qual\_Judgements (Customers, Criteria): tji;

Endsets

**Data:**

Zjm= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','zjm');

tji= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','tji');

tj= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');

Enddata

[F1] max = @SUM(X(i,k)|i#EQ#1:Wik(i,k));

[Xtra\_constraint] @SUM (Customers(j): splusj(j) + sminusj(j))+  
 @SUM(Quan\_judgements(j,m):splusjm(j,m) + sminusjm(j,m)) <= Fmain + e;

@FOR (Customers(j): [Basic\_equation\_row]

  @SUM(X(i,k)|k#LE#(tji(j,i)-1):Wik(i,k)) - @SUM(Y(m)|m#LE#(tj(j)-1):Zm) - splusj(j) + sminusj(j) = 0

);



```
[boundsX_row] @SUM(X(i,k):Wik(i,k)) = 100;
[boundsY_row] @SUM(Y(m):Zm) = 100;

@FOR (Quan_judgements(j,m): [Zjm_row]
      Zm(m) - splusjm(j,m) + sminusjm(j,m) = Zjm(j,m)
);

```

**Title Estimation of value functions - MUSA B1;**

In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

Data:

M= 100;

n= 5;

!It has been assumed that all of the marginal value functions, as well as the overall one, have 5 qualitative satisfaction levels;

a= 5;

The variable a1 is introduced for syntactic reasons. It equals (a-1);

a1= 4;

Enddata

Sets:

The customers, the criteria and the collective value functions are defined as primitive sets;

Customers/1..M/:splusj, sminusj, tj;

Criteria/1..n/:bi;

!Y is the set of the collective Zs;

Y/1..a1/:Zm;

The marginal collective value functions are firstly defined.

Thereafter a derived set is set to contain all of the collective variables which appear in the mathematical form of the model;

Marginal\_Xk/1..a1/;

X(Criteria, Marginal\_Xk): Wik;

The costumers' qualitative judgements which concern the subriteria are contained in a set;

Qual\_Judgements (Customers, Criteria): tji;

Endsets

Data:

bi= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls', 'MUSAB1');

tji= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls', 'tji');

tj= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls', 'tj');

Enddata

[F] min = @SUM(Customers(j): splusj(j) + sminusj(j));

@FOR (Customers(j): [Basic\_equation\_row]

  @SUM(X(i,k)|k#LE#(tji(j,i)-1): Wik(i,k) \* bi(i)) -

  @SUM(Y(m)|m#LE#(tj(j)-1):Zm) - splusj(j) + sminusj(j) = 0

);

@FOR (Criteria(i): [boundsX\_row]

  @SUM(Marginal\_Xk(k):Wik(i,k)) = 100;

);



[boundsY\_row] @SUM(Y(m):Zm) = 100;

**Title Main program for the estimation of weights - MUSA B2;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

Data:  
M= 100;  
n= 5;  
Enddata

Sets:

!The customers and the criteria are defined as primitive sets;  
Customers/1..M/;  
Criteria/1..n/:bi;  
!The data taken from the questionnaires have already been normalised in order to reduce the complexity of this model. Therefore bij is the normalised variable;  
Judgements (Criteria, Customers): bij;  
!The errors are contained in a different set in order to maintain the original mathematical form of the model;  
Errors (Customers, Criteria): splusji, sminusji;  
Endsets

Data:  
bij= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική  
2\Test\Models\LingoInput.xls','bij\_norm');  
Enddata

[F] min = @SUM(Errors(j,i): splusji(j,i) + sminusji(j,i));

@FOR (Judgements(i,j): [Basic\_equation\_row]  
    bi(i) - splusji(j,i) + sminusji(j,i) = bij(i,j)  
) ;

[Normalisation] @SUM(Criteria(i):bi(i)) = 1;

**Title Post-optimization program for the estimation of weights - MUSA B2;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

Data:  
M= 100;  
n= 5;  
!Fmain refers to the optimal solution of the main program;  
Fmain= 15.58470;  
!e is the near-optimal solutions threshold. It has been chosen to be a 10% threshold;  
e= 1.558470;  
Enddata

Sets:



```

!The customers and the criteria are defined as primitive sets;
Customers/1..M/;
Criteria/1..n/:bi;
!The data taken from the questionnaires have already been normalised
in order to reduce the complexity of this model. Therefore bij is the
normalised variable;
Judgements (Criteria, Customers): bij;
!The errors are contained in a different set in order to maintain the
original mathematical form of the model;
Errors (Customers, Criteria): splusji, sminusji;
Endsets

Data:
bij=@OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','bij_norm');
Enddata

[F1] MAX = bi(1);

[Xtra_constraint] @SUM(Errors(j,i): splusji(j,i) + sminusji(j,i)) <=
Fmain + e;

@FOR (Judgements(i,j): [Basic_equation_row]
      bi(i) - splusji(j,i) + sminusji(j,i) = bij(i,j)
);
[Normalisation] @SUM(Criteria(i):bi(i)) = 1;

```

**Title Estimation of value functions - MUSA B2;**

In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;

```

Data:
M= 100;
n= 5;
!It has been assumed that all of the marginal value functions, as
well as the overall one, have 5 qualitative satisfaction levels;
a= 5;
!The variable a1 is introduced for syntactic reasons. It equals (a-
1);
a1= 4;
Enddata

```

**Sets:**

```

!The customers, the criteria and the collective value functions are
defined as primitive sets;
Customers/1..M/:splusj, sminusj, tj;
Criteria/1..n/:bi;
!Y is the set of the collective Zs;
Y/1..a1/:Zm;
!The marginal collective value functions are firstly defined.
Thereafter a derived set is set to contain all of the collective
variables which appear in the mathematical form of the model;
Marginal_Xk/1..a1/;
X(Criteria, Marginal_Xk): Wik;
!The costumers' qualitative judgements which concern the subrriteria
are contained in a set;

```



```

Qual_Judgements (Customers, Criteria): tji;
Endsets

Data:
bi= 0.300471, 0.103922, 0.246413, 0.152557, 0.196637;
tji= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tji');
tj= @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');
Enndata

[F] min = @SUM(Customers(j): splusj(j) + sminusj(j));

@FOR (Customers(j): [Basic_equation_row]
      @SUM(X(i,k)|k#LE#(tji(j,i)-1): Wik(i,k) * bi(i)) -
      @SUM(Y(m)|m#LE#(tj(j)-1):Zm) - splusj(j) + sminusj(j) = 0
);

@FOR (Criteria(i): [boundsX_row]
      @SUM(Marginal_Xk(k):Wik(i,k)) = 100;
);

[boundsY_row] @SUM(Y(m):Zm) = 100;

```

**Title Non-linear regression - F1 - X1 - MUSA C1;**  
!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;  
!This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;  
!The coefficients are symbolized c1,c2,c3;

```

Data:
M= 100;
!It is assumed that all of the value functions have the same
satisfaction levels;
a= 5;
Enndata

```

```

Sets:
!The customers are defined as a primitive set. The variable tj is the
level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire.
XYj tj value is the individual value for the given satisfaction level
tj;
Customers/1..M/: tj,XYj_tj_value;
Endsets

```

```

Data:
tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj1');
XYj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','xij_tji_value1');
Enndata

```

!The coefficients may be negative;

```

@BND (-1.5,c2,1.5);
@BND (-100000000,c1,100000000);

[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1 - c1* (@EXP(c2*(tj(j)-1))))-
XYj_tj_value)^2);

[High_bound] c1-c1*@exp(c2*(a-1)) = 100;

```

**Title Non-linear regression - F1 - Y - MUSA C1;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically; !This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;

The coefficients are symbolized c1,c2;

Data:

M= 100;

!It is assumed that all of the value functions have the same satisfaction levels;

a= 5;

Enddata

Sets:

The customers are defined as a primitive set. The variable tj is the level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire. XYj\_tj\_value is the individual value for the given satisfaction level tj;

Customers/1..M/: tj,XYj\_tj\_value;

Endsets

Data:

tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');

XYj\_tj\_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική

2\Test\Models\LingoInput.xls','yj\_tj\_value');

Enddata

@BND (-1.5,c2,1.5);

@BND (-100000000,c1,100000000);

[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1 - c1\* (@EXP(c2\*(tj(j)-1))))-
XYj\_tj\_value)^2);

[High\_bound] c1-c1\*@exp(c2\*(a-1)) = 100;

**Title Non-linear regression - F2 - X1 - MUSA C1;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically; !This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program



```

is run for the overall value function and for each of the marginal
ones;
!The coefficients are symbolized c1,c2;

Data:
M= 100;
!It is assumed that all of the value functions have the same
satisfaction levels;
a= 5;
Enddata

Sets:
!The customers are defined as primitive set. The variable tj is the
level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire.
Yj_tj_value is the individual value for the given satisfaction level
tj;
Customers/1..M/: tj,XYj_tj_value;
Endsets

Data:
tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj1');
XYj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','xij_tji_value1');
Enddata

@BND (-0.25,c2,0.25);
@BND (-10000000,c1,10000000);

[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1 - c1* (@EXP(c2*(tj(j)-1)^2)))-
XYj_tj_value)^2);

[High_bound] c1-c1*@exp(c2*((a-1)^2)) = 100;

```

**Title Non-linear regression - F2 - Y - MUSA C1;**

In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically; !This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;

The coefficients are symbolized c1,c2;

```

Data:
M= 100;
!It is assumed that all of the value functions have the same
satisfaction levels;
a= 5;
Enddata

```

**Sets:**

The customers are defined as primitive set. The variable tj is the level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire. Yj\_tj\_value is the individual value for the given satisfaction level tj;

Customers/1..M/: tj,XYj\_tj\_value;

Endsets



```

Data:
tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');
XYj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','yj_tj_value');
Enddata

@BND (-0.25,c2,0.25);
@BND (-10000000,c1,10000000);

[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1 - c1* (@EXP(c2*(tj(j)-1)^2)))-
XYj_tj_value)^2);

[High_bound] c1-c1*exp(c2*((a-1)^2)) = 100;

```

**Title Non-linear regression - F3 - X1 - MUSA C1;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;  
!This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;  
!The coefficients are symbolized c1,c2;

```

Data:
M= 100;
!It is assumed that all of the value functions have the same
satisfaction levels;
a= 5;
Enddata

```

**Sets:**

The customers are defined as primitive set. The variable tj is the level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire. Yj\_tj\_value is the individual value for the given satisfaction level tj;  
Customers/1..M/: tj,XYj\_tj\_value;  
Endsets

**Data:**

```

tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj1');
XYj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','xij_tji_value1');
Enddata

```

```

@BND (0.0000001,c2,15);
@BND (0.0000001,c1,10000000);

```

```

[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1*((tj(j)-1)^c2))-XYj_tj_value)^2);

[High_bound] (c1*((a-1)^c2)) = 100;

```

**Title Non-linear regression - F3 - Y - MUSA C1;**

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;  
 !This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;  
 !The coefficients are symbolized c1,c2;

Data:

```
M= 100;
!It is assumed that all of the value functions have the same
satisfaction levels;
a= 5;
Enddata
```

Sets:

The customers are defined as primitive set. The variable tj is the level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire. Yj\_tj\_value is the individual value for the given satisfaction level tj;  
 Customers/1..M/: tj,XYj\_tj\_value;
 Endsets

Data:

```
tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');
XYj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','yj_tj_value');
Enddata
```

```
@BND (0.0000001,c2,15);
@BND (0.0000001,c1,10000000);
```

```
[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1*((tj(j)-1)^c2))-XYj_tj_value)^2);
[High_bound] (c1*((a-1)^c2)) = 100;
```

### Title Non-linear regression - F4 - X1 - MUSA C1;

!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;  
 !This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;  
 !The coefficients are symbolized c1,c2;

Data:

```
M= 100;
!It is assumed that all of the value functions have the same
satisfaction levels;
a= 5;
Enddata
```

Sets:

The customers are defined as primitive set. The variable tj is the level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire.



```

Yj_tj_value is the individual value for the given satisfaction level
tj;
Customers/1..M/: tj,XYj_tj_value;
Endsets

Data:
tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj1');
XYj_tj_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','xij_tji_value1');
Enddata

!The coefficients may be negative;
@FREE (c1);
@FREE (c2);

[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1*(tj(j)-1)^2 + c2*(tj(j)-1)) -
XYj_tj_value)^2);

[High_bound] c1 * (a-1)^2 + c2 * (a-1) = 100;

```

~~-----~~

**Title Non-linear regression - F4 - Y - MUSA C1;**  
!In order to help the reader find similarities with the mathematical form of the model the variables have kept their indeces as in their original form despite the fact that Lingo adds indeces automatically;  
!This method applies to both the overall and the marginal value functions. Therefore value functions are symbolized XY. The program is run for the overall value function and for each of the marginal ones;  
!The coefficients are symbolized c1,c2;

Data:  
M= 100;  
!It is assumed that all of the value functions have the same satisfaction levels;  
a= 5;  
Enddata

Sets:  
!The customers are defined as primitive set. The variable tj is the level chosen by a customer in the ordinal scale of the questionnaire.  
Yj\_tj\_value is the individual value for the given satisfaction level tj;  
Customers/1..M/: tj,XYj\_tj\_value;  
Endsets

Data:  
tj = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','tj');
XYj\_tj\_value = @OLE('C:\My Documents\Διπλωματική
2\Test\Models\LingoInput.xls','yj\_tj\_value');
Enddata

!The coefficients may be negative;
@FREE (c1);
@FREE (c2);

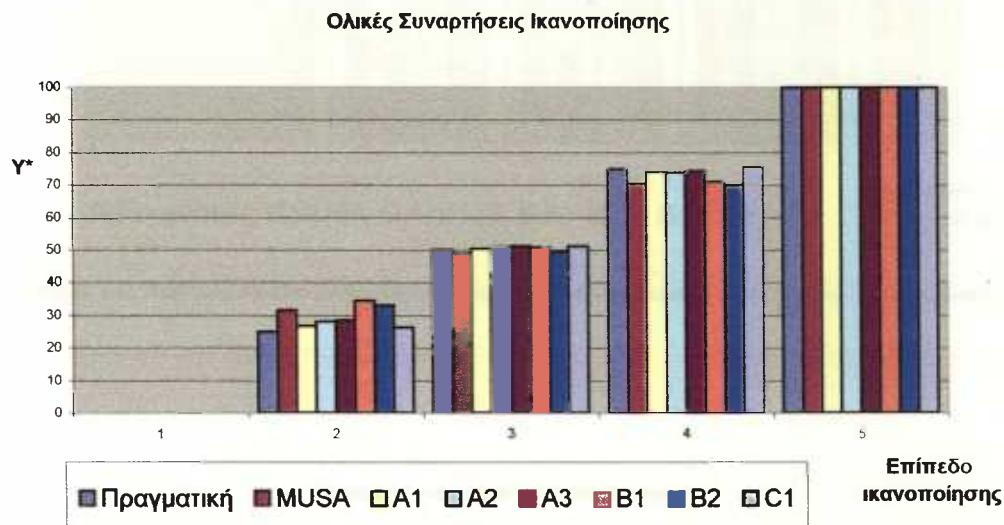
[F] MIN = @SUM(Customers(j): ((c1\*(tj(j)-1)^2 + c2\*(tj(j)-1)) - XYj\_tj\_value)^2);

[High\_bound] c1 \* (a-1)^2 + c2 \* (a-1) = 100;

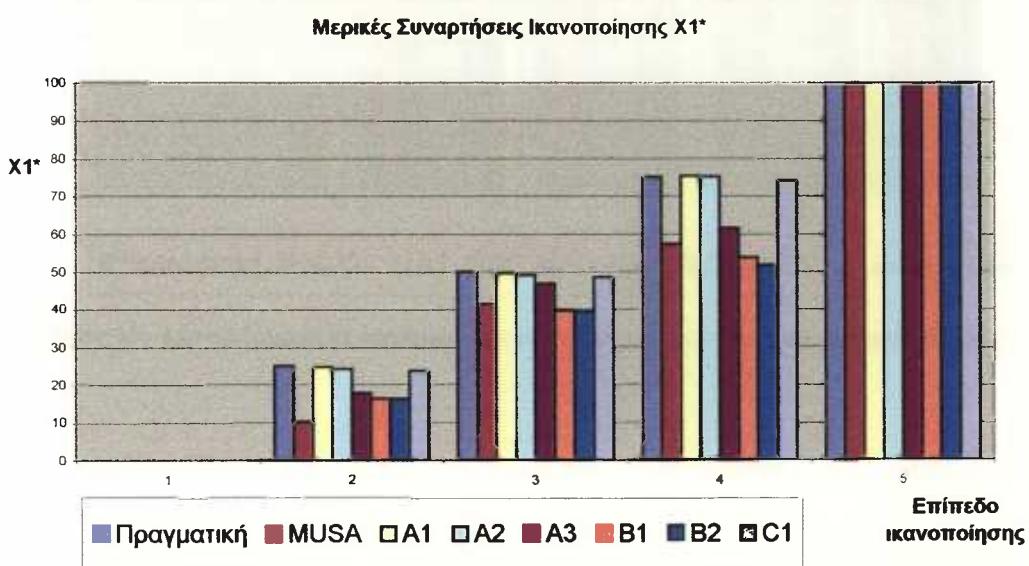


## 7.5. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος για τις συναρτήσεις ικανοποίησης με διαγράμματα με στήλες, ώστε να είναι πιο εύκολη η σύγκριση των εναλλακτικών τεχνικών. Στα διαγράμματα κρίθηκε σκόπιμη η χρήση χρώματος, προκειμένου να είναι εύκολη η ερμηνεία τους.

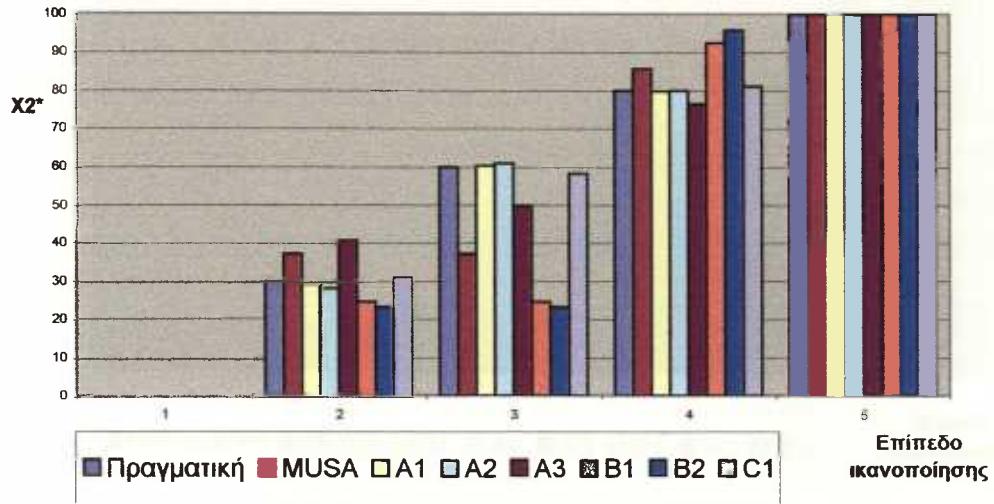


Σχήμα 12: Αποτελέσματα αλγορίθμων για την ολική συνάρτηση ικανοποίησης



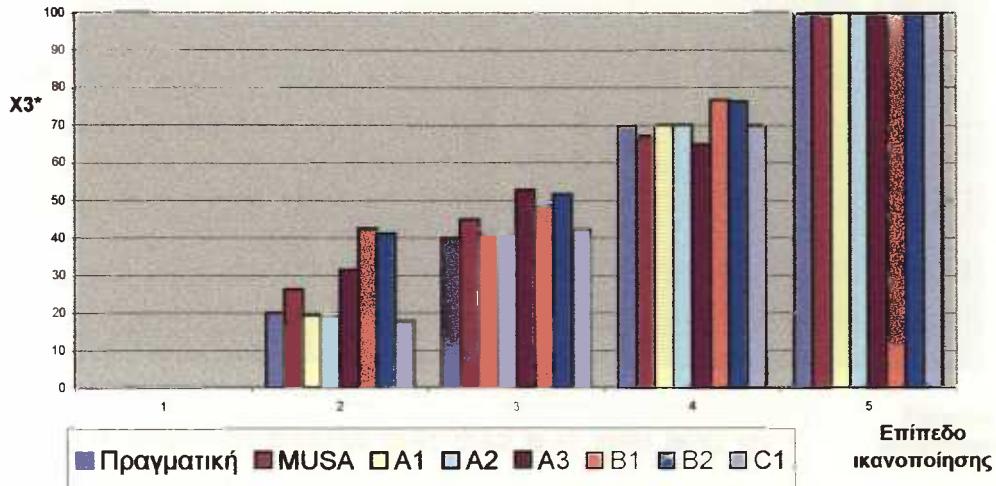
Σχήμα 13: Αποτελέσματα αλγορίθμων για την πρώτη μερική συνάρτηση ικανοποίησης

Μερικές Συναρτήσεις Ικανοποίησης X2\*

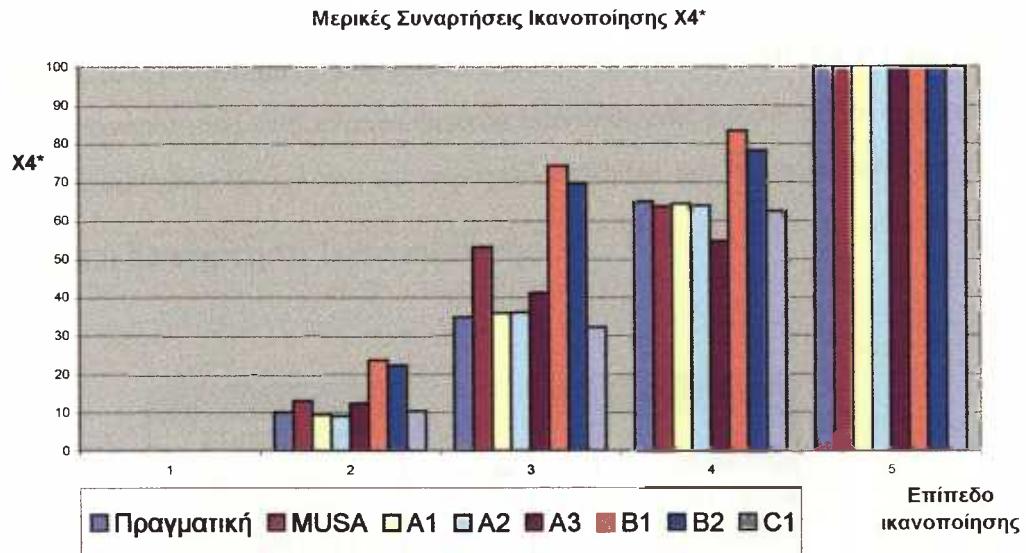


Σχήμα 14: Αποτελέσματα αλγορίθμων για τη δεύτερη μερική συνάρτηση ικανοποίησης

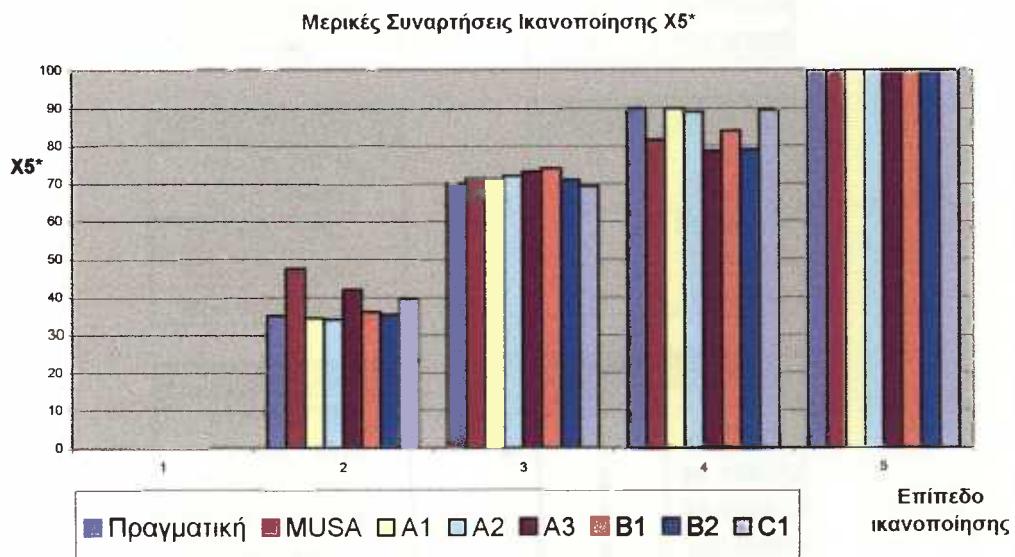
Μερικές Συναρτήσεις Ικανοποίησης X3\*



Σχήμα 15: Αποτελέσματα αλγορίθμων για την τρίτη μερική συνάρτηση ικανοποίησης



**Σχήμα 16:** Αποτελέσματα αλγορίθμων για την τέταρτη μερική συνάρτηση ικανοποίησης



**Σχήμα 17:** Αποτελέσματα αλγορίθμων για την πέμπτη μερική συνάρτηση ικανοποίησης

## 7.6. MUSA C1

Παρατίθενται τα αποτελέσματα που έδωσε κάθε συνάρτηση του MUSA C1 για κάθε συνάρτηση ικανοποίησης. Στα πέμπτα επίπεδα ικανοποίησης μπορεί να μη φαίνεται ο απαιτούμενος αριθμός (100), λόγω της στρογγυλοποίησης των συντελεστών  $c_1, c_2$ .

### 7.6.1. Ολική Συνάρτηση Ικανοποίησης $Y^*$

F1		m-1		f(m-1)
c1=1165.599		0		0
c2=-0.02242		1		25.847099
R^2=92.19%		2		51.12104
SSE=3941.257		3		75.834533
SST=50452		4		100

F2		m-1		f(m-1)
c1=108.1607		0		0
c2=-0.16152		1		16.132074
R^2=83.20%		2		51.473724
SSE=8476.997		3		82.882244
SST=50452		4		100.000005

F3		m-1		f(m-1)
c1=26.25736		0		0
c2=0.964603		1		26.25736
R^2=92.26%		2		51.241939
SSE=3906.949		3		75.767638
SST=50452		4		100.000001

F4		m-1		f(m-1)
c1=-0.27754		0		0
c2=26.11015		1		25.832613
R^2=92.19%		2		51.110152
SSE=3942.188		3		75.832618
SST=50452		4		100.000001

### 7.6.2. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_I^*$

F1
c1=11435300
c2=-2.1862E-06
R^2=97.94%
SSE=2505.006
SST=121428.19

k-1	f(k-1)
0	0
1	25.00005
2	50.00005
3	75
4	99.99989

F2
c1=110.7018
c2=-0.1460266
R^2=95.77%
SSE=5131.646
SST=121428.19

k-1	f(k-1)
0	0
1	15.04053
2	48.97404
3	80.9586
4	99.99997

F3
c1=23.53093
c2=1.043684
R^2=98.03%
SSE=2390.28
SST=121428.19

k-1	f(k-1)
0	0
1	23.53093
2	48.50866
3	74.06327
4	99.99988

F4
c1=0.4011461
c2=23.39542
R^2=98.03%
SSE=2392.679
SST=121428.19

k-1	f(k-1)
0	0
1	23.79657
2	48.39542
3	73.79657
4	100

### 7.6.3. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_2^*$

F1	k-1	f(k-1)
c1=208.1587	0	0
c2=-0.16368	1	31.42829
R^2=98.41%	2	58.11146
SSE=2135.88	3	80.76595
SST=134033	4	100



F2	k-1	f(k-1)
c1=103.2651	0	0
c2=-0.21588	1	20.05046
R^2=96.70%	2	59.72011
SSE=4422.802	3	88.46826
SST=134033	4	100



F3	k-1	f(k-1)
c1=32.65748	0	0
c2=0.807257	1	32.65748
R^2=98.24%	2	57.14672
SSE=2364.929	3	79.2761
SST=134033	4	100



F4	k-1	f(k-1)
c1=-2.05085	0	0
c2=33.20339	1	31.15254
R^2=98.42%	2	58.20339
SSE=2114.322	3	81.15255
SST=134033	4	100



### 7.6.4. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_3^*$

F1	k-1	f(k-1)
c1=2.60E+07	0	0
c2=-9.63E-07	1	25
R^2=97.63%	2	49.99998
SSE=3696.988	3	74.99994
SST=156197	4	99.99987

F2	k-1	f(k-1)
c1=129.7526	0	0
c2=-9.20E-02	1	11.40986
R^2=98.29%	2	39.96461
SSE=2675.039	3	73.08354
SST=156197	4	100

F3	k-1	f(k-1)
c1=17.6949	0	0
c2=1.249296	1	17.6949
R^2=99.05%	2	42.06527
SSE=1488.17	3	69.80938
SST=156197	4	99.99983

F4	k-1	f(k-1)
c1=2.070175	0	0
c2=16.7193	1	18.78948
R^2=99.04%	2	41.7193
SSE=1498.474	3	68.78948
SST=156197	4	100

### 7.6.5. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_4^*$

<b>F1</b>		<b>k-1</b>		<b>f(k-1)</b>	
c1=4.32E+07		0		0	
c2=-5.78E-07		1		25.00001	
R^2=91.29%		2		50	
SSE=13424		3		74.99998	
SST=154154.4		4		99.99995	

<b>F2</b>		<b>k-1</b>		<b>f(k-1)</b>	
c1=209.8703		0		0	
c2=-4.04E-02		1		8.319713	
R^2=99.02%		2		31.35176	
SSE=1515.939		3		64.03968	
SST=154154.4		4		100	

<b>F3</b>		<b>k-1</b>		<b>f(k-1)</b>	
c1=10.33218		0		0	
c2=1.637392		1		10.33218	
R^2=99.03%		2		32.14372	
SSE=1490.908		3		62.43477	
SST=154154.4		4		100	

<b>F4</b>		<b>k-1</b>		<b>f(k-1)</b>	
c1=4.515571		0		0	
c2=6.937716		1		11.45329	
R^2=98.94%		2		31.93772	
SSE=1638.36		3		61.45329	
SST=154154.4		4		100	

### 7.6.6. Μερική Συνάρτηση Ικανοποίησης $X_5^*$

<b>F1</b>	
c1=129.6074	
c2=-0.36912	
R^2=97.05%	
SSE=4274.703	
SST=145106	

→

<b>k-1</b>	<b>f(k-1)</b>
0	0
1	40.00442
2	67.66114
3	86.78137
4	99.99999

<b>F2</b>	
c1=101.8693	
c2=-0.25	
R^2=95.65%	
SSE=6306.626	
SST=145106	

→

<b>k-1</b>	<b>f(k-1)</b>
0	0
1	22.53341
2	64.39368
3	91.13235
4	100.0035

<b>F3</b>	
c1=41.28493	
c2=0.638157	
R^2=95.62%	
SSE=6353.595	
SST=145106	

→

<b>k-1</b>	<b>f(k-1)</b>
0	0
1	41.28493
2	64.25335
3	83.22802
4	100

<b>F4</b>	
c1=-4.8122	
c2=44.2488	
R^2=97.62%	
SSE=3448.027	
SST=145106	

→

<b>k-1</b>	<b>f(k-1)</b>
0	0
1	39.4366
2	69.2488
3	89.43661
4	100



Δωρεά

