

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Ανάπτυξη ευρετικού αλγορίθμου με χρήση
πολλαπλών κριτηρίων για την επιλογή μοντέλων
προσωπικής επιλογής καταναλωτή στο μάρκετινγκ σε
προβλήματα ανάπτυξης νέων προϊόντων



Διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική
ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης από τον

Τσαφαράκη Στέλιο

Χανιά 2007

© Τσαφαράκης Στέλιος, 2007

Επιτρέπεται η αντιγραφή μέρους ή
όλης της ερευνητικής εργασίας με
την προϋπόθεση να γίνεται αναφορά
στην πηγή.

Η διατριβή του Τσαφάρáκη Στέλιου εγκρίνεται από τους κ.κ.

Ματσατσίνης Νικόλαος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Ζοπουνίδης Κωσταντίνος

Καθηγητής

Γρηγορούδης Ευάγγελος

Επίκουρος Καθηγητής

Ευχαριστίες

Με το πέρας της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Μαρσατσίνη Νικόλαο τόσο για την επίβλεψή του στη διεκπεραίωση της διατριβής, όσο και για τις γνώσεις που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στον συνεργάτη και φίλο Δελιά Παύλο η συνεισφορά του οποίου υπήρξε καθοριστική για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τους καθηγητές Ζοπουνίδη Κωνσταντίνο και Γρηγορούδη Ευάγγελο για τις πολύτιμες υποδείξεις τους κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, οι οποίοι στηρίζουν την κάθε μου προσπάθεια όλα αυτά τα χρόνια

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VI
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	1
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	2
1.3 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	4
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	6
2.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΕΣ ΑΓΟΡΑΣ	6
2.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ	7
2.2.1 Μέθοδοι αξιολόγησης των εναλλακτικών.....	8
2.2.2 Μέθοδοι εκτίμησης των μερικών χρησιμοτήτων.....	10
2.2.3 Η μέθοδος UTASTAR.....	10
2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ	16
2.3.1 Μοντέλα Επιλογής Μάρκας.....	16
2.3.1.1 Το μοντέλο της Πρώτης Επιλογής (ή Μέγιστης Χρησιμότητας)	17
2.3.1.2 Καταμερισμός των Προτιμήσεων.....	18
2.3.1.3 Το μοντέλο Bradley-Terry-Luce	19
2.3.1.4 Το μοντέλο του Lesourne.....	20
2.3.1.5 Το Πολυωνυμικό Λογιστικό μοντέλο (Multinomial Logit)	20
2.3.1.6 Το Πολυωνυμικό Λογιστικό μοντέλο Μικρής Ενίσχυσης.....	22
2.3.1.7 Το μοντέλο του Pessemier.....	22
2.3.1.8 Το μοντέλο εύρους χρησιμοτήτων.....	23
2.3.1.9 Το Λογιστικό μοντέλο εύρους χρησιμοτήτων	24
2.3.1.10 Μοντέλο μέγιστων χρησιμοτήτων.....	24
2.3.1.11 Μοντέλο ίσων πιθανοτήτων	25
2.3.2 Σύγκριση μοντέλων καταμερισμού των προτιμήσεων και πρώτης επιλογής.....	25
2.3.3 Συμπεριφορά των μοντέλων σε μετασχηματισμούς	27
2.3.4 Το φαινόμενο της Αναλογικότητας στα μοντέλα καταμερισμού προτιμήσεων.....	27
2.3.5 Αντικατάσταση: Μια αρνητική επίδραση της ομοιότητας.....	29
2.3.6 Έλξη: Μια θετική επίδραση της ομοιότητας	30
2.3.7 Επίπεδο Ολοκλήρωσης.....	31
2.3.8 Είδη Ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές	32
2.4 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ	33
2.4.1 Αναπαράσταση του προβλήματος.....	34
2.4.2 Λειτουργία των Γενετικών Αλγορίθμων.....	34
2.4.2.1 Αρχικοποίηση (Initialization)	34

2.4.2.2 Αξιολόγηση (Evaluation)	35
2.4.2.3 Αξιοποίηση (Exploitation)	35
2.4.2.4 Εξερεύνηση (Exploration).....	35
2.4.2.4.1 Διασταύρωση (Crossover)	36
2.4.2.4.2 Μετάλλαξη (Mutation)	36
2.4.3 Εφαρμογές των Γενετικών Αλγορίθμων στο Μάνατζμεντ.....	37
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	39
3.1 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	39
3.1.1 Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων SIMOPT.....	39
3.1.2 Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων VOICE	41
3.1.3 Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων Markex.....	43
3.2 ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΣΥΣΧΕΤΙΣΤΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ	51
3.2.1 Μοντέλα με συσχετίσεις μεταξύ των σφαλμάτων	52
3.2.2 Μέθοδοι διόρθωσης των αποτελεσμάτων.....	53
3.2.2.1 Η μέθοδος της Sawtooth Software	55
3.2.2.2 Η μέθοδος του Gutsche	57
4. ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	59
4.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ.....	59
4.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΡΙΚΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΩΝ	59
4.2.1 Η χρήση της UTASTAR στο μοντέλο.....	60
4.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΑΡΚΑΣ.....	63
4.3.1 Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου επιλογής μάρκας.....	63
4.3.2 Υπολογισμός του συντελεστή α	65
4.3.2.1 Η διαμόρφωση του γενετικού αλγορίθμου	69
4.3.2.1.1 Αναπαράσταση του προβλήματος	69
4.3.2.1.2 Συναρτήσεις Αξιολόγησης	70
4.3.2.1.3 Μέγεθος πληθυσμού.....	70
4.3.2.1.4 Ρυθμός μετάλλαξης	71
4.3.2.1.5 Τύπος ανασυνδυασμού των γονιδίων	71
4.3.2.2 Λειτουργία του Γενετικού Αλγορίθμου	71
4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΡΙΔΙΩΝ ΑΓΟΡΑΣ	73
4.5 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΠΑ.....	74
4.6 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ	77
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	78
5.1 Η ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ	78
5.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ.....	79
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	80
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	87
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	91

Περίληψη

Ένα από τα πεδία μείζονος ερευνητικού ενδιαφέροντος στον τομέα του Μάρκετινγκ είναι η κατανόηση της διαδικασίας που ακολουθούν οι καταναλωτές όταν επιλέγουν συγκεκριμένα προϊόντα ή μάρκες. Αφορμή αποτέλεσαν οι έρευνες που ξεκίνησαν ορισμένοι επιστήμονες στα μέσα της δεκαετίας του '50, προκειμένου να κατανοήσουν το *γιατί* και το *πώς* συμβαίνουν οι διάφορες αλλαγές στα μερίδια αγοράς προϊόντων. Έτσι προέκυψαν τα λεγόμενα Μοντέλα Επιλογής Μάρκας, τα οποία στοχεύουν στη μοντελοποίηση της Αγοραστικής Συμπεριφοράς του Καταναλωτή και πιο συγκεκριμένα, στη μοντελοποίηση της διαδικασίας με την οποία οι καταναλωτές λαμβάνουν αποφάσεις.

Οι μέχρι τώρα έρευνες βασίζονται στη θεώρηση ότι τα προϊόντα και οι υπηρεσίες περιγράφονται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών, τα οποία μπορούν να λάβουν συγκεκριμένες διακριτές τιμές. Ο καταναλωτής εκφράζει την συνολική του εκτίμηση για κάθε προϊόν με βάση τις εκτιμήσεις του στα επιμέρους χαρακτηριστικά-κριτήρια.

Τα μοντέλα επιλογής μάρκας χρησιμοποιούνται στους Προσομοιωτές Αγοράς έτσι ώστε οι χρησιμότητες των προϊόντων, οι οποίες δεν αποτελούν πρακτικά χρήσιμη πληροφορία για ένα μάνατζερ, να μετατραπούν σε πιθανότητες επιλογής. Μέσω των πιθανοτήτων αυτών μπορούν, υπό τις κατάλληλες προϋποθέσεις να προβλεφθούν ρεαλιστικά μερίδια για τα προϊόντα μιας αγοράς, μετά την είσοδο ενός νέου ή την τροποποίηση ενός υφιστάμενου. Αυτό επιτυγχάνεται, με την μοντελοποίηση των προτιμήσεων των καταναλωτών σχετικά με τα προϊόντα και τα χαρακτηριστικά τους, τόσο σε ατομικό όσο και σε ομαδικό επίπεδο.

Η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του καταναλωτή σε κάθε φάση του κύκλου ζωής των προϊόντων, αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας εδώ και πολλά χρόνια. Ένα πλήθος μοντέλων έχουν αναπτυχθεί πάνω σε αυτή την κατεύθυνση, χωρίς όμως να έχουν καθιερωθεί κανόνες, που θα επιτρέπουν την βέλτιστη επιλογή του κατάλληλου για κάθε περίπτωση μοντέλου με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καταναλωτή.

Η σωστή επιλογή μοντέλου επιλογής μάρκας επηρεάζει την αποδοτικότητα μιας προσομοίωσης αγοράς και κατά συνέπεια την ακρίβεια στον υπολογισμό των μεριδίων αγοράς. Κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας αποτελούν η αναπαράσταση της ετερογένειας μεταξύ των καταναλωτών και της ομοιότητας ανάμεσα στα προϊόντα.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη των κατάλληλων αλγορίθμων για τη δημιουργία ενός προσομοιωτή αγοράς ο οποίος θα ενσωματώνει με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά.

1. Εισαγωγή

1.1 Δομή της εργασίας

Το παρόν κεφάλαιο ξεκινάει με τον ορισμό του προβλήματος την αντιμετώπιση του οποίου πραγματεύεται η παρούσα εργασία. Ακολουθεί η οριοθέτηση του στόχου της εργασίας, όπου περιγράφονται εν συντομία οι επιμέρους στόχοι, η ικανοποίηση των οποίων θα οδηγήσει στην επίλυση του προβλήματος, καθώς και ο τρόπος επίτευξής τους. Το κεφάλαιο κλείνει με μια σύντομη ιστορική αναδρομή σχετικά με την προέλευση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται σήμερα σε τέτοιου είδους προβλήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας. Αρχικά περιγράφεται η λειτουργία ενός προσομοιωτή αγοράς καθώς και τα βασικά στάδια από τα οποία αποτελείται μια διαδικασία προσομοίωσης. Στη συνέχεια αναλύονται οι μέθοδοι αποσύνθεσης προτιμήσεων ως εργαλεία υπολογισμού του μοντέλου προτιμήσεων του καταναλωτή. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στη μέθοδο UTASTAR την οποία θα χρησιμοποιήσουμε και στην παρούσα εργασία. Ακολούθως περιγράφονται τα Μοντέλα Επιλογής Μάρκας, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων, ως μετασχηματισμού των χρησιμότητων που προέκυψαν από τις μεθόδους αποσύνθεσης. Πέρα από τα πιο γνωστά μοντέλα, αναλύονται επίσης και τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν και τα οποία καλούμαστε να επιλύσουμε στην παρούσα εργασία. Το κεφάλαιο κλείνει με μια σύντομη περιγραφή των βασικών εννοιών και λειτουργιών των γενετικών αλγορίθμων, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν ως μέθοδοι βελτιστοποίησης ορισμένων παραμέτρων των προτεινόμενων μοντέλων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση του υπό μελέτη πεδίου. Περιγράφονται τα μοντέλα και οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση των δύο σημαντικότερων προβλημάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των προσομοιωτών αγοράς. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τρία συστήματα, δύο των Green & Krieger και ένα του Ματσατσίνη, τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους για την αναπαράσταση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές. Τέλος παρουσιάζονται μεθοδολογίες καθώς και

τροποποιήσεις μοντέλων που έχουν προταθεί για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ανεξαρτησίας από τις ασυσχέτιστες εναλλακτικές.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή του προτεινόμενου μοντέλου. Καθορίζονται οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εναλλακτικών από τον πελάτη και αναλύεται η χρήση της UTASTAR ως μεθόδου εκτίμησης των μερικών χρησιμοτήτων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο αλγόριθμος επιλογής του κατάλληλου μοντέλου επιλογής μάρκας για την καλύτερη δυνατή μοντελοποίηση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές, καθώς και ο καθορισμός των παραμέτρων του. Ακολουθεί η διαδικασία βελτιστοποίησης των παραμέτρων του μοντέλου, με τη χρήση γενετικού αλγορίθμου, και το κεφάλαιο κλείνει με την παρουσίαση της διορθωτικής μεθόδου για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ανεξαρτησίας από τις ασυσχέτιστες εναλλακτικές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η εφαρμογή του μοντέλου, χρησιμοποιώντας δεδομένα από μια έρευνα αγοράς για την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος παρθένου ελαιόλαδου για την Γαλλική αγορά. Αρχικά περιγράφεται η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του προβλήματος στο γενετικό αλγόριθμο, ο οποίος στη συνέχεια εφαρμόζεται για διάφορες τιμές των παραμέτρων διαμόρφωσής του. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν συγκρίνονται με τα αντίστοιχα τεσσάρων κλασσικών μοντέλων.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα, που προέκυψαν από την ανάπτυξη και την εφαρμογή του αλγορίθμου και προτείνονται πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις.

1.2 Ορισμός του προβλήματος

Ένα νέο προϊόν μπορεί να φαίνεται ελκυστικό ως ιδέα, να έχει σχεδιαστεί από άτομα ικανά, με πλούσια φαντασία και δημιουργικότητα, αλλά τελικά στην πράξη να αποτύχει, επειδή η μελέτη της αγοράς στην οποία εισήλθε είτε δεν έγινε σωστά είτε αγνοήθηκε τελείως. Αν ληφθούν υπόψη και οι σύγχρονες τάσεις με τους μικρότερους κύκλους ζωής και τον αυξανόμενο ανταγωνισμό, η ικανότητα πρόβλεψης της πορείας ενός υπό ανάπτυξη προϊόντος καθίσταται μείζονος σημασίας για την εμπορική του επιτυχία.

Πολλές επιχειρήσεις συμπεριλαμβάνουν ήδη την μοντελοποίηση των καταναλωτικών προτιμήσεων από τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης νέων προϊόντων. Πολύ πριν τη

δημιουργία προτύπων για δοκιμή σε πραγματικές συνθήκες, η προσομοίωση της αγοραστικής συμπεριφοράς των δυνητικών πελατών ενσωματώνεται στις διαδικασίες σχεδιασμού και τιμολόγησης των υπό ανάπτυξη προϊόντων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορων ειδών συστήματα υποστήριξης αποφάσεων στο μάρκετινγκ, τα οποία υποβοηθούν τους μάνατζερ στις πολύπλοκες αυτές διαδικασίες. Μια κατηγορία τέτοιων συστημάτων είναι οι Προσομοιωτές Αγοράς, οι οποίοι μοντελοποιούν την αγοραστική συμπεριφορά των πελατών χρησιμοποιώντας προχωρημένες ευρετικές μεθόδους και παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με προβλέψεις μεριδίων αγοράς, ελαστικότητα τιμής/πωλήσεων κ.α. (Orme, 2006). Οι ιδέες στην οποία στηρίζονται τα συστήματα αυτά είναι ότι οι καταναλωτές αποφασίζουν για την αγορά μιας συγκεκριμένης μάρκας βασιζόμενοι σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών του προϊόντος με αντισταθμιστικό τρόπο. Εάν ο μάρκετινγκ μάνατζερ καταφέρει να συλλέξει πληροφορίες (π.χ. με χρήση ερωτηματολογίων) για τα επίπεδα τιμών των χαρακτηριστικών που αξιολογεί ο πελάτης, τότε με τη χρήση του Προσομοιωτή μπορεί να μοντελοποιήσει τις καταναλωτικές προτιμήσεις, ως συνάρτηση της αλληλεπίδρασης των χαρακτηριστικών του υπό ανάπτυξη προϊόντος.

Η δυσκολία στην όλη διαδικασία έγκειται στην ανάπτυξη των κατάλληλων μοντέλων προσομοίωσης της καταναλωτικής συμπεριφοράς, τα οποία θα παρέχουν στον μάνατζερ ακριβή και τεκμηριωμένα αποτελέσματα. Κάθε πελάτης αντιλαμβάνεται, αξιολογεί και τελικά επιλέγει ένα προϊόν, σύμφωνα με το προσωπικό του σύστημα αξιών και προτιμήσεων. Η σωστή μοντελοποίηση της αγοράς στην οποία πρόκειται να εισέλθει ένα προϊόν απαιτεί την προσομοίωση της συμπεριφοράς ενός ετερογενούς πλήθους καταναλωτών και αποτελεί παράγοντα μείζονος σημασίας για την παραγωγή ακριβών αποτελεσμάτων. Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας για την αποδοτικότητα των μοντέλων, ο οποίος ήλθε στο προσκήνιο τη δεκαετία του '90, είναι η προσομοίωση της ελαστικότητας στις μεταβολές των χαρακτηριστικών μεταξύ διαφορετικών προϊόντων, γνωστή και ως αναπαράσταση της ομοιότητας ανάμεσα στα προϊόντα. Η ανάπτυξη ενός αποδοτικού αλγόριθμου προσομοίωσης της αγοράς αποτελεί από τα πεδία πρόκληση στη σύγχρονη έρευνα της επιστήμης του μάρκετινγκ.

1.3 Στόχος της εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη ενός ευρετικού αλγορίθμου για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου επιλογής μάρκας για ένα καταναλωτή σε προβλήματα ανάπτυξης νέων προϊόντων. Ο αλγόριθμος αυτός θα βασίζεται στα χαρακτηριστικά του μοντέλου προτιμήσεων του πελάτη και συγκεκριμένα σε ορισμένες ιδιότητες της κατανομής των χρησιμότητων των προϊόντων. Ο σκοπός είναι με τη χρήση αυτού του αλγορίθμου να επιτευχθεί με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια η προσομοίωση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές μιας αγοράς, και γιαυτό για κάθε πελάτη επιλέγεται διαφορετικό μοντέλο. Επίσης, τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα επιλογής μάρκας υφίστανται κατάλληλες τροποποιήσεις, ούτως ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της «Ανεξαρτησίας από τις Ασυσχέτιστες Εναλλακτικές». Αυτό καθίσταται δυνατό ενσωματώνοντας στα μοντέλα ένα παράγοντα ο οποίος προσομοιώνει τις ομοιότητες μεταξύ των προϊόντων, επιτρέποντας διαφορετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

1.4 Ιστορική Αναδρομή

Σύμφωνα με τους Green et al. (1979), η πρακτική της μοντελοποίησης των καταναλωτικών προτιμήσεων, ως συνάρτηση της αλληλεπίδρασης των χαρακτηριστικών του υπό ανάπτυξη προϊόντος, έχει τις ρίζες της πίσω στο 1951 όπου στατιστικοί ανέπτυξαν τη λεγόμενη «response-surface» μεθοδολογία για να ερευνήσουν τη συσχέτιση ανάμεσα σε ελεγχόμενες μεταβλητές (π.χ. θερμοκρασία, χημική συγκέντρωση) και την απόδοση διαφόρων χημικών παρασκευασμάτων. Αφού υπολογιστεί η συναρτησιακή αυτή σχέση, χρησιμοποιείται μια τεχνική βελτιστοποίησης για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση, υπό ορισμένους περιορισμούς σχετικά με το εύρος τιμών των μεταβλητών. Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 οι μέθοδοι αυτοί άρχισαν να εφαρμόζονται σε πολλούς διαφορετικούς τομείς όπως φαρμακευτική, γεωπονία κ.α. Η χρήση της ανάλυσης συζυγιών (conjoint analysis) ως μεθόδου εκτίμησης της δομής των προτιμήσεων του πελάτη, η οποία παρουσιάστηκε το 1975 από τους Green & Wind, αποτέλεσε τη βάση για τη σημερινή μορφή των μεθόδων αυτών. Από τα μέσα της δεκαετίας του '80 άρχισαν να εμφανίζονται διάφορα συστήματα που υλοποιούσαν μοντέλα προσομοίωσης της αγοραστικής συμπεριφοράς του καταναλωτή, ενώ ο πρώτος ουσιαστικά ολοκληρωμένος

προσομοιωτής αγοράς παρουσιάστηκε από τους Green & Krieger το 1989 με την ονομασία SIMOPT (Simulation Optimizer).

Η σχεδίαση και ανάπτυξη νέων προϊόντων όσον αφορά το κομμάτι του μάρκετινγκ είναι ένας τομέας όπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα σήμερα τέτοιου είδους τεχνικές και μάλιστα με εφαρμογές σε πολύ εξειδικευμένα πεδία όπως η τμηματοποίηση της αγοράς και η τοποθέτηση του προϊόντος σε αυτή.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Προσομοιωτές Αγοράς

Στόχος των εργαλείων αυτών είναι η προσομοίωση της αγοραστικής διαδικασίας των καταναλωτών, μέσα από τη δημιουργία διαφόρων υποθετικών σεναρίων. Σε κάθε σενάριο ο πελάτης καλείται να επιλέξει μεταξύ ανταγωνιστικών προϊόντων, καθένα από τα οποία περιγράφεται από διαφορετικά επίπεδα τιμών σε ένα κοινό σύνολο χαρακτηριστικών.

Ένας προσομοιωτής αγοράς βοηθάει τους μάνατζερ να πραγματοποιούν “τι-εάν” (what-if) ερωτήσεις, υπολογίζοντας υποθετικά μερίδια αγοράς για τα προϊόντα τους σε σχέση με τον ανταγωνισμό. Κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορούν να πλησιάζουν αρκετά τα πραγματικά μερίδια αγοράς. Για παράδειγμα, ένας προσομοιωτής μπορεί να εκτιμήσει την επιτυχία ενός νέου προϊόντος, προβλέποντας τόσο τις πωλήσεις του όσο και πιθανό κανιβαλισμό των υφιστάμενων προϊόντων της εταιρείας. Μπορεί επίσης να υπολογίσει τις ελαστικότητες στις μεταβολές των χαρακτηριστικών των προϊόντων (π.χ. στην τιμή), και γενικότερα αποτελεί πολύτιμο εργαλείο στη χάραξη επιχειρηματικής στρατηγικής.

Μια προσομοίωση αγοράς αποτελείται από τέσσερα στάδια:

1. Καθορισμός των χαρακτηριστικών των ανταγωνιστικών προϊόντων για τα οποία θέλουμε να υπολογίσουμε τα μερίδια αγοράς.
2. Υπολογισμός ενός μοντέλου προτιμήσεων για κάθε καταναλωτή ή ομογενές τμήμα της υπό μελέτη αγοράς.
3. Εφαρμογή του μοντέλου προτιμήσεων κάθε καταναλωτή ή ομογενούς τμήματος στο σύνολο των ανταγωνιστικών προϊόντων για να υπολογιστούν οι πιθανότητες επιλογής για κάθε εναλλακτική.
4. Ολοκλήρωση των πιθανοτήτων αγοράς όλων των καταναλωτών ή των ομογενών τμημάτων για να προκύψουν τα μερίδια αγοράς των προϊόντων.

2.2 Μοντέλο Προτιμήσεων Καταναλωτή

Για τον υπολογισμό του μοντέλου προτιμήσεων του καταναλωτή χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι αποσύνθεσης προτιμήσεων (preference decomposition methods), οι οποίες επιτρέπουν:

- Τον υπολογισμό της αξίας (χρησιμότητας) ενός προϊόντος ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών του.
- Την αξιολόγηση της επίδρασης του κάθε χαρακτηριστικού στην συνολική αξία του προϊόντος (μερικές χρησιμότητες).
- Την ποσοτικοποίηση των παραχωρήσεων (trade-offs) που είναι διατεθειμένος να κάνει ένας πελάτης μεταξύ των χαρακτηριστικών του προϊόντος. Τι ποσό δηλαδή είναι διατεθειμένος να αφήσει σε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ώστε να κερδίσει σε ένα άλλο.

Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την Ανάλυση Συζυγιών (Conjoint Analysis, Green & Wind, 1975), τη Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής (Discrete Choice Modeling, Louivere & Woodworth, 1983), την Ανάλυση Παραχωρήσεων (Trade-off Analysis, Johnson, 1974), και την Προσαρμοστική Ανάλυση Συζυγιών (Adaptive Conjoint Analysis, Johnson, 1987).

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των μεθόδων αυτών είναι ότι αναπαριστούν μια εναλλακτική ως ένα συνδυασμό διακριτών χαρακτηριστικών, καθένα από τα οποία μπορεί να λάβει διάφορα επίπεδα τιμών. Στόχος τους είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου για την πρόβλεψη επιλογής οποιασδήποτε μορφής εναλλακτικής ως συνδυασμού των χαρακτηριστικών της.

Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων μπορούν να αντιμετωπιστούν είτε ως συνεχείς είτε ως διακριτές μεταβλητές. Σε κάθε μέθοδο αξιολογείται μια σειρά από συνδυασμούς τιμών χαρακτηριστικών:

- Σε ορισμένες περιπτώσεις συμπεριλαμβάνονται όλα τα χαρακτηριστικά, όπως στην προσέγγιση Πλήρους Προφίλ (χρησιμοποιείται συνήθως στην Ανάλυση Συζυγιών και στη Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής), ενώ σε άλλες μόνο ένα υποσύνολο αυτών, όπως στην προσέγγιση Μερικού Προφίλ (χρησιμοποιείται συνήθως στην Ανάλυση Παραχωρήσεων και στην Προσαρμοστική Ανάλυση Συζυγιών)
- Σε ορισμένες περιπτώσεις ο ερωτώμενος αξιολογεί όλους τους συνδυασμούς χαρακτηριστικών που συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη (σύνηθες στην Ανάλυση

Συζυγιών και στην Ανάλυση Παραχωρήσεων), ενώ σε άλλες μόνο ένα υποσύνολο αυτών (σύνηθες στη Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής και στην Προσαρμοστική Ανάλυση Συζυγιών)

- Σε ορισμένες περιπτώσεις όλοι οι ερωτώμενοι αξιολογούν τον ίδιο σύνολο συνδυασμών χαρακτηριστικών (σύνηθες στην Ανάλυση Συζυγιών, στη Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής και στην Ανάλυση Παραχωρήσεων), ενώ σε άλλες κάθε ερωτώμενος αξιολογεί διαφορετικό υποσύνολο συνδυασμών (σύνηθες στη Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής και στην Προσαρμοστική Ανάλυση Συζυγιών)

Η προσέγγιση που θα επιλεγεί εξαρτάται από το μοντέλο που χρησιμοποιεί η μέθοδος, συνυπολογίζοντας το κόστος και το φόρτο του ερωτώμενου.

Ο Finkbeiner (1997) αξιολογεί τις κυριότερες παραλλαγές των μοντέλων αποσύνθεσης προτιμήσεων βάσει δύο κριτηρίων: i) μέθοδοι αξιολόγησης των εναλλακτικών από τον πελάτη, ii) μέθοδοι εκτίμησης των μερικών χρησιμοτήτων.

2.2.1 Μέθοδοι αξιολόγησης των εναλλακτικών

Οι κυριότεροι μέθοδοι αξιολόγησης των εναλλακτικών από των καταναλωτή είναι:

- Κλίμακες βαθμολόγησης των πιθανοτήτων επιλογής προϊόντος (είτε για κάθε προϊόν ξεχωριστά, είτε συγκριτικά μεταξύ προϊόντων).
- Κατάταξη των προϊόντων βάσει της ελκυστικότητάς τους.
- Κλίμακες βαθμολόγησης για τα διάφορα επίπεδα τιμών των χαρακτηριστικών των προϊόντων.
- Κλίμακες βαθμολόγησης της σημαντικότητας κάθε χαρακτηριστικού.
- Διαδικασίες επιλογής ή βαθμολογήσεις σταθερού αθροίσματος (constant sum ratings) ανάμεσα σε ένα σύνολο προϊόντων.

Ο Leigh (1984), σε μια μελέτη του σχετικά με τις εναλλακτικές μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ανάλυση Συζυγιών, αμφισβητεί τη χρησιμότητα της κατάταξης, θεωρώντας την υποδεέστερη από τις κλίμακες βαθμολόγησης. Όπως αναφέρει, η τελευταίες παρέχουν ίση ή και καλύτερη πληροφόρηση για την πιθανότητα επιλογής, ενώ είναι και ευκολότερες για τον ερωτώμενο όταν υπάρχουν πολλά αντικείμενα προς αξιολόγηση. Σύμφωνα με τον ίδιο, η Ανάλυση

Παραχωρήσεων, η οποία βασίζεται σημαντικά στη μέθοδο της κατάταξης, έχει χάσει σε δημοτικότητα λόγω των παραπάνω.

Η βαθμολόγηση των επιπέδων των χαρακτηριστικών αποκαλύπτει πληροφορία για τη σχετική ελκυστικότητα των διαφόρων επιπέδων μέσα στο ίδιο χαρακτηριστικό. Σύμφωνα όμως με τους Green et al (1991), δεν είναι ξεκάθαρος ο τρόπος ολοκλήρωσης των βαθμολογιών αυτών, για την παραγωγή αξιόπιστων προβλέψεων.

Η βαθμολόγηση της σημαντικότητας των χαρακτηριστικών συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τις πιθανότητες επιλογής των επιπέδων των χαρακτηριστικών. Μελέτες έχουν δείξει ότι όταν οι τελευταίες απουσιάζουν, οι βαθμολογίες της σημαντικότητας αποτελούν χρήσιμες προσθήκες, όπως για παράδειγμα σε έρευνες ικανοποίησης πελατών με αξιολόγηση της ικανοποίησης σε κάθε χαρακτηριστικό του προϊόντος (Cooper & Finkbeiner, 1984; Finkbeiner, 1992). Η Προσαρμοστική Ανάλυση Συζυγιών κάνει χρήση προσεγγιστικών αξιολογήσεων των σημαντικοτήτων ως αφετηρία για τον υπολογισμό των μερικών χρησιμότητων, λόγω του ότι τα δεδομένα για τα επίπεδα τιμών των χαρακτηριστικών προέρχονται από κατάταξη και δεν αποκαλύπτουν επαρκή πληροφορία για την κλίμακα κάθε μεταβλητής. Ο Finkbeiner (1992) θεωρεί τις βαθμολογίες των σημαντικοτήτων ως πλεονάζουσα πληροφορία, λόγω της ισχυρής συσχέτισης που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Σύμφωνα με τους Oliphant et al (1992) οι διαδικασίες απλής επιλογής παράγουν γενικά ασθενέστερα δεδομένα σε σχέση με τις κλίμακες βαθμολόγησης. Από την άλλη, εάν ληφθεί ένα μεγάλο δείγμα επιλογών από ένα ερωτώμενο ή από μια ομάδα ερωτώμενων, τότε η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει αρκετά ακριβή αποτελέσματα.

Ένας πιο γενικός τύπος διαδικασιών επιλογής είναι οι βαθμολογήσεις σταθερού αθροίσματος μεταξύ εναλλακτικών, όπου ο ερωτώμενος αναθέτει μια σχετική συχνότητα επιλογής για κάθε προϊόν. Η απλή επιλογή αποτελεί μια ειδική περίπτωση της παραπάνω μεθόδου, στην οποία η σχετική συχνότητα για το προϊόν που επιλέγεται είναι 1, ενώ για όλα τα άλλα είναι μηδέν. Οι βαθμολογήσεις σταθερού αθροίσματος υπερτερούν της απλής επιλογής διότι παρέχουν πληροφορία σχετικά με το ποσοστό που προτιμάται μια εναλλακτική έναντι μιας άλλης. Γενικά οι μέθοδοι επιλογής παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα επειδή προσομοιώνουν στο μέγιστο την αγοραστική διαδικασία σε πραγματικές συνθήκες.

Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο συνδυασμός διαφορετικών μεθόδων αξιολόγησης μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια του μοντέλου. Οι Huber et al (1993) διαπίστωσαν βελτίωση στην εγκυρότητα των προβλέψεων του μοντέλου, με το

συνδυασμό βαθμολόγησης πιθανοτήτων επιλογής, επιπέδων των χαρακτηριστικών και σημαντικότητας των χαρακτηριστικών. Προτείνουν μάλιστα ως πρώτο στάδιο τη βαθμολόγηση των επιπέδων και σημαντικότητας των χαρακτηριστικών και ως δεύτερο αυτή των πιθανοτήτων επιλογής.

2.2.2 Μέθοδοι εκτίμησης των μερικών χρησιμοτήτων

Οι μέθοδοι εκτίμησης μερικών χρησιμοτήτων ποικίλουν ανάλογα με το μοντέλο και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται. Η Ανάλυση Συζυγιών χρησιμοποιεί συνήθως κλίμακες βαθμολόγησης ή κατάταξη. Τα μοντέλα παλινδρόμησης OLS ANOVA χρησιμοποιούνται με αυτού του τύπου τα δεδομένα, αν και με την κατάταξη χρησιμοποιούνται πολλές φορές μοντέλα, όπως το Ordered Logit ή MONANOVA. Η Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής με δεδομένα επιλογής χρησιμοποιεί συνήθως Εκτίμηση Μέγιστης Πιθανότητας (Maximum Likelihood Estimation), ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μέθοδοι εκτίμησης ελαχίστων τετραγώνων (weighted ή generalized least square ή minimum chi-squared). Η Προσαρμοστική Ανάλυση Συζυγιών χρησιμοποιεί παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων ξεκινώντας από ad hoc αρχικές εκτιμήσεις συντελεστών.

Σε γενικές γραμμές δεν υπάρχει κάποιο σημείο στο οποίο να υπερτερεί σημαντικά μια μέθοδος έναντι των υπολοίπων και όσες μέθοδοι είναι εφαρμόσιμες σε ένα μοντέλο παρέχουν περίπου ισάξια αποτελέσματα.

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι υπολογίζουν συντελεστές για κάθε χαρακτηριστικό ή επίπεδο χαρακτηριστικού, οι οποίοι ονομάζονται «συντελεστές παλινδρόμησης», ή «μερικές χρησιμότητες» (partworths).

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα μοντέλα αυτά είναι συνήθως γραμμικά και προσθετικής μορφής στους συντελεστές, μπορούν όμως ορισμένα από αυτά να τροποποιηθούν ώστε να συμπεριλάβουν μη γραμμικούς αλληλεπιδραστικούς όρους (π.χ. Ανάλυση Συζυγιών και Μοντελοποίηση Διακριτής Επιλογής).

2.2.3 Η μέθοδος UTASTAR

Η οικογένεια των μεθόδων UTA αναφέρεται στη φιλοσοφία της εκτίμησης ενός συνόλου αξιών ή συναρτήσεων χρησιμότητας στη βάση της θεωρίας πολυκριτήριας χρησιμότητας (MultiAttribute Utility Theory) και στην υιοθέτηση της αρχής αποσύνθεσης προτιμήσεων. Η μεθοδολογία της UTA χρησιμοποιεί τεχνικές

γραμμικού προγραμματισμού έτσι ώστε με βέλτιστο τρόπο να εξάγει αθροιστικές συναρτήσεις αξιών/χρησιμότητας, οι οποίες να αναπαριστούν όσο το δυνατόν πιο πιστά την πολιτική και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα.

Η μέθοδος UTASTAR (Siskos & Yannacopoulos, 1985) αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση της μεθόδου UTA (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982), για την ανάλυση της συμπεριφοράς του καταναλωτή. Όπως και στη μέθοδο UTA, έχουμε μια δομή προδιάταξης προτιμήσεων (\succ, \sim), όπου με \succ δηλώνουμε την απόλυτη προτίμηση και με \sim την αδιαφορία σε ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών, προσαρμόζοντας προσθετικές συναρτήσεις χρησιμότητας βασιζόμενες σε πολλαπλά κριτήρια κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η δομή των προκύπτουσών προτιμήσεων να είναι όσο δυνατόν περισσότερο συνεπής με την αρχική δομή του αποφασίζοντα.

Έστω ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών $A = \{a, b, c, \dots\}$ πάνω σε μια δεδομένη δομή προτιμήσεων και g_1, g_2, \dots, g_n μια συνεπής οικογένεια κριτηρίων εκτίμησης των εναλλακτικών, κάθε ένα εκ των οποίων ορίζεται με τη μορφή μιας μονότονης πραγματικής συνάρτησης τιμών $g_i : A \rightarrow [g_{i*}, g_i^*] \subset R / a \rightarrow g(a) \in R$ όπου:

- τα g_{i*}, g_i^* αναπαριστούν αντιστοίχως τη χειρότερη και τη καλύτερη τιμή του κριτηρίου αυτού,
- η $g_i(a)$ αναπαριστά την επίδοση της εναλλακτικής a στο κριτήριο g_i και
- η $g(a)$ αναπαριστά το διάνυσμα των επιδόσεων της εναλλακτικής a στα n κριτήρια.

Για την ανάπτυξη ενός μοντέλου το οποίο εκφράζει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, γίνεται η σύνθεση των κριτηρίων σε μια προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας, την οποία η UTASTAR υπολογίζει με χρήση παλινδρόμησης και είναι της μορφής:

$$u(g) = u_1(g_1) + u_2(g_2) + \dots + u_n(g_n)$$

υπό τους περιορισμούς:

$$u(g_{i*}) = 0 \forall i$$

$$u_1(g_1^*) + u_2(g_2^*) + \dots + u_n(g_n^*) = 1$$

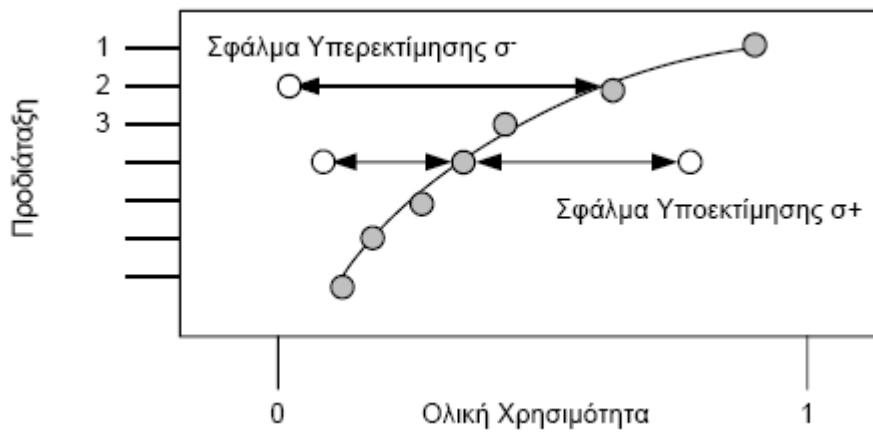
όπου u_i η μερική χρησιμότητα του κριτηρίου g_i και u η ολική χρησιμότητα κανονικοποιημένη μεταξύ των τιμών 0 και 1.

Τόσο οι μερικές όσο και η ολική χρησιμότητα έχουν την ιδιότητα της μονοτονικότητας. Για την ολική χρησιμότητα, για παράδειγμα, ισχύει:

$$u[g(a)] > u[g(b)] \Leftrightarrow a \succ b \quad (\text{η } a \text{ προτιμάται έναντι της } b)$$

$$u[g(a)] = u[g(b)] \Leftrightarrow a \sim b \quad (\text{η } a \text{ είναι αδιάφορη έναντι της } b)$$

Στην αρχική μορφή της UTA, για κάθε εναλλακτική $a \in A$ υπήρχε μια μοναδική συνάρτηση σφάλματος $\sigma(a)$ προς ελαχιστοποίηση, η οποία αντιπροσώπευε το ποσό που πρέπει να προστεθεί στην υπολογιζόμενη χρησιμότητα $u[g(a)]$ της εναλλακτικής a έτσι ώστε αυτή να ανακτήσει την αρχική της θέση στη προδιάταξη. Αυτή η συνάρτηση σφάλματος δεν επαρκεί για να ελαχιστοποιήσει πλήρως τη διασπορά των σημείων γύρω από τη μονότονη καμπύλη (σχήμα 2.1). Το πρόβλημα προέρχεται από τα σημεία που βρίσκονται στα δεξιά της καμπύλης, από τα οποία θα ήταν χρήσιμη η αφαίρεση ενός ποσού, αντί για την αύξηση των χρησιμοτήτων των άλλων.



Σχήμα 2.1: Σφάλματα Υπερεκτίμησης και Υποεκτίμησης

Στη UTASTAR προτείνεται η χρήση μιας διπλής θετικής συνάρτησης σφάλματος που επιτρέπει την καλύτερη σταθεροποίηση της θέσης των σημείων γύρω από τη καμπύλη. Έτσι, η χρησιμότητα μιας εναλλακτικής επιλογής a δίνεται από τη σχέση:

$$u[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] - \sigma^+(a) + \sigma^-(a)$$

όπου $\sigma^+(a), \sigma^-(a)$ τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης αντίστοιχα, τα οποία αναπαριστούν τις πιθανές ασυμφωνίες του εκτιμώμενου μοντέλου και των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Το σφάλμα υπερεκτίμησης αφορά περιπτώσεις όπου ο αποφασίζων έχει κατατάξει μια εναλλακτική σε υψηλότερη θέση στην προδιάταξη

σε σχέση με τη θέση που κατατάσσεται με βάση την ολική της χρησιμότητα, ενώ το σφάλμα υποεκτίμησης όταν μια εναλλακτική έχει καταταχθεί σε χαμηλότερη θέση. Για να υπολογιστούν οι μερικές χρησιμότητες, χωρίζουμε το εύρος τιμών κάθε κριτηρίου σε περιορισμένο αριθμό ισαπεχόντων σημείων:

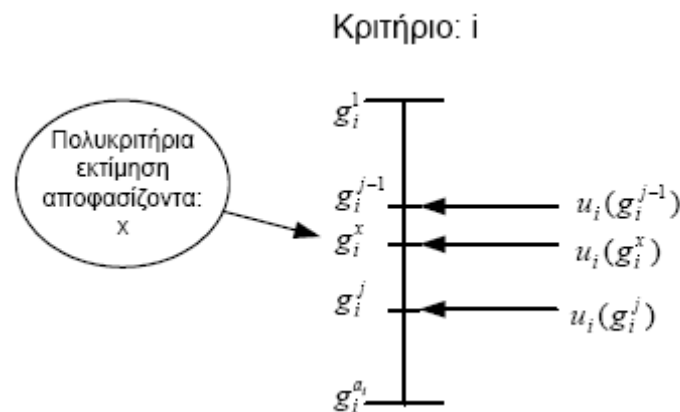
$$[g_i^*, g_i^*] = [g_i^* \equiv g_i^1, \dots, g_i^{a_i} \equiv g_i^*]$$

και εισάγουμε τους περιορισμούς:

$$u_i(g_i^{j+1}) \geq u_i(g_i^j)$$

έτσι ώστε να διατηρήσουμε τη μονοτονικότητα των κριτηρίων. Ο αριθμός των υποδιαστημάτων καθορίζεται από τη διαθέσιμη πληροφορία και εξαρτάται από το πλήθος των εναλλακτικών επιλογών του συγκεκριμένου κριτηρίου. Σε περίπτωση που η πολυκριτήρια εκτίμηση ενός αποφασίζοντα για μια εναλλακτική επιλογή σε ένα κριτήριο, δεν είναι μια από τις διακριτές δυνατές τιμές του κριτηρίου αυτού, τότε η μερική χρησιμότητά του υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$u_i(g_i^x) = u_i(g_i^{j-1}) + \frac{g_i^x - g_i^{j-1}}{g_i^j - g_i^{j-1}} [u_i(g_i^j) - u_i(g_i^{j-1})]$$



Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση γραμμικής παρεμβολής για τον υπολογισμό της μερικής χρησιμότητας x

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο αλγόριθμος της UTA δουλεύει με βάση τα ακόλουθα βήματα:

1. Εκφράζονται, με τη σειρά που επιβάλλεται από την αρχική προδιάταξη ($>$, \sim), οι χρησιμότητες των εναλλακτικών επιλογών $u[g(a)]$ με $a \in A$ με όρους των προσθετικών μερικών χρησιμοτήτων $u_i(g_i^j)$.

2. Προχωράμε από τη κορυφή προς τη βάση της προδιάταξης γράφοντας για κάθε ζεύγος των εναλλακτικών επιλογών (a, b) τις αναλυτικές εκφράσεις:

$$\Delta(a, b) = u[g(a)] - u[g(b)] + \sigma(a) - \sigma(b)$$

Ο αριθμός των σχέσεων αυτών ισούται με το πλήθος των εναλλακτικών μείον 1.

3. Επιλύεται το παρακάτω γραμμικό πρόβλημα:

Ελαχιστοποίηση της $F = \sum_{a \in A} \sigma(a)$ υπό τους περιορισμούς:

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

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

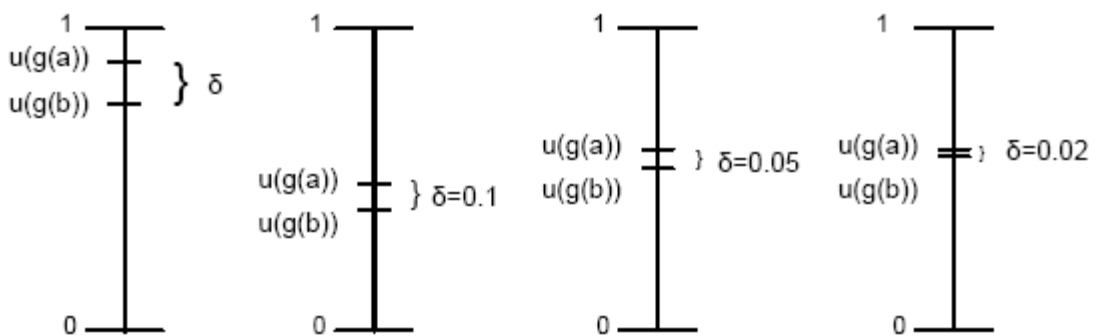
$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0 \quad \forall i, j$$

$$\sum_i u_i(g_i^*) = 1$$

$$u_i(g_i^*) = 0, \quad u_i(g_i^j) \geq 0, \quad \sigma(a) \geq 0, \quad \forall a \in A, \quad \forall i, j$$

όπου: δ μια μικρή θετική τιμή

Το δ είναι ένας μικρός πραγματικός θετικός αριθμός, η τιμή του οποίου εξαρτάται από το πλήθος των εναλλακτικών και τον αριθμό των κλάσεων ισοδυναμίας και το οποίο ορίζει την ελάχιστη απόσταση τιμών μεταξύ των ολικών χρησιμοτήτων δύο εναλλακτικών επιλογών έτσι ώστε να ισχύει $a \succ b$.



Σχήμα 2.3: Ορισμός τιμών της δ και διάφορες εναλλακτικές τιμές της

4. Έλεγχος ύπαρξης πολλαπλής ή πολύ κοντινής βέλτιστης λύσης (ανάλυση ευστάθειας). Στη περίπτωση της ύπαρξης μη μοναδικής λύσης, βρίσκονται εκείνες οι βέλτιστες λύσεις οι οποίες μεγιστοποιούν τα «βάρη»:

$$u_i(g_i^*) = u_i(g_i^{a_i}) \quad \text{για κάθε } i.$$

Οι τροποποιήσεις που εισάγει η UTASTAR είναι ανά βήμα οι ακόλουθες:

1. Οι περιορισμοί μονοτονικότητας των κριτηρίων λαμβάνονται υπόψη στη μετατροπή των μεταβλητών: $w_{ij} = u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0, \quad \forall i, j$. Οι χρησιμότητες $u[g(a)]$ γίνονται συναρτήσεις των w_{ij} . Π.χ. αν $u_i(g_i^1) = 0$ για $j > 1$ έχουμε:

$$u_i(g_i^1) = \sum_{k=1}^{j-1} w_{ik}$$

2. Εισαγωγή μιας συνάρτησης διπλού σφάλματος: Για κάθε ζεύγος των διαδοχικών ενεργειών (a, b) της προδιάταξης έχουμε:

$$\Delta(a, b) = u[g(a)] - u[g(b)] + \sigma^+(a) - \sigma^-(b) - \sigma^+(a) + \sigma^-(b)$$

3. Λύνουμε το αρχικό γραμμικό πρόβλημα ελαχιστοποίησης της $F = \sum_{a \in A} \{\sigma^+(a) + \sigma^-(a)\}$ υπό τους περιορισμούς:

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

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

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{a_i-1} w_{ij} = 1$$

$$w_{ij} \geq 0, \quad \sigma^+(a) \geq 0, \sigma^-(a) \geq 0 \quad \forall a \in A, \quad \forall i, j$$

4. Στο βήμα αυτό ελέγχεται η ευαισθησία της παραπάνω λύσης που επιτεύχθηκε (ανάλυση ευστάθειας) με χρήση τεχνικών μεταβελτιστοποίησης, έτσι ώστε να εξετασθεί η ύπαρξη πολλαπλών ή πολύ κοντινών βέλτιστων λύσεων στο γραμμικό πρόβλημα του προηγούμενου βήματος 3. Σε περίπτωση μη μοναδικότητας, υπολογίζουμε τη μέση προσθετική συνάρτηση αξιών εκείνων των (σχεδόν) βέλτιστων λύσεων που μεγιστοποιούν τις αντικειμενικές συναρτήσεις:

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

στο πολύεδρο των περιορισμών του γραμμικού προβλήματος του βήματος 3 υπό τους νέους περιορισμούς:

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

όπου: Z^* είναι η βέλτιστη τιμή του γραμμικού προβλήματος του βήματος 3, και ε ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός.

Μια συγκριτική μελέτη των δύο μεθόδων UTA και UTASTAR έγινε από τους Siskos & Yannacopoulos (1985). Η μέθοδος UTASTAR δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με ένα αριθμό δεικτών σύγκρισης όπως:

- Του αριθμού των απαραίτητων επαναλήψεων της μεθόδου simplex για την εξεύρεση βέλτιστης λύσης.
- Το τ του Kendall μεταξύ της αρχικής προδιάταξης και αυτής που προκύπτει από το εκτιμώμενο μοντέλο.

Το κριτήριο ελαχιστοποίησης z του αθροίσματος των σφαλμάτων, το οποίο χρησιμοποιείται σαν δείκτης μέτρησης της διασποράς των παρατηρήσεων.

2.3 Υπολογισμός πιθανοτήτων επιλογής των εναλλακτικών

Το επόμενο βήμα μετά από τον υπολογισμό του μοντέλου προτιμήσεων κάθε καταναλωτή είναι ο υπολογισμός των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων, ως μετασχηματισμός των χρησιμότητων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα Μοντέλα Επιλογής Μάρκας (Brand Choice Models), τα οποία εκτιμούν την πιθανότητα επιλογής ενός προϊόντος, από έναν ή περισσότερους πελάτες (συχνά ονομάζονται μερίδια επιλογής).

2.3.1 Μοντέλα Επιλογής Μάρκας

Τα Μοντέλα Επιλογής Μάρκας έχουν ως στόχο την μοντελοποίηση της αγοραστικής συμπεριφοράς ενός ατόμου, με τη χρήση μαθηματικών συναρτήσεων. Μέσω αυτών των συναρτήσεων αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο ένας καταναλωτής επεξεργάζεται τη διαθέσιμη πληροφορία για να επιλέξει μια συγκεκριμένη μάρκα από ένα σύνολο ανταγωνιστικών προϊόντων. Ο καταναλωτής θεωρείται ότι ακολουθεί μια διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών προϊόντων βάσει ενός συνόλου κριτηρίων και επιλέγει αυτό που θα του προσφέρει τα μέγιστα οφέλη. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών γίνεται μέσω μιας συνάρτησης η οποία λαμβάνει υπόψη τόσο τα χαρακτηριστικά των προϊόντων όσο και τις ατομικές προτιμήσεις του καταναλωτή. Πρόκειται για μια πολυκριτήρια συνάρτηση, η οποία προκύπτει από τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, και το αποτέλεσμα της οποίας είναι η χρησιμότητα του προϊόντος για το συγκεκριμένο καταναλωτή. Η συνάρτηση χρησιμότητας συνθέτει με αντισταθμιστικό τρόπο τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, βάσει του πως

ο καταναλωτής τα αντιλαμβάνεται και τα αξιολογεί. Η συνάρτηση χρησιμότητας που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις ενός καταναλωτή μπορεί να γραφτεί στην εξής γενική μορφή:

$$U_{ij} = F_i(X_{ijk} * B_{ik} * C_i) + e_{ij}$$

όπου:

i : $1 \dots I$ καταναλωτές

j : $1 \dots J$ προϊόντα

k : $1 \dots K$ χαρακτηριστικά προϊόντος

U_{ij} : η χρησιμότητα που προσδίδει ο καταναλωτής i στο προϊόν j

F_i : η μορφή της συνάρτησης που προσομοιώνει καλύτερα τον καταναλωτή i

X_{ijk} : η αξία του χαρακτηριστικού k του προϊόντος j για τον καταναλωτή i

B_i : η σημαντικότητα του χαρακτηριστικού k για τον καταναλωτή i

C_i : ένας συντελεστής προσαρμογής για τον καταναλωτή i

e_{ij} : σφάλμα στη μέτρηση της χρησιμότητας το οποίο ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή

Στη συνέχεια περιγράφονται τα κυριότερα μοντέλα επιλογής που χρησιμοποιούνται στην πράξη.

2.3.1.1 Το μοντέλο της Πρώτης Επιλογής (ή Μέγιστης Χρησιμότητας)

Οι πρώτες εφαρμογές σχεδιασμού προϊόντων στη βιομηχανία (π.χ. Fiedler 1972) χρησιμοποιούσαν ως μοντέλο επιλογής προϊόντος από τον καταναλωτή ένα ντετερμινιστικό κανόνα με όνομα «Πρώτη Επιλογή» (Huber & Moore, 1979; Thurstone, 1945). Πρόκειται για την απλούστερη μέθοδο προσομοίωσης, όπου κάθε καταναλωτής θεωρείται ότι επιλέγει πάντα το προϊόν με τη μέγιστη χρησιμότητα. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι το προϊόν με τη μέγιστη χρησιμότητα έχει πιθανότητα επιλογής ίση με 1, ενώ για όλα τα υπόλοιπα προϊόντα η πιθανότητα επιλογής είναι ίση με 0, ανεξάρτητα από το εύρος της διαφοράς μεταξύ των χρησιμοτήτων. Το μερίδιο αγοράς ενός προϊόντος βάσει αυτού του κανόνα είναι απλά το ποσοστό των πελατών για τους οποίους το προϊόν αυτό έχει τη μέγιστη χρησιμότητα.

Η μέθοδος αυτή έχει ορισμένα πλεονεκτήματα. Είναι απλή, κατανοητή και γρήγορη στην εκτέλεση όταν χρησιμοποιείται σε προγράμματα προσομοίωσης. Επίσης δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα της Ανεξαρτησίας από τις Ασυσχετίστες Εναλλακτικές

(Intependence from Irrelevant Alternatives), το οποίο περιγράφεται παρακάτω και αφορά προϊόντα που μοιάζουν πολύ μεταξύ τους.

Η χρήση όμως του κανόνα της Πρώτης Επιλογής σε προσομοιώσεις αγοράς προϊόντων μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα. Η μέθοδος υπερεκτιμά τα μερίδια αγοράς των δημοφιλών προϊόντων σε βάρος των υπολοίπων. Εάν για παράδειγμα ένας καταναλωτής έχει να επιλέξει μεταξύ του Α στο οποίο δίνει χρησιμότητα 0,68 και του Β στο οποίο δίνει χρησιμότητα 0,67 τότε σύμφωνα με τον κανόνα της Πρώτης Επιλογής το Α έχει πιθανότητα επιλογής 1 και το Β μηδέν.

Εξαιτίας των μεγάλων στρεβλώσεων που μπορεί να προκαλέσει στον υπολογισμό των μεριδίων αγοράς, δεν συνίσταται πλέον η χρήση του κανόνα πρώτης επιλογής σε προσομοιωτές.

2.3.1.2 Καταμερισμός των Προτιμήσεων

Για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων του μοντέλου της μέγιστης χρησιμότητας, υιοθετήθηκε η χρήση κανόνων «Καταμερισμού των Προτιμήσεων» (Share of preferences). Στα μοντέλα στα οποία χρησιμοποιούνται τέτοιοι κανόνες, η διαδικασία διαμόρφωσης των προτιμήσεων είναι ντετερμινιστική αλλά η διαδικασία επιλογής είναι πιθανοτική. Η θεώρηση ότι ο καταναλωτής επιλέγει πάντα το προϊόν με τη μέγιστη χρησιμότητα δεν ισχύει, αλλά υπολογίζονται πιθανότητες επιλογής για κάθε εναλλακτική σε συνάρτηση με τη χρησιμότητά της. Έτσι, σε αντίθεση με τον κανόνα πρώτης επιλογής, δεν υπάρχει βεβαιότητα ως προς το προϊόν που τελικά θα επιλεγεί, αφού ακόμα και οι εναλλακτικές με τις μικρότερες χρησιμότητες λαμβάνουν πιθανότητα επιλογής μεγαλύτερη του μηδενός. Το αξίωμα που θεμελίωσε την κατηγορία αυτή παρουσιάστηκε από τον Luce, βάσει του οποίου αναπτύχθηκε το μοντέλο BTL (Bradley and Terry 1952, Luce 1959), ορισμένες παραλλαγές του οποίου χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα. Το μοντέλο αυτό υπήρξε μια σημαντικότερη καινοτομία στη μελέτη της αγοραστικής συμπεριφοράς του καταναλωτή και αποτέλεσε τη βάση πάνω στην οποία αναπτύχθηκαν τα περισσότερα μοντέλα επιλογής προϊόντος. Όντας κατανοητό και απλό στην μοντελοποίησή του με μαθηματικές συναρτήσεις, χρησιμοποιήθηκε σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στο μάρκετινγκ.

2.3.1.3 Το μοντέλο Bradley-Terry-Luce

Η βασικότερη υπόθεση για το μοντέλο Bradley Terry Luce είναι το λεγόμενο *αξίωμα του Luce*, σύμφωνα με το οποίο ισχύει ότι:

Έστω x ένα προϊόν που ανήκει στο σύνολο εναλλακτικών επιλογών C , καθώς επίσης και στο υποσύνολο του C , S ($S \subseteq C$). Η πιθανότητα που έχει το x να επιλεγεί από το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών C είναι ίση με το γινόμενο της πιθανότητας που έχει το x να επιλεγεί από το σύνολο S και της πιθανότητας που έχει ένα στοιχείο του S να επιλεγεί από το σύνολο C . Μαθηματικά, ισχύει ότι:

$$\Pr(x | C) = \Pr(x | S) \cdot \Pr(S | C)$$

Η σταθερή χρησιμότητα u_x της εναλλακτικής επιλογής x έναντι μιας άλλης τυχαίας επιλογής z δίνεται από τη σχέση:

$$u_x = \frac{\Pr(x | C)}{\Pr(z | C)}$$

Επομένως, για δύο εναλλακτικές επιλογές x και y , ισχύει:

$$\frac{u_x}{u_y} = \frac{\Pr(x | C)}{\Pr(y | C)}$$

Για όλες τις εναλλακτικές επιλογές του συνόλου C , έχουμε:

$$\frac{u_x}{\sum_{y \in C} u_y} = \frac{\Pr(x | C)}{\sum_{y \in C} \Pr(y | C)}$$

Όμως, $\sum_{y \in C} \Pr(y | C) = 1$, οπότε προκύπτει:

$$\Pr(x | C) = \frac{u_x}{\sum_{y \in C} u_y}$$

Γενικεύοντας τα παραπάνω, εξάγεται η σχέση:

$$P_{ij}(C_i) = \frac{V_{ij}}{\{\sum_{k \in C_i} V_{ik}\}}$$

όπου,

$P_{ij}(C_i)$: η πιθανότητα ότι ο πελάτης i θα επιλέξει τη μάρκα j από το σύνολο C

V_{ij} : η χρησιμότητα που προσδοκά το άτομο i να αποκομίσει από την επιλογή της μάρκας j

C_i : το σύνολο των εναλλακτικών που αξιολογεί ο καταναλωτής i (σύνολο αξιολόγησης)

2.3.1.4 Το μοντέλο του Lesourne

Μία τροποποίηση του μοντέλου BTL αποτελεί το μοντέλο του Lesourne (1977), το οποίο διατυπώνεται ως εξής:

Η πιθανότητα $P_{ij}(C)$ ότι ο καταναλωτής i θα επιλέξει το προϊόν j μέσα από ένα σύνολο προϊόντων C ισούται με τον λόγο του τετραγώνου της χρησιμότητας U_{ij} που ο καταναλωτής i προσδοκά να αποκομίσει από την επιλογή του προϊόντος j , προς το άθροισμα των τετραγώνων των χρησιμότητων που αποδίδει στο σύνολο των προϊόντων του C . Δηλαδή, ισχύει ότι:

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}^2}{\sum_{k \in C} U_{ik}^2}$$

Το μοντέλο αυτό σε σύγκριση με το BTL, ενισχύει τις πιθανότητες επιλογής των εναλλακτικών με τις μεγαλύτερες χρησιμότητες, εις βάρος αυτών με τις μικρότερες, λόγω του μεγαλύτερου εκθέτη.

2.3.1.5 Το Πολυωνυμικό Λογιστικό μοντέλο (Multinomial Logit)

Τα μοντέλα των Luce και Lesourne αποτελούν παραδείγματα μοντέλων σταθερής χρησιμότητας. Σε τέτοιου είδους μοντέλα, ο κανόνας απόφασης υπόκειται στην τυχαιότητα, ενώ οι υποκειμενικές εκτιμήσεις των καταναλωτών για τις εναλλακτικές θεωρούνται σταθερές. Σύμφωνα με αυτά τα μοντέλα, οι πιθανότητες επιλογής ορίζονται από μία συνάρτηση βαθμών προτίμησης των εναλλακτικών προϊόντων που διαμορφώνουν το σύνολο επιλογής του καταναλωτή.

Μία πιο δημοφιλής προσέγγιση είναι το μοντέλο τυχαίας χρησιμότητας, στο οποίο οι βαθμοί προτίμησης (οι αξίες χρησιμότητας του προϊόντος) υφίστανται τυχαίες διακυμάνσεις, ενώ ο μηχανισμός επιλογής είναι αιτιοκρατικός. Αυτά τα μοντέλα είναι πολυμεταβλητές επεκτάσεις των δυαδικών λογιστικών μοντέλων αγοραστικής επίδρασης και υποθέτουν κάποιο μέτρο πραγματικής χρησιμότητας και ένα τυχαίο παράγοντα, ως εξής:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

όπου:

U_{ij} : η χρησιμότητα της εναλλακτικής j για τον καταναλωτή i

V_{ij} : η πραγματική χρησιμότητα ως συνάρτηση των μετρήσιμων χαρακτηριστικών

ε_{ij} : το σφάλμα λόγω της απόκλισης στη μέτρηση των προτιμήσεων και των μη παρατηρούμενων χαρακτηριστικών

Επίσης, αυτά τα μοντέλα υποθέτουν ότι ο καταναλωτής i θα επιλέξει τη μάρκα με τη μεγαλύτερη εκτιμώμενη χρησιμότητα U_{ij} . Εάν P_{ij} είναι μία εκτίμηση της πιθανότητας να επιλέξει ο καταναλωτής i τη μάρκα j , τότε το μοντέλο τυχαίας χρησιμότητας γίνεται:

$$\begin{aligned} P_{ij} &= \Pr(U_{ij} > U_{ik}), \text{ για κάθε } k \text{ στο } C_i \neq j \\ &= \Pr(V_{ij} + \varepsilon_{ij} > V_{ik} + \varepsilon_{ik}), \text{ για κάθε } k \text{ στο } C_i \neq j \end{aligned}$$

Το Πολυωνυμικό Λογιστικό Μοντέλο - MNL (McFadden-1974) είναι ένα μοντέλο τυχαίας χρησιμότητας, που βασίζεται στην υπόθεση ότι οι χρησιμότητες που αποδίδει ο καταναλωτής σε κάθε ένα από τα προϊόντα της αγοράς, είναι τυχαίες μεταβλητές και ο καταναλωτής επιλέγει τη μάρκα που συμβαίνει να έχει, σε εκείνη την περίπτωση, τη μεγαλύτερη χρησιμότητα μεταξύ των εναλλακτικών προϊόντων.

Οι υποθέσεις που απαιτούνται για το μοντέλο αυτό είναι οι ακόλουθες:

1. Τα $\{\varepsilon_{ij}\}$ είναι ανεξάρτητα και ομοιόμορφα κατανομημένα για όλα τα j .
2. Η κατανομή των $\{\varepsilon_{ij}\}$ είναι διπλή εκθετική:

$$\Pr(\varepsilon_{ij} \leq x) = \exp(-e^{-\beta x})$$

Επειδή τα ε_{ij} θεωρούνται ανεξάρτητα, η κοινή αθροιστική κατανομή για τα ε_{ij} , με $j=1, \dots, J$ είναι το προϊόν των J αθροιστικών συναρτήσεων κατανομής μιας μεταβλητής:

$$\Pr(\varepsilon_{i1} \leq x_1, \varepsilon_{i2} \leq x_2, \dots, \varepsilon_{iJ} \leq x_J) = \prod_j \exp(-e^{-\beta x_j})$$

Για μία δεδομένη τιμή του ε_{i1} , η παραπάνω εξίσωση είναι η κοινή αθροιστική συνάρτηση κατανομής των $\{\varepsilon_{ij}\}$ για $j = 2$ ως J , στις τιμές $V_{i1} - V_{ij} + \varepsilon_{i1}$. Ολοκληρώνοντας το ε_{i1} από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει:

$$P_{i1} = \frac{\exp(\beta V_{i1})}{\sum_j \exp(\beta V_{ij})} \quad (1)$$

Το λογιστικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας με ένα γραμμικό επανορθωτικό μοντέλο ως εξής:

$$V_{ij} = \sum_k w_k b_{ijk} \quad (2)$$

όπου,

b_{ijk} : η εκτίμηση του καταναλωτή i για το προϊόν j σχετικά με το χαρακτηριστικό k
 w_k : το βάρος σημαντικότητας για το χαρακτηριστικό k

Αντικαθιστώντας τη σχέση (2) στην (1), έχουμε:

$$P_{i1} = \frac{\exp(\sum_k w_k b_{i1k})}{\sum_j \exp(\sum_k w_k b_{ijk})} = \frac{e^{V_{i1}}}{\sum_j e^{V_{ij}}} \quad (\text{McFadden-1})$$

Όμοια, ορίζονται και οι εξισώσεις των P_{i2}, \dots, P_{iJ} . Τα βάρη w_k , μπορούν να εξαχθούν από διάφορους υπολογιστικούς αλγορίθμους. Οι Bunch και Batsell σε μία μελέτη τους (1989) υποστηρίζουν τη χρήση των διαδικασιών μέγιστης πιθανότητας.

Το μοντέλο McFadden-1 εκφράζει την τάση του καταναλωτή να ελαχιστοποιήσει τις υπάρχουσες διαφορές στις προτιμήσεις του όσον αφορά τα προϊόντα της Αγοράς.

2.3.1.6 Το Πολυωνυμικό Λογιστικό μοντέλο Μικρής Ενίσχυσης

Μία τροποποίηση του προηγούμενου μοντέλου (McFadden-1) είναι η ακόλουθη:

$$P_{ik} = \frac{e^{2V_{ik}}}{\sum_{j \in C} e^{2V_{ij}}} \quad (\text{McFadden-2})$$

Το μοντέλο αυτό εκφράζει την τάση του καταναλωτή να διαχωρίσει ελαφρά τα προϊόντα, με την ενίσχυση του πρώτων, αλλά χωρίς να υποτιμά έντονα τα υπόλοιπα.

2.3.1.7 Το μοντέλο του Pessemier

Μια γενικότερη περίπτωση των μοντέλων των Bradley Terry Luce (1959; 1977), και του Lesourne (1977). αποτελεί το μοντέλο που προτάθηκε από τους Pessemier et. al. (1971). Όπως αναφέρουν οι δημιουργοί του, το μοντέλο για να είναι αξιόπιστο θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- 1) Ύπαρξη πραγματικού ανταγωνισμού ανάμεσα στα προϊόντα της αγοράς, και
- 2) η αγορά θα πρέπει να είναι σταθεροποιημένη.

Σύμφωνα με το μοντέλο, η πιθανότητα $P_{ij}(C)$ να επιλέξει ο καταναλωτής i το προϊόν j μέσα από ένα σύνολο προϊόντων C ισούται με το λόγο της χρησιμότητας U_{ij} , που ο καταναλωτής i προσδοκά να αποκομίσει από την επιλογή του προϊόντος j , υψωμένης σε μια δύναμη α , προς το άθροισμα των χρησιμότητων που αποδίδει ο ίδιος καταναλωτής στο σύνολο των προϊόντων C , υψωμένων στην ίδια δύναμη α .

Το μοντέλο περιγράφεται από τη σχέση:

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}^{\alpha}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{\alpha}}$$

Η αύξηση της τιμής της α τείνει να διαχωρίσει τα περισσότερα από τα λιγότερο προτιμώμενα προϊόντα της αγοράς. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε από τους Silk and Urban (1978) στην ανάπτυξη ενός μοντέλου και μιας νέας μεθοδολογίας, γνωστής ως ASSESSOR, για τον προ-έλεγχο (pre-test market model) της αγοράς στην είσοδο νέων προϊόντων. Στη μεθοδολογία αυτή γίνεται η υπόθεση ότι η τιμή της παραμέτρου α παραμένει σταθερή και μετά την είσοδο στην αγορά του νέου προϊόντος.

Όταν η παράμετρος α λαμβάνει τη τιμή 1 τότε παίρνουμε το μοντέλο του Luce, ενώ όταν είναι $\alpha = 2$ τότε έχουμε το μοντέλο του Lesourne. Όσο το α μεγαλώνει τόσο ενισχύονται η πιθανότητες επιλογής των προϊόντων με τη μέγιστη χρησιμότητα και το μοντέλο τείνει προς τον κανόνα πρώτης επιλογής.

2.3.1.8 Το μοντέλο εύρους χρησιμότητων

Αναφορικά με το προηγούμενο μοντέλο, ο Ματσατσίνης (1995) πρότείνει την εξάρτηση του συντελεστή α από την απόσταση μεταξύ της περισσότερα και της λιγότερο προτιμώμενης επιλογής, η οποία καθορίζεται από τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή των χρησιμότητων, που ένας καταναλωτής αποδίδει στα προϊόντα της αγοράς. Κάθε καταναλωτής εκτιμώντας μια ομάδα προϊόντων αποδίδει χρησιμότητες που προσδοκά να έχει από την αγορά κάθε ενός από αυτά. Η διαφορά των χρησιμότητων μεταξύ του περισσότερα και του λιγότερο προτιμώμενου προϊόντος εκφράζει το βαθμό δυσκολίας του πελάτη να επιλέξει ένα προϊόν για αγορά. Αυτή η διαφορά ονομάζεται εύρος χρησιμότητων και τη συμβολίζεται με δ . Έτσι, όσο μικρότερο είναι το εύρος των αποδιδόμενων χρησιμότητων τόσο πιο δύσκολα μπορεί ο καταναλωτής να επιλέξει ένα προϊόν. Αντίθετα όσο το εύρος των αποδιδόμενων χρησιμότητων

μεγαλώνει τόσο πιο εύκολα ο καταναλωτής μπορεί να επιλέξει ένα προϊόν. Έτσι η τιμή της παραμέτρου α θα δίνεται με βάση τη σχέση:

$$\alpha = U_{i \max} - U_{i \min}$$

Το μοντέλο επομένως περιγράφεται από τη σχέση:

$$P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}^{U_{i \max} - U_{i \min}}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{U_{i \max} - U_{i \min}}}$$

2.3.1.9 Το Λογιστικό μοντέλο εύρους χρησιμότητας

Εισάγοντας το εύρος χρησιμότητας στο πολυωνμικό μοντέλο του McFadden παίρνουμε το παρακάτω μοντέλο (Ματσατσίνης, 1995):

$$P_{ij}(C) = \frac{e^{(U_{i \max} - U_{i \min}) U_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{(U_{i \max} - U_{i \min}) U_{ik}}}$$

2.3.1.10 Μοντέλο μέγιστων χρησιμότητας

Θεωρώντας ότι ο καταναλωτής επιλέγει σε κάθε του αγορά, εκείνα μόνο τα προϊόντα από τα οποία προσδοκά να αποκομίσει τη μέγιστη χρησιμότητα, ο Ματσατσίνης (1995) δημιούργησε ένα νέο μοντέλο. Σύμφωνα με αυτό πιθανότητα αγοράς έχουν εκείνα τα προϊόντα τα οποία ανήκουν στην ομάδα μέγιστων χρησιμότητας. Αντίθετα προϊόντα που ανήκουν στις υπόλοιπες ομάδες δεν συγκεντρώνουν παρά αμελητέες πιθανότητες επιλογής, τις οποίες μπορούμε να θεωρήσουμε ως μηδενικές.

Η ομάδα μέγιστων χρησιμότητας ορίζεται από εκείνα τα προϊόντα των οποίων οι ολικές χρησιμότητες, που τους έχουν αποδοθεί από ένα καταναλωτή, βρίσκονται μέσα στη περιοχή χρησιμότητας η οποία ορίζεται ως εξής:

Για κάθε καταναλωτή i έχουν υπολογισθεί οι ολικές χρησιμότητες που αντιστοιχούν στις n δυνατές επιλογές του (προϊόντα). Αρχικά υπολογίζουμε την απόσταση μεταξύ των επιλογών με τη μέγιστη και την ελάχιστη χρησιμότητα.

$$\delta_i = U_{i \max} - U_{i \min}$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε το εύρος της περιοχής μέγιστων χρησιμότητας:

$$\varepsilon = \delta / \nu - I$$

Ένα προϊόν θα θεωρείται ότι βρίσκεται στη περιοχή μέγιστων χρησιμοτήτων αν η ολική του χρησιμότητα βρίσκεται στη περιοχή που ορίζεται μεταξύ των τιμών

$$U_{i \max} \text{ και } U_{i \max} - \varepsilon_i$$

Αν στη περιοχή αυτή βρίσκονται οι χρησιμότητες m προϊόντων τότε η πιθανότητα να επιλεγεί ένα από αυτά είναι ίση με:

$$P_{ij} = 1 / m$$

Επομένως ορίζουμε την πιθανότητα επιλογής σύμφωνα με το μοντέλο μέγιστων χρησιμοτήτων:

$$P_{ij}(j \in C) = 1/m, \quad \text{όταν } U_{i \max} \geq U_{ij} \geq U_{i \max} - \varepsilon_i$$

$$P_{ij}(j \in C) = 0, \quad \text{σε κάθε άλλη περίπτωση}$$

όπου m είναι ο αριθμός των προϊόντων των οποίων οι χρησιμότητες βρίσκονται στη περιοχή μέγιστων χρησιμοτήτων.

2.3.1.11 Μοντέλο ίσων πιθανοτήτων

Το μοντέλο αυτό (Ματσατσίνης, 1995) αποτελεί υποπερίπτωση του προηγούμενου και ισχύει όταν το εύρος των αποδιδόμενων χρησιμοτήτων είναι μικρότερο ή τουλάχιστον ίσο του θ, I . Αυτό σημαίνει ότι οι χρησιμότητες των προϊόντων είναι συγκεντρωμένες σε πολύ μικρό διάστημα και επομένως είναι εξαιρετικά δύσκολο να διακρίνουμε κάποια πρόθεση του καταναλωτή να προτιμήσει ένα από τα προϊόντα. Με το τρόπο αυτό ο πελάτης εκφράζει την αδυναμία του να διαχωρίσει τα προϊόντα της αγοράς και μας πληροφορεί ότι για αυτόν όλα τα προϊόντα έχουν τις ίδιες πιθανότητες επιλογής. Στις περιπτώσεις αυτές η πιθανότητα επιλογής του κάθε ενός από τα προϊόντα θα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_j = \frac{1}{n} \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, n$$

όπου n το πλήθος των προϊόντων της αγοράς.

2.3.2 Σύγκριση μοντέλων καταμερισμού των προτιμήσεων και πρώτης επιλογής

Οι Huber & Moore (1979) συγκρίνοντας το μοντέλο πρώτης επιλογής και τα μοντέλα καταμερισμού των προτιμήσεων BTL και Logit, βρήκαν μεγάλη συμφωνία ανάμεσα

στα αποτελέσματα των BTL και Logit, ενώ και τα δύο μοντέλα παρουσίασαν σημαντικές αποκλίσεις σε σχέση με το μοντέλο πρώτης επιλογής. Μια σημαντική πρακτική διαφορά που εντόπισαν είναι ότι τα πιθανοτικά μοντέλα ξεπερνούν το φαινόμενο της «πλάνης της πλειοψηφίας» (Kuehn & Day, 1962), όπου προϊόντα με υψηλές μέσες χρησιμότητες μπορεί να μην αποτελούν πρώτες επιλογές της πλειοψηφίας των καταναλωτών.

Προϊόντα που δεν βρίσκονται στις πρώτες προτιμήσεις των καταναλωτών κινδυνεύουν, σύμφωνα με το μοντέλο πρώτης επιλογής, να λάβουν μηδενικά μερίδια αγοράς στην προσομοίωση, ακόμα και αν έχουν πολύ υψηλές χρησιμότητες. Έστω για παράδειγμα, ότι έχουμε μια αγορά με τρία προϊόντα και τρεις καταναλωτές, με τις αντίστοιχες χρησιμότητες να φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Προϊόντα Καταναλωτές	A	B	Γ
1	0.8	0.7	0.2
2	0.9	0.8	0.1
3	0.3	0.7	0.9

Στο παραπάνω σενάριο υπολογίζουμε τα μερίδια αγοράς των προϊόντων α) με τον κανόνα της μέγιστης χρησιμότητας και β) με το μέσο όρο των χρησιμοτήτων, και παρατηρούμε σημαντικότερες αποκλίσεις:

	A	B	Γ
Μέγιστη χρησιμότητα	66,67%	0%	33,33%
Μέσος όρος χρησιμοτήτων	38%	40%	22%

Ο κανόνας της μέγιστης χρησιμότητας δίνει μηδενική πιθανότητα επιλογής στο προϊόν B, παρόλο που αυτό λαμβάνει υψηλότερες χρησιμότητες από όλους τους καταναλωτές.

2.3.3 Συμπεριφορά των μοντέλων σε μετασχηματισμούς

Οι Green & Krieger (1988) εξέτασαν τη συμπεριφορά των τριών παραπάνω μοντέλων, όταν εφαρμόζονται προσθετικές και πολλαπλασιαστικές σταθερές στις χρησιμότητες των προϊόντων που λαμβάνουν μέρος στην προσομοίωση. Κανένας μετασχηματισμός από τους δύο δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου πρώτης επιλογής, αφού ο μέγιστος ενός συνόλου αριθμών παραμένει ανεπηρέαστος από αύξοντες μονότονους μετασχηματισμούς.

Η προσθετική σταθερά δεν επηρεάζει το λογιστικό μοντέλο, αλλά στην περίπτωση του BTL το αποτέλεσμα είναι η μείωση της μεταβλητότητας των υπολογιζόμενων πιθανοτήτων επιλογής. Όσο μεγαλύτερη η σταθερά τόσο μειώνεται η μεταβλητότητα, εξομοιώνοντας τις πιθανότητες επιλογής. Από την άλλη, η πολλαπλασιαστική σταθερά αφήνει ανεπηρέαστο το μοντέλο BTL, ενώ στην περίπτωση του λογιστικού όσο μεγαλύτερη της μονάδας γίνεται, τόσο αυξάνεται η μεταβλητότητα των πιθανοτήτων επιλογής, ενισχύοντας τα προϊόντα με τις μεγαλύτερες χρησιμότητες.

2.3.4 Το φαινόμενο της Αναλογικότητας στα μοντέλα καταμερισμού προτιμήσεων

Το μοντέλο του Luce σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει (Bock & Jones 1968; Luce 1977) σχετικά με την απόκλιση των μεριδίων αγοράς που προβλέπει σε σχέση με τα πραγματικά φαίνεται να τα πηγαίνει αρκετά καλά, ειδικά όταν προσομοιώνει την αγορά σε επίπεδο συνόλου και το δείγμα πληθυσμού των καταναλωτών είναι αρκετά μεγάλο. Παρά τις ικανοποιητικές του επιδόσεις, το μοντέλο δεν ενσωματώνει καμιά επίδραση της ομοιότητας μεταξύ των εναλλακτικών, θεωρώντας ότι ένα νεοεισερχόμενο προϊόν θα πάρει ποσοστό από όλα τα υφιστάμενα προϊόντα αναλογικά με τα μερίδια αγοράς τους. Το ίδιο ισχύει για όλα τα μοντέλα καταμερισμού των προτιμήσεων (Lesourne, McFadden κτλ). Το φαινόμενο της αναλογικότητας στην απόκτηση μεριδίων αγοράς είναι ένα πρόβλημα που έχει μελετηθεί εκτεταμένα στην επιστήμη του μάρκετινγκ γνωστό ως Ανεξαρτησία από τις Ασυσχετίστες Εναλλακτικές (Intependence from Irrelevant Alternatives).

Ένα κλασσικό παράδειγμα που εξηγεί το φαινόμενο ΠΑ δίνεται από τους Ben-Akiva & Lerman (1985):

Ένας ταξιδιώτης έχει δύο επιλογές στη διάθεσή του για να καλύψει μια συγκεκριμένη διαδρομή. Να χρησιμοποιήσει το αυτοκίνητό του ή να ταξιδέψει με το μπλε

λεωφορείο. Σε καθεμία από τις δύο επιλογές ο ταξιδιώτης δίνει χρησιμότητα ίση με 0,7 οπότε και τα δύο μέσα έχουν πιθανότητα να επιλεγούν ίση με 0,5.

Έστω ότι εισάγουμε και ένα τρίτο μέσο μεταφοράς, το κόκκινο λεωφορείο, το οποίο εκτός από το χρώμα δεν διαφέρει σε κανένα άλλο χαρακτηριστικό του από το μπλε λεωφορείο. Στην ουσία πρόκειται για δύο πανομοιότυπες εναλλακτικές, οι οποίες προσφέρουν ακριβώς τα ίδια οφέλη (το χρώμα ως χαρακτηριστικό δεν αξιολογείται από τον ταξιδιώτη), άρα η χρησιμότητα και του κόκκινου λεωφορείου θα είναι ίση με 0,7.

Εάν χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο καταμερισμού των προτιμήσεων για τον υπολογισμό των πιθανοτήτων επιλογής για τα τρία μέσα μεταφοράς, θεωρώντας ότι δεν έχει αλλάξει κάτι σε σχέση με τις προτιμήσεις του ταξιδιώτη, θα πάρουμε τα εξής αποτελέσματα:

$$P(\text{αυτοκίνητο}) = 0,33$$

$$P(\text{μπλε λεωφορείο}) = 0,33$$

$$P(\text{κόκκινο λεωφορείο}) = 0,33$$

Εφόσον το κόκκινο λεωφορείο δεν προσφέρει κάτι διαφορετικό στον ταξιδιώτη από ότι το μπλε (έστω ότι βάψαμε τα μισά λεωφορεία κόκκινα!), το αναμενόμενο αποτέλεσμα θα ήταν:

$$P(\text{αυτοκίνητο}) = 0,5$$

$$P(\text{μπλε λεωφορείο}) = 0,25$$

$$P(\text{κόκκινο λεωφορείο}) = 0,25$$

Η παραπάνω κατανομή φαίνεται πιο ρεαλιστική, καθώς η ύπαρξη δύο πανομοιότυπων λεωφορείων (το διαφορετικό χρώμα δεν προσφέρει κάτι επιπλέον στον ταξιδιώτη) είναι λογικό να μην επηρεάζει την πιθανότητα επιλογής του αυτοκινήτου (0,5). Ένα πιο ακραίο παράδειγμα που ενισχύει την υπόθεση αυτή είναι το ότι αν εισάγαμε 9 πανομοιότυπα λεωφορεία διαφορετικού χρώματος, η πιθανότητα επιλογής του αυτοκινήτου σύμφωνα με το μοντέλο καταμερισμού των προτιμήσεων θα έπεφτε στο 0,1.

2.3.5 Αντικατάσταση: Μια αρνητική επίδραση της ομοιότητας

Η θεώρηση ότι ένα νεοεισερχόμενο προϊόν κατακτά μερίδιο αγοράς κυρίως από τα προϊόντα με τα οποία μοιάζει περισσότερο, αποκαλείται η «υπόθεση της ομοιότητας». Ο Tversky (1972) πρώτος προσέγγισε την επίδραση της ομοιότητας ανάμεσα προϊόντα στο μοντέλο του «Απαλοιφή Μέσω Απόψεων» (Elimination by Aspects). Στο μοντέλο αυτό ακολουθείται μια ιεραρχική διαδικασία, σε κάθε στάδιο της οποίας απαλείφονται τα προϊόντα για τα οποία η τιμή σε ένα χαρακτηριστικό τους δεν ξεπερνάει ένα ορισμένο κατώφλι, έως ότου μείνει ένα μοναδικό προϊόν το οποίο και επιλέγεται. Με τον τρόπο αυτό, η επιλογή είναι συνάρτηση των απόψεων (χαρακτηριστικών) των εναλλακτικών, οι τιμές των οποίων καθορίζουν τις πιθανότητες απαλοιφής. Όταν ένα νέο προϊόν διαθέτει παρόμοια χαρακτηριστικά με δύο ή περισσότερα από τα υφιστάμενα, τότε η πιθανότητες απαλοιφής τους είναι παρεμφερείς, με αποτέλεσμα να διαιρείται ισόποσα και η πιθανότητα επιλογής τους. Η εισαγωγή δηλαδή παρόμοιων εναλλακτικών στην αγορά επιδρά αρνητικά στα μερίδια τους (η αρνητική επίδραση της ομοιότητας). Η απαλοιφή μέσω απόψεων είναι ένα αξιόπιστο μοντέλο προσομοίωσης της αγοραστικής συμπεριφοράς, στηριζόμενο σε αρχές από την επιστήμη της ψυχολογίας του καταναλωτή, η πρακτική του όμως εφαρμογή είναι ιδιαίτερα δύσκολη έως αδύνατη, αφού απαιτεί την εκτίμηση πολλών και περίπλοκων παραμέτρων.

Έκτοτε έχουν γίνει πολλές προσπάθειες μοντελοποίησης του φαινομένου της αρνητικής επίδρασης της ομοιότητας των εναλλακτικών στις πιθανότητες επιλογής τους, με τρεις επικρατέστερες προσεγγίσεις (Currim 1982):

1. Ιεραρχικά μοντέλα που αναπαριστούν την επιλογή ως μια καθορισμένη διαδικασία διαδοχικών αποφάσεων (McFadden 1980).
2. Γενικευμένα PROBIT μοντέλα, όπου η ομοιότητα προσομοιώνεται ως θετική συνδιακύμανση (covariance) μεταξύ των εναλλακτικών, σε ένα πλαίσιο τυχαίας χρησιμότητας (random utility) (Daganzo 1979).
3. Άμεσες τροποποιήσεις του λογιστικού μοντέλου μέσω της προσθήκης διαφόρων ειδών μεταβλητότητας (σφάλματος) στη συνάρτηση χρησιμότητας του καταναλωτή (Batsel 1980, Huber and Sewall 1982, Urban 1975).

Τα πρώτα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτών των μοντέλων δεν υπήρξαν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Ο Urban (1975) τροποποίησε το μοντέλο PERCEPTOR έτσι ώστε το νεοεισερχόμενο προϊόν να κατακτά μερίδιο αγοράς με δυσανάλογο τρόπο

(περισσότερο από τα παρόμοια προϊόντα και λιγότερο από τα ανόμοια). Οι επιδόσεις του μοντέλου στην πρόβλεψη μεριδίων αγοράς ήταν κατώτερες από τις αντίστοιχες ενός απλού αναλογικού μοντέλου. Επόμενες έρευνες (Batsel 1980, Currim 1982, Huber and Sewall, Train 1976) έδειξαν ότι, ορισμένες τροποποιήσεις αναλογικών μοντέλων ώστε να ενσωματώνουν την αρνητική επίδραση της ομοιότητας μπορούν να βελτιώσουν, σε μικρό όμως βαθμό, την ακρίβεια στην πρόβλεψη μεριδίων αγοράς. Ένα ενδιαφέρον συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν όλες ανεξαιρέτως οι μελέτες, είναι ότι τις χειρότερες επιδόσεις είχαν τα μοντέλα που προσομοιώνουν τις ομοιότητες ανάμεσα στις εναλλακτικές μέσω των τιμών των χαρακτηριστικών τους.

2.3.6 Έλξη: Μια θετική επίδραση της ομοιότητας

Οι χαμηλές επιδόσεις που παρατηρούνται στα μοντέλα που υιοθετούν την αρνητική επίδραση της ομοιότητας μεταξύ των εναλλακτικών οφείλονται, σύμφωνα με τους Huber & Puto (1983), στο φαινόμενο της «έλξης». Η λέξη αυτή χρησιμοποιήθηκε ως σχήμα λόγου για να περιγράψει την κατάσταση όπου, η εισαγωγή ενός νέου προϊόντος μπορεί να αυξήσει την ελκυστικότητα των υφιστάμενων προϊόντων της αγοράς που του μοιάζουν περισσότερο. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά σε μια μελέτη των Huber et al (1982), όπου η εισαγωγή μιας εναλλακτικής η οποία μοιάζει αρκετά αλλά ταυτόχρονα κυριαρχείται (υστερεί σε όλες τις τιμές των χαρακτηριστικών της) από μία υφιστάμενη, μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα επιλογής της τελευταίας. Στη μελέτη τους οι Huber and Puto έδειξαν ότι, τόσο σε ατομικό όσο και σε ομαδικό επίπεδο, με την εισαγωγή μιας νέας εναλλακτικής παρατηρείται μια μικρή αύξηση των προτιμήσεων για τις κοντινές σε αυτή εναλλακτικές, ανεξάρτητα από φαινόμενα κυριαρχίας. Η διαπίστωση αυτή παραβιάζει την *κανονικότητα* (η πιθανότητα επιλογής μιας εναλλακτικής δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αυξηθεί με την εισαγωγή μιας νέας), μια ιδιότητα η οποία υιοθετείται από τη συντριπτική πλειοψηφία των μοντέλων επιλογής.

Για την ακρίβεια, η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι, με την εισαγωγή νέου προϊόντος πράγματι λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της έλξης, σε συνδυασμό όμως με το φαινόμενο της αντικατάστασης. Συγκεκριμένα, ένα γενικό φαινόμενο έλξης παρατηρείται σε πρώτη φάση, όπου η έλευση του νέου προϊόντος δημιουργεί μια ευρύτερη αύξηση του ενδιαφέροντος για παρεμφερή προϊόντα. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα ένα *τοπικό* φαινόμενο αντικατάστασης, η έκταση του οποίου είναι

συνάρτηση της ομοιότητας μεταξύ του νέου και των υφιστάμενων προϊόντων. Έτσι η έλξη λειτουργεί θετικά για τα παρόμοια προϊόντα ενώ η αντικατάσταση αρνητικά, μετριάζοντας η μια τα αποτελέσματα της άλλης. Η ανταγωνιστική φύση των δύο φαινομένων εξηγεί τις σχετικά καλές επιδόσεις των μοντέλων που υιοθετούν την αναλογικότητα και την υστέρηση των αντίστοιχων που βασίζονται στην αντικατάσταση, ενώ παράλληλα διατηρείται και η ιδιότητα της κανονικότητας, η οποία παραβιάζεται από την έλξη. Η διαπίστωση αυτή όμως δεν ενισχύει την αναλογικότητα ως την κατάλληλη προσέγγιση στα μοντέλα επιλογής. Αντίθετα μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία θα πρέπει, σύμφωνα με τον Payne (1982), να μοντελοποιεί την έλξη ως ένα πρώτο στάδιο προσαρμογής, όπου οι κοντινές στη νεοεισερχόμενη εναλλακτικές υφίστανται μια μικρή αύξηση στην πιθανότητα επιλογής τους. Στη συνέχεια μπορεί να εφαρμοστεί ένα από τα γνωστά μοντέλα που ενσωματώνουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα στα όμοια προϊόντα.

2.3.7 Επίπεδο Ολοκλήρωσης

Οι καταναλωτές είναι διαφορετικοί. Οι καταναλωτές ποικίλουν σε σχέση με την προσωπικότητά τους, τις αξίες, τις προτιμήσεις και διάφορα άλλα χαρακτηριστικά. Ως συνέπεια αυτών των διαφορών, ένα μοντέλο που περιγράφει ικανοποιητικά τη συμπεριφορά ενός καταναλωτή, μπορεί να είναι ακατάλληλο για έναν άλλο.

Η αγοραστική συμπεριφορά των καταναλωτών μοντελοποιείται μέσω της συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία προσδιορίζει το όφελος που προσδοκά να αποκομίσει ο υποψήφιος αγοραστής από ένα προϊόν. Η συνάρτηση χρησιμότητας μπορεί να υπολογιστεί για τρία διαφορετικά επίπεδα: α) το ατομικό, β) το σύνολο της αγοράς, γ) ένα ομογενές τμήμα της αγοράς.

Στην πρώτη περίπτωση οι παράμετροι της συνάρτησης χρησιμότητας υπολογίζονται για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά. Η προσέγγιση αυτή απαιτεί τη συλλογή αρκετά αναλυτικών δεδομένων για κάθε άτομο, καθώς και τον υπολογισμό μεγάλου αριθμού παραμέτρων, γεγονός που αυξάνει σημαντικά την πολυπλοκότητα του μοντέλου. Για τη μείωση της πολυπλοκότητας συνήθως περιορίζονται οι βαθμοί ελευθερίας, εις βάρος της σταθερότητας του μοντέλου. Οι μερικές χρησιμότητες υπολογισμένες σε ατομικό επίπεδο είναι αρκετά ασταθείς, παρουσιάζοντας συχνά στρεβλώσεις στις σχέσεις που συνδέουν τα επίπεδα ενός χαρακτηριστικού. Όπως αναφέρει ο Finkbeiner (1997), παρόλο που δεν είναι απαραίτητο η μερική χρησιμότητα της τιμής ενός

προϊόντος να είναι μονότονα φθίνουσα συνάρτηση (πολλοί άνθρωποι πιστεύουν πως παίρνεις ότι πληρώνεις και προτιμούν υψηλότερες τιμές), είναι παράλογο όταν η μερική χρησιμότητα μειώνεται, αυξάνεται, ξαναμειώνεται και αυξάνεται ξανά καθώς η τιμή αυξάνει. Οι μερικές χρησιμότητες συχνά παρουσιάζουν αυτή την ασταθή συμπεριφορά όταν υπολογίζονται σε ατομικό επίπεδο. Από την άλλη, η ανάλυση σε ατομικό επίπεδο παρέχει τη μέγιστη ευελιξία στη προσομοίωση της ετερογένειας των καταναλωτών, παρέχοντας με τον τρόπο αυτό τα πιο ακριβή αποτελέσματα.

Στη δεύτερη περίπτωση υπολογίζεται μια και μοναδική συνάρτηση χρησιμότητας για όλη την αγορά, ομαδοποιώντας τα δεδομένα από το σύνολο των καταναλωτών που ανήκουν σε αυτή. Οι παράμετροι της συνάρτησης σε αυτή την περίπτωση συνήθως ακολουθούν μια ορισμένη κατανομή ανάμεσα στα άτομα που αποτελούν την αγορά, προσομοιώνοντας με αυτό τον τρόπο την ετερογένεια μεταξύ των καταναλωτών. Η μέθοδος αυτή υστερεί έναντι της πρώτης, στην ακρίβεια με την οποία καλύπτει τις διαφορές ανάμεσα στα άτομα.

Μια πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση της ετερογένειας του πληθυσμού υφίσταται στην τρίτη περίπτωση, όπου η αγορά χωρίζεται σε ομογενή τμήματα και υπολογίζεται μια συνάρτηση χρησιμότητας για κάθε τμήμα, ομαδοποιώντας τα δεδομένα από τα μέλη του συγκεκριμένου τμήματος. Οι καταναλωτές που ανήκουν στο ίδιο τμήμα θεωρείται ότι παρουσιάζουν κοινή συμπεριφορά, οπότε η ετερογένεια καλύπτεται σε ικανοποιητικό βαθμό εάν γίνει σωστή τμηματοποίηση της αγοράς.

2.3.8 Είδη Ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές

Η συνάρτηση χρησιμότητας που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις ενός καταναλωτή μπορεί, όπως είδαμε και προηγουμένως, να γραφτεί στην εξής γενική μορφή:

$$U_{ij} = F_I(X_{ijk} * B_{ik} * C_i) + e_{ij}$$

όπου:

i : $1 \dots I$ καταναλωτές

j : $1 \dots J$ προϊόντα

k : $1 \dots K$ χαρακτηριστικά προϊόντος

U_{ij} : η χρησιμότητα που προσδίδει ο καταναλωτής i στο προϊόν j

F_I : η μορφή της συνάρτησης που προσομοιώνει καλύτερα τον καταναλωτή i

X_{ijk} : η αξία του χαρακτηριστικού k του προϊόντος j για τον καταναλωτή i

B_i : η σημαντικότητα του χαρακτηριστικού k για τον καταναλωτή i

C_i : ένας συντελεστής προσαρμογής για τον καταναλωτή i

e_{ij} : το σφάλμα το οποίο ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή

Στο πλαίσιο της παραπάνω μορφής της συνάρτησης χρησιμότητας οι Desarbo et al (1997) εντοπίζουν τις παρακάτω μορφές ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές:

1. Κάθε καταναλωτής χρησιμοποιεί τις κλίμακες αξιολόγησης με διαφορετικό τρόπο. Η βαθμολογία 7 για έναν καταναλωτή μπορεί να σημαίνει «μέτρια» ενώ για κάποιον άλλο «πολύ καλά». Ο συντελεστής προσαρμογής C αντιπροσωπεύει αυτής της μορφής την ετερογένεια.
2. Κάθε χαρακτηριστικό του προϊόντος έχει διαφορετική βαρύτητα από καταναλωτή σε καταναλωτή. Για έναν ευκατάστατο η ποιότητα μπορεί να έχει μεγαλύτερη σημασία σε σχέση με έναν μικρότερου εισοδήματος που μπορεί να αξιολογεί περισσότερο τη χαμηλή τιμή. Αυτός ο τύπος ετερογένειας αντιπροσωπεύεται από τις σημαντικότητες B των χαρακτηριστικών.
3. Τα άτομα διαφέρουν στον τρόπο που αντιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Ένα κρασί μπορεί να χαρακτηριστεί γλυκό από ένα καταναλωτή και ουδέτερο από έναν άλλο. Η ετερογένεια αυτή καλύπτεται από την αξία X που δίνει ένας καταναλωτής σε ένα χαρακτηριστικό.

Στόχος κάθε μοντέλου επιλογής μάρκας πρέπει να είναι η καλύτερη δυνατή μοντελοποίηση των τριών παραπάνω μορφών ετερογένειας.

2.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (ΓΑ) είναι τεχνικές βελτιστοποίησης οι οποίες βασίζονται στην αρχή «της φυσικής επιλογής» που πρότεινε ο Δαρβίνος πριν πολλά χρόνια. Αποτελούν κατηγορία των Εξελικτικών Αλγορίθμων και παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά από τον Holland (1975). Χρησιμοποιούν πολλά στοιχεία από την επιστήμη της βιολογίας και συγκεκριμένα της γενετικής. Αναπαριστώντας τις μεταβλητές ως γονίδια σε ένα χρωμόσωμα, οι ΓΑ απεικονίζουν μία ομάδα υποψήφιων λύσεων (πληθυσμός) στην επιφάνεια ελέγχου (επιφάνεια ανίχνευσης της βέλτιστης λύσης). Με χρήση φυσικής επιλογής και τελεστών γενετικής, όπως μετάλλαξη και ανασυνδυασμός γονιδίων, βρίσκονται τα χρωμοσώματα με την καλύτερη τιμή *καταλληλότητας* (fitness). Η φυσική επιλογή εγγυάται ότι τα χρωμοσώματα με την καλύτερη καταλληλότητα θα διαδίδονται στους μελλοντικούς πληθυσμούς.

Χρησιμοποιώντας τον τελεστή ανασυνδυασμού γονιδίων, ο ΓΑ συνδυάζει γονίδια από χρωμοσώματα δύο γονέων και παράγει δύο νέα χρωμοσώματα (απογόνους) τα οποία έχουν μεγάλη πιθανότητα να έχουν καλύτερη καταλληλότητα από τους γονείς τους. Η μετάλλαξη επιτρέπει να ελεγχθούν νέες περιοχές της επιφάνειας ελέγχου. Οι ΓΑ βελτιώνουν την καταλληλότητα των χρωμοσωμάτων και μετά από πολλές γενιές θα δημιουργήσουν χρωμοσώματα που θα περιέχουν τις τιμές των υπό βελτιστοποίηση μεταβλητών (επίλυση του προβλήματος βελτιστοποίησης).

2.4.1 Αναπαράσταση του προβλήματος

Το πρώτο ζήτημα που προκύπτει για την υλοποίηση ενός ΓΑ είναι η αναπαράσταση ή κωδικοποίηση των μεταβλητών που πρόκειται να βελτιστοποιηθούν, η οποία έχει μεγάλη επίδραση στη συμπεριφορά του αλγορίθμου, καθώς η βελτιστοποίηση εκτελείται στη βάση αυτής της αναπαράστασης. Η επιλογή της αναπαράστασης εξαρτάται από το είδος του προβλήματος, αφού για να εφαρμόσουμε τον ΓΑ, πρέπει να είμαστε σε θέση να απεικονίσουμε μια λύση από το πεδίο λύσεων του προβλήματος με μορφή γονιδίων. Τα γονίδια πρέπει να βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις (Locus) μέσα σε ένα διάνυσμα το οποίο καλείται χρωμόσωμα και το οποίο πρέπει να αντιστοιχεί σε μια λύση του προβλήματος. Οι πρώτες εφαρμογές ΓΑ ξεκίνησαν με δυαδικές αναπαραστάσεις (κάθε γονίδιο κωδικοποιείται ως μια δυαδική μεταβλητή), ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν και πραγματικές κωδικοποιήσεις, αφήνοντας στα γονίδια μεγαλύτερους βαθμούς ελευθερίας (Deb, 1995). Οι δύο αυτοί τύποι αναπαράστασης διαφέρουν κυρίως στον τρόπο που εκτελούνται οι τελεστές ανασυνδυασμού και μετάλλαξης των γονιδίων.

2.4.2 Λειτουργία των Γενετικών Αλγορίθμων

Τέσσερα είναι τα βασικά βήματα στη λειτουργία ενός Γενετικού Αλγορίθμου:

2.4.2.1 Αρχικοποίηση (Initialization)

Η αρχικοποίηση του ΓΑ γίνεται με τη δημιουργία του αρχικού πληθυσμού των χρωμοσωμάτων, ο οποίος προκύπτει είτε με τυχαίο τρόπο είτε διαταράσσοντας ένα χρωμόσωμα εισόδου. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η αρχικοποίηση δεν είναι κρίσιμος καθώς ο αρχικός πληθυσμός εξελίσσεται και εκτείνεται σε ένα μεγάλο εύρος τιμών των υπό βελτιστοποίηση μεταβλητών (έχει ένα ποικιλόμορφο πληθυσμό). Αν

όμως υπάρχει σαφής γνώση για το σύστημα που πρόκειται να βελτιστοποιηθεί η πληροφορία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μέσω της τυχαίας διαταραχής ενός ή περισσότερων χρωμοσωμάτων εισόδου για την παραγωγή του συνόλου των χρωμοσωμάτων του αρχικού πληθυσμού. Έτσι, ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης δεν χάνει χρόνο εξερευνώντας περιοχές της επιφάνειας ελέγχου οι οποίες δεν παράγουν καλά μοντέλα, ενώ ο αρχικός πληθυσμός παραμένει ποικιλόμορφος.

2.4.2.2 Αξιολόγηση (Evaluation)

Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η αξιολόγηση του πληθυσμού, μέσω της συνάρτησης προσαρμογής (*fitness function*), η οποία υπολογίζει μια τιμή *καταλληλότητας* για κάθε χρωμόσωμα, βάσει της οποίας κρίνεται ποιο χρωμόσωμα παρέχει καλύτερη λύση στο πρόβλημα. Στόχος της συνάρτησης προσαρμογής είναι να εκτιμήσει αριθμητικά τη συμπεριφορά του χρωμοσώματος και να αξιολογήσει την ποιότητά του. Η επιλογή της συνάρτησης προσαρμογής αποτελεί το πιο κρίσιμο βήμα στις εφαρμογές μεθόδων βελτιστοποίησης, όπως οι ΓΑ.

2.4.2.3 Αξιοποίηση (Exploitation)

Ακολουθεί η αξιοποίηση ή το βήμα της φυσικής επιλογής. Στο στάδιο αυτό, τα χρωμοσώματα με τη μεγαλύτερη βαθμολογία καταλληλότητας (*fitness score*) τοποθετούνται μία ή περισσότερες φορές σε ένα υποσύνολο ζευγαρώματος (*mating subset*) με τρόπο κατά το ήμισυ τυχαίο. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την υλοποίηση της αξιοποίησης, διαδικασία κατά την οποία τα χρωμοσώματα με υψηλές βαθμολογίες καταλληλότητας τείνουν να αναπαράγονται μια ή περισσότερες φορές στις μελλοντικές γενιές, ενώ αυτά με χαμηλές βαθμολογίες να απομακρύνονται από τον πληθυσμό.

2.4.2.4 Εξερεύνηση (Exploration)

Το τελευταίο βήμα, η εξερεύνηση, αποτελείται από τις λειτουργίες *ανασυνδυασμού* (*recombination*) και *μετάλλαξης* (*mutation*), οι οποίες υλοποιούνται σε επίπεδο γονιδίων.

2.4.2.4.1 Διασταύρωση (Crossover)

Η λειτουργία του ανασυνδυασμού ενσωματώνει στοιχεία από τη φυσική διαδικασία διασταύρωσης των έμβιων όντων. Υπάρχουν τα χρωμοσώματα-γονείς (parents) τα οποία μεταφέρουν το γενετικό τους υλικό αναμειγμένο στα χρωμοσώματα-απογόνους (offsprings). Συγκεκριμένα, δύο χρωμοσώματα (γονείς) από το υποσύνολο ζευγαρώματος επιλέγονται τυχαία να ζευγαρωθούν. Συνήθως επιλέγεται μία υψηλή πιθανότητα (μεταξύ 0,6 και 0,9) αυτά τα χρωμοσώματα να ανασυνδυάσουν τα γονίδιά τους (ζευγάρωμα). Αν επιτραπεί στους γονείς να διασταυρωθούν, εφαρμόζεται ένας τελεστής ανασυνδυασμού των γονιδίων ο οποίος ανταλλάσσει γονίδια ανάμεσα στους δύο γονείς και παράγει δύο απογόνους, ενώ στην αντίθετη περίπτωση οι γονείς τοποθετούνται στην επόμενη γενιά αμετάβλητοι. Ως τελεστής ανασυνδυασμού των γονιδίων χρησιμοποιείται συνήθως η μέθοδος της *διασταύρωσης* (crossover), οι συνηθέστερες παραλλαγές της οποίας είναι οι εξής:

1. Η διασταύρωση ενός σημείου, όπου επιλέγεται ένα σημείο στο χρωμόσωμα και οι απόγονοι προκύπτουν από την ανταλλαγή των γονιδίων μέχρι εκείνο το σημείο ανάμεσα στους δύο γονείς.
2. Η διασταύρωση δύο σημείων, όπου επιλέγονται δύο σημεία διασταύρωσης για την ανταλλαγή των γονιδίων ανάμεσα στους δύο γονείς.
3. Η ομοιόμορφη διασταύρωση η οποία αποτελεί ένα τελεστή ανασυνδυασμού των γονιδίων, ο οποίος έχει γίνει αρκετά δημοφιλής τελευταία. Σε αυτή τη μέθοδο, εφαρμόζεται ανασυνδυασμός των γονιδίων σε ατομικά γονίδια του χρωμοσώματος με τον κανόνα στριψίματος νομίσματος (κορώνα-γράμματα). Αυτή η μέθοδος διασταύρωσης έχει μία υψηλότερη πιθανότητα να παράγει απογόνους οι οποίοι είναι πολύ διαφορετικοί από τους γονείς τους έτσι η πιθανότητα ανασυνδυασμού των γονιδίων συνήθως τίθεται σε μία χαμηλή τιμή (πχ 0.1). Η πιθανότητα να συμβεί η διασταύρωση είναι επίσης επιλέξιμη και συνήθως τίθεται σε μία χαμηλή τιμή (πχ 0.01) έτσι ώστε να μην καταστρέφονται καλά χρωμοσώματα.

2.4.2.4.2 Μετάλλαξη (Mutation)

Σε αντίθεση με τη διασταύρωση όπου παράγονται νέα χρωμοσώματα από την ανταλλαγή του γενετικού υλικού των γονέων, η λειτουργία της μετάλλαξης αλλάζει τις τιμές ορισμένων γονιδίων από το αρχικό χρωμόσωμα, μεταμορφώνοντας το ουσιαστικά σε ένα νέο. Η πιθανότητα μετάλλαξης ενός γονιδίου είναι συνήθως μικρή

ούτως ώστε το νέο χρωμόσωμα να είναι αρκετά κοντινό με το αρχικό για να μην καταστρέφονται τα καλά χρωμοσώματα. Η πιθανότητα αυτή εξαρτάται από το πλήθος των γονιδίων που αποτελούν ένα χρωμόσωμα και κυμαίνεται συνήθως στο διάστημα $[1/\text{μέγεθος πληθυσμού}, 1/\text{μέγεθος χρωμοσώματος}]$. Η λειτουργία της μετάλλαξης είναι πολύ σημαντική, καθώς παρέχει την δυνατότητα αναζήτησης καλύτερων λύσεων στη γειτονιά των ήδη καλών.

Μετά το βήμα εξερεύνησης, ο πληθυσμός είναι πλήρης από νέα χρωμοσώματα (απογόνους) και επαναλαμβάνονται τα βήματα 2) έως 4). Η διαδικασία αυτή τερματίζεται είτε μετά από ένα συγκεκριμένο αριθμό γενεών, είτε βάσει κάποιου κριτηρίου σύγκλισης.

2.4.3 Εφαρμογές των Γενετικών Αλγορίθμων στο Μάνατζμεντ

Η χρήση των ΓΑ στις οικονομικές επιστήμες και το μάνατζμεντ ξεκίνησε από τις εργασίες των Axelrod (1984) και Miller (1986) και αφορά κυρίως εφαρμογές βελτιστοποίησης και επιχειρησιακής έρευνας. Οι Biethahn & Nissen (1995) παρέχουν μια επισκόπηση των εφαρμογών αυτών. Τα τελευταία χρόνια οι έρευνες έχουν στραφεί στη μελέτη κοινωνικοοικονομικών θεωριών, σε μια προσπάθεια να συσχετιστούν οι συμπεριφορές σε μικροοικονομικό (μικροκοινωνικό) επίπεδο με τα ευρύτερα αποτελέσματα σε μακροοικονομικό (μακροκοινωνικό) επίπεδο. Αναλυτική καταγραφή των εφαρμογών αυτών έχει γίνει από τον Alander (1995).

Όσον αφορά το Μάρκετινγκ οι Γενετικοί Αλγόριθμοι έχουν βρει ευρεία εφαρμογή στα προβλήματα *βέλτιστου σχεδιασμού προϊόντων* (optimal product design), όπου αναζητείται ο βέλτιστος συνδυασμός των τιμών των χαρακτηριστικών που αποτελούν ένα προϊόν για την ικανοποίηση κάποιου κριτηρίου (πωλήσεις, κέρδος κ.α.). Οι Balakrishnan and Jacob (1996) ήταν οι πρώτοι που εφάρμοσαν ΓΑ για την επίλυση του προβλήματος του βέλτιστου σχεδιασμού ενός προϊόντος (single product design problem). Οι Αλεξούδα & Παπαρρίζος επέκτειναν την εφαρμογή των ΓΑ σε προβλήματα βέλτιστου σχεδιασμού μιας γραμμής προϊόντων (Product Line Design Problem) με κριτήριο τη μέγιστη ωφέλεια του αγοραστή (Seller's Marginal Return criterion) το 2001 και με κριτήριο το μέγιστο μερίδιο αγοράς (Share of Choices criterion) το 2004. Οι Steiner & Hruschka (2003) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ΓΑ είναι πρακτικά εφαρμόσιμοι ακόμα και σε προβλήματα όπου κάθε προϊόν αξιολογείται σε πολλά χαρακτηριστικά (κριτήρια), με πολλά επίπεδα τιμών σε κάθε χαρακτηριστικό. Ύστερα από εξαντλητικές δοκιμές διαπίστωσαν ότι οι ΓΑ

εντοπίζουν το ολικό βέλτιστο στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, ενώ σε καμιά περίπτωση δεν αποκλίνουν πάνω από 4% από τη βέλτιστη λύση. Πρόσφατες έρευνες στη χρήση ΓΑ για την επίλυση του προβλήματος του βέλτιστου σχεδιασμού μιας γραμμής προϊόντων έχουν γίνει από τους D'Souza & Simpson (2003), Gruca & Klemz (2003), Balakrishnan & Gupta (2004) και Fruchter et al (2006).

3. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

3.1 Ετερογένεια ανάμεσα στους καταναλωτές

Τρεις ολοκληρωμένοι Προσωμοιωτές Αγοράς έχουν καταγραφεί μέχρι στιγμής στη διεθνή βιβλιογραφία. Καθένας από αυτούς αντιμετωπίζει την αναπαράσταση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές μιας αγοράς με διαφορετικό τρόπο.

3.1.1 Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων SIMOPT

Οι Green & Krieger το 1989 παρουσίασαν το SIMOPT (Simulation and Optimization), ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την τοποθέτηση προϊόντος στην αγορά. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί μοντέλα προσομοίωσης της αγοράς καθώς και μεθόδους βελτιστοποίησης για την τοποθέτηση νέων προϊόντων σε αυτή. Το προϊόν αναπαρίσταται ως ένα σύνολο χαρακτηριστικών, η εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού των οποίων αποτελεί το στόχο του συστήματος. Οι μερικές χρησιμότητες των χαρακτηριστικών του προϊόντος υπολογίζονται μέσω της Ανάλυσης Συζυγιών και χρησιμοποιούνται για των υπολογισμό των ολικών χρησιμότητων των εναλλακτικών. Οι ολικές χρησιμότητες μετατρέπονται στη συνέχεια σε πιθανότητες επιλογής με τη χρήση μοντέλου επιλογής μάρκας, οι οποίες τελικά ανάγονται σε μερίδια αγοράς των υπό μελέτη προϊόντων.

Για τον υπολογισμό των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων γίνεται χρήση του μοντέλου του Pessemier:

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}^{\alpha}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{\alpha}}$$

το οποίο ανάλογα με την τιμή του α μπορεί να προσομοιώσει τα πιο παραδοσιακά μοντέλα επιλογής. Συγκεκριμένα, για $\alpha = 1$ το μοντέλο μετατρέπεται στο BTL μοντέλο καταμερισμού των προτιμήσεων, ενώ όταν το α τείνει στο άπειρο το μοντέλο προσομοιώνει τον κανόνα πρώτης επιλογής.

Η τιμή του α είναι η ίδια για όλους τους καταναλωτές, ενώ για τον υπολογισμό της ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία. Για κάθε τιμή του α μπορούμε από το μοντέλο να υπολογίσουμε υποθετικά μερίδια αγοράς $M'_1(\alpha)$, $M'_2(\alpha)$, ... $M'_n(\alpha)$, όπου n ο αριθμός των προϊόντων της αγοράς.

Υποθέτοντας ότι γνωρίζουμε τα πραγματικά μερίδια αγοράς M_1, M_2, \dots, M_n στόχος είναι η εύρεση του συντελεστή α που ελαχιστοποιεί τις διαφορές μεταξύ των πραγματικών και των υποθετικών μεριδίων αγοράς.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, οι συγγραφείς προτείνουν τέσσερις πιθανούς τρόπους μέτρησης της απόστασης μεταξύ των πραγματικών και των υποθετικών μεριδίων:

1. Chi – squared:
$$\sum_{s=1}^n \frac{(M'_s - M_s)^2}{M_s}$$
2. Εντροπία:
$$\sum_{s=1}^n M_s \ln \frac{M_s}{M'_s}$$
3. Kolmogorov – Smirnov: $\max_s |M_s - M'_s|$
4. Απόλυτη:
$$\sum_{s=1}^n |M_s - M'_s|$$

Εάν υπάρχει κάποιο α τέτοιο ώστε $M = M'(\alpha)$, τότε και οι τέσσερις παραπάνω τρόποι θα οδηγήσουν στο ίδιο α . Σε αντίθετη περίπτωση δεν υπάρχει κάποια ισχυρή θεωρητική βάση για την επιλογή ενός από τους παραπάνω και προτείνεται εξίσου η χρήση των τεσσάρων, με τους συγγραφείς να δείχνουν μια προτίμηση στην εντροπία. Στο σύστημα αυτό έχουμε μια προσαρμογή του μοντέλου επιλογής στα πραγματικά μερίδια αγοράς, υπολογίζοντας κατάλληλες τιμές για τον συντελεστή α . Η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι στις περισσότερες περιπτώσεις είναι δύσκολο να γνωρίζουμε τα πραγματικά μερίδια αγοράς των υπό μελέτη προϊόντων, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η εφαρμογή της. Αν και το μοντέλο επιλογής υπερτερεί έναντι των παραδοσιακών (BTL, Lesourne κ.α.) λόγω της προσαρμογής του α , το ίδιο μοντέλο χρησιμοποιείται για όλους τους καταναλωτές, με αποτέλεσμα το σύστημα να μην ενσωματώνει κατά το βέλτιστο τρόπο την ετερογένεια ανάμεσα στους καταναλωτές. Επίσης, το μοντέλο του Pessemier το οποίο χρησιμοποιείται ως μοντέλο επιλογής, ανήκει στην κατηγορία των κλασικών μοντέλων καταμερισμού των προτιμήσεων, και γιαυτό πάσχει από το γνωστό φαινόμενο της Ανεξαρτησίας μεταξύ των Ασυσχετίστων Εναλλακτικών (ΙΑ). Εφόσον το μοντέλο επιλογής δεν υφίσταται καμία τροποποίηση ώστε να λάβει υπόψη του τις ομοιότητες μεταξύ των προϊόντων, αντιμετωπίζει το πρόβλημα της αναλογικότητας στην κατάκτηση των μεριδίων αγοράς από τα νέα προϊόντα.

Παρόλα τα μειονεκτήματά του, το σύστημα αποτέλεσε μια καινοτομική εφαρμογή για την εποχή του και άνοιξε το δρόμο για μεταγενέστερες εφαρμογές με ακριβέστερα αποτελέσματα.

3.1.2 Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων VOICE

Οι ίδιοι συγγραφείς (Krieger & Green), παρουσίασαν το 2002 ένα νέο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την τοποθέτηση προϊόντων/υπηρεσιών στην αγορά, με το όνομα VOICE. Το σύστημα χρησιμοποιεί και αυτό την Ανάλυση Συζυγιών ως μέθοδο αποσύνθεσης των προτιμήσεων των καταναλωτών. Τα δεδομένα που απαιτεί το σύστημα ως είσοδο από κάθε καταναλωτή είναι τα εξής:

- Βαθμολογία των χαρακτηριστικών όλων των προϊόντων.
- Βαθμολογία της σημαντικότητας κάθε χαρακτηριστικού (ανεξαρτήτως προϊόντος).
- Βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων.

Η χρήση του συστήματος προϋποθέτει ότι κάθε καταναλωτής έχει ικανή πληροφόρηση για κάθε προϊόν, ώστε να βαθμολογήσει τα χαρακτηριστικά του, αλλά και να δώσει αξιόπιστες πιθανότητες επιλογής.

Ως μοντέλο επιλογής χρησιμοποιείται και εδώ αυτό του Pessemier, με δύο όμως σημαντικές διαφορές σε σχέση με το παλαιότερο σύστημά τους. Ο συντελεστής α υπολογίζεται για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά, ενώ αλλάζουν και τα δεδομένα πάνω στα οποία βασίζεται ο υπολογισμός του α .

Ενώ στο παλαιότερο σύστημά τους χρησιμοποιούνταν τα πραγματικά μερίδια αγοράς για τον υπολογισμό του α , εδώ χρησιμοποιούνται οι βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων. Κάθε καταναλωτής καλείται να δώσει τις πιθανότητες επιλογής για κάθε προϊόν, οι οποίες πρέπει να έχουν ένα συγκεκριμένο σταθερό άθροισμα π.χ. 100. Έτσι ο καταναλωτής μοιράζει 100 μονάδες στα διαθέσιμα προϊόντα, παρέχοντας στην ουσία υποθετικά μερίδια αγοράς.

Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο ο οποίος προσαρμόζει τις βαθμολογίες των σημαντικοτήτων των χαρακτηριστικών που έδωσε κάθε καταναλωτής σε συνδυασμό με την τιμή του συντελεστή α , έτσι ώστε οι πιθανότητες επιλογής που προκύπτουν από το μοντέλο του Pessemier να προσεγγίζουν στο μέγιστο δυνατό βαθμό τις βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων.

Πολλοί ερευνητές αμφισβητούν την ικανότητα του καταναλωτή να παρέχει απευθείας αξιόπιστα δεδομένα όσο αφορά τις σημαντικότητες των χαρακτηριστικών των εναλλακτικών, υποστηρίζοντας ότι τα δεδομένα αυτά επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις εκάστοτε συνθήκες, καθώς και την τρέχουσα σύνθεση του συνόλου επιλογής (τα εκάστοτε διαθέσιμα προϊόντα). Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό και στην επιστήμη της ψυχολογίας ως «αστάθεια των χαρακτηριστικών».

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού, ο αλγόριθμος του συστήματος δέχεται ως είσοδο τις βαθμολογίες όλων των χαρακτηριστικών για κάθε προϊόν, και χρησιμοποιώντας τις βαθμολογίες των σημαντικοτήτων ως αρχικές τιμές, υπολογίζει για κάθε καταναλωτή το βέλτιστο συντελεστή α καθώς και ένα τροποποιημένο σύνολο σημαντικοτήτων, ο συνδυασμός των οποίων προσαρμόζει τα αποτελέσματα του μοντέλου επιλογής στις βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος.

Για την επίλυση του προβλήματος έχουμε τα παρακάτω δεδομένα (σε επίπεδο καταναλωτή):

- w_j , η αρχική (δεδομένη από τον καταναλωτή) σημαντικότητα του χαρακτηριστικό j
- x_{sj} , η βαθμολογία του χαρακτηριστικού j για το προϊόν s
- y_s , το μερίδιο αγοράς του προϊόντος s που δίνεται από τον καταναλωτή μέσω της βαθμολογίας σταθερού αθροίσματος
- b_j , η υπολογιζόμενη από τον αλγόριθμο σημαντικότητα του χαρακτηριστικό j

Για ένα δεδομένο σύνολο σημαντικοτήτων (b_1, b_2, \dots, b_j) και μια τιμή του συντελεστή α , το μερίδιο αγοράς για το προϊόν s που υπολογίζει το μοντέλο είναι:

$$X_s(b, \alpha) = \frac{[\sum_{j=1}^J b_j x_{sj}]^{\alpha}}{\sum_{s=1}^S [\sum_{j=1}^J b_j x_{sj}]^{\alpha}}$$

Με τα παραπάνω δεδομένα το πρόβλημα διατυπώνεται ως εξής:

Ελαχιστοποίηση του $\sum_{s=1}^S |X_s(b, \alpha) - y_s|$ υπό τον περιορισμό $\sum_{j=1}^J |b_j - w_j| / J \leq e$

όπου e είναι η μέση αποδεκτή απόλυτη διαφορά μεταξύ των w_j και b_j , η οποία παρέχεται από τον χρήστη.

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί αναζήτηση πλέγματος (grid search) όπου ο υπολογισμός του συντελεστή α αντιπροσωπεύει τον εξωτερικό βρόγχο και ο υπολογισμός των σημαντικοτήτων τον εσωτερικό, ενώ η εκτίμηση γίνεται για κάθε καταναλωτή

ξεχωριστά. Συγκεκριμένα ο χρήστης εισάγει μια αρχική και μια τελική τιμή του συντελεστή α , καθώς και ένα βήμα Δ , τέτοια ώστε το α να παίρνει τις εξής τιμές:

$$\alpha = \alpha_{\text{αρχικό}}, \alpha_{\text{αρχικό}} + \Delta, \dots, \alpha_{\text{αρχικό}} + R\Delta \leq \alpha_{\text{τελικό}}$$

Ο αλγόριθμος εξετάζει όλες τις $R+1$ τιμές του α στον εξωτερικό βρόγχο και για κάθε τιμή υπολογίζει τις βέλτιστες τιμές των σημαντικοτήτων (b_1, b_2, \dots, b_j).

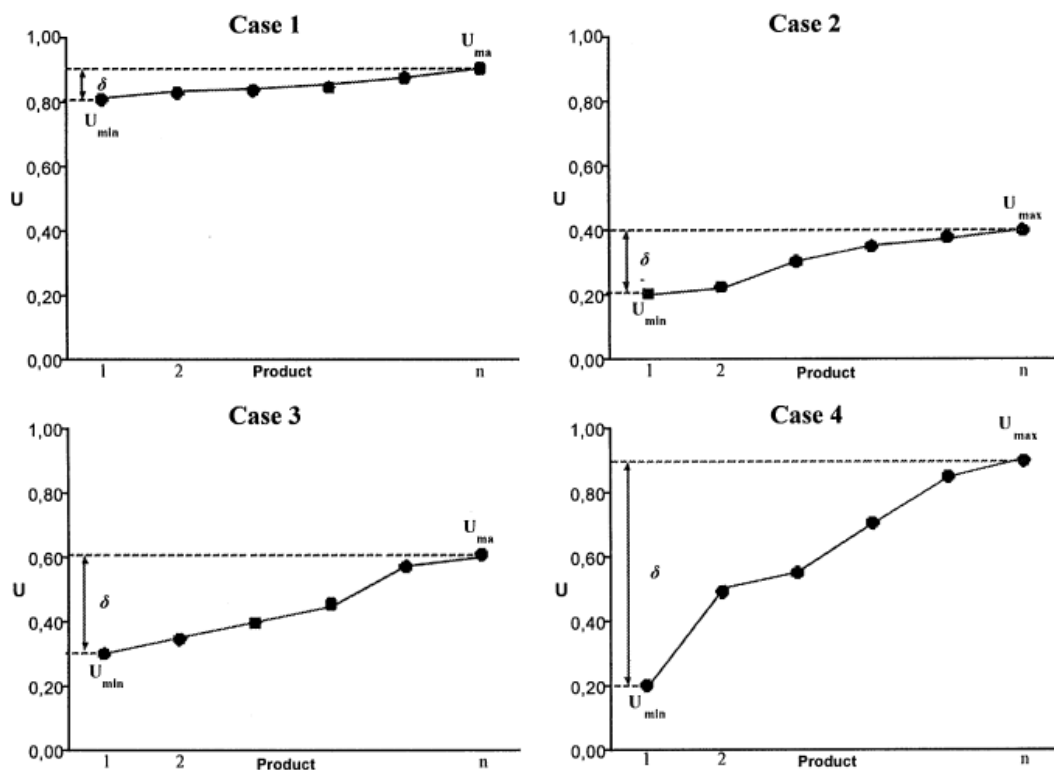
Επειδή ο υπολογισμός του α και των σημαντικοτήτων γίνεται σε ατομικό επίπεδο (για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά), υπάρχει ο κίνδυνος της υπερπροσαρμογής στα δεδομένα από των καταναλωτή μερίδια αγοράς (βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων). Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιείται ο περιορισμός e (μέση αποδεκτή απόλυτη διαφορά μεταξύ των w_j και b_j), ο οποίος δεν επιτρέπει τη διαφοροποίηση σε μεγάλο βαθμό των υπολογιζόμενων από το μοντέλο σημαντικοτήτων από αυτές που δίδονται από τον καταναλωτή.

Στα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι ο ιδιαίτερα ακριβής υπολογισμός του συντελεστή α καθώς και της προσαρμογής των σημαντικοτήτων που παρέχει ο καταναλωτής, με χρήση προχωρημένων τεχνικών βελτιστοποίησης (αναζήτηση πλέγματος). Το μειονέκτημα είναι ότι η παραπάνω διαδικασία βασίζεται στις βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων που παρέχονται από τον ίδιο τον καταναλωτή, δεδομένα των οποίων η αξιοπιστία και η σταθερότητα αμφισβητούνται έντονα από τους ερευνητές, τόσο του μάρκετινγκ όσο και της ψυχολογίας. Σε σχέση με το SIMOPT το VOICE έχει υποστεί σημαντικότερη βελτίωση, αφού υπολογίζει ξεχωριστό μοντέλο επιλογής (λόγω του διαφορετικού συντελεστή α) για κάθε καταναλωτή, αντιμετωπίζοντας με το βέλτιστο δυνατό τρόπο το θέμα της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές. Υστερεί όμως, όπως και ο προκάτοχός του, στην αντιμετώπιση του φαινομένου της Ανεξαρτησίας ανάμεσα στις Ασυσχετίστες Εναλλακτικές, αφού κάνει χρήση του μοντέλου του Pessemier, χωρίς κάποια τροποποίηση που να λαμβάνει υπόψη τις ομοιότητες μεταξύ των προϊόντων.

3.1.3 Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων Markex

Ο Ματσατσίνης (1995) παρουσίασε το σύστημα MARKEX (Matsatsinis & Siskos 1999) το οποίο ολοκληρώνει τεχνολογίες συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και ευφύων συστημάτων, για την διενέργεια προσομοιώσεων αγοράς με στόχο την υποστήριξη αποφάσεων σχετικών με την ανάπτυξη νέων προϊόντων. Το σύστημα

αποτελείται από μια βάση μοντέλων που περιλαμβάνει μεθόδους ανάλυσης δεδομένων, καθώς και την πολυκριτήρια μέθοδο UTASTAR (Siskos & Yannacopoulos, 1985). Τρία ευφυή υποσυστήματα έχουν αναπτυχθεί και ενσωματωθεί στο ολοκληρωμένο σύστημα. Το πρώτο υποστηρίζει την επιλογή της κατάλληλης στατιστικής μεθόδου για την ανάλυση των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του προβλήματος, ενώ το δεύτερο την εκτίμηση της οικονομικής κατάστασης των ανταγωνιστικών εταιρειών. Το τρίτο υποσύστημα υποστηρίζει την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου για την περιγραφή της καταναλωτικής συμπεριφοράς, βάσει των εκτιμώμενων από τη UTASTAR προτιμησιακών μοντέλων. Στο τρίτο αυτό υποσύστημα ο Ματσατσίνης αναγνωρίζει το πρόβλημα ότι, εάν χρησιμοποιηθεί το ίδιο μοντέλο επιλογής μάρκας για όλους τους καταναλωτές, τότε θα πρέπει να θεωρήσουμε ως δεδομένο ότι όλοι οι καταναλωτές έχουν τις ίδιες προτιμήσεις σε σχέση με τα προϊόντα και τα χαρακτηριστικά τους. Οι χρησιμότητες όμως που προκύπτουν ως αποτελέσματα της μεθόδου UTASTAR καταρρίπτουν το παραπάνω επιχείρημα. Η κατανομή των χρησιμοτήτων των εναλλακτικών καθώς και η μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας διαφέρουν σημαντικά από καταναλωτή σε καταναλωτή, ενισχύοντας την υπόθεση ότι οι πελάτες αποφασίζουν ακολουθώντας διαφορετικά μοντέλα προτιμήσεων.



Σχήμα 3.1: Αντιπροσωπευτικές κατανομές συναρτήσεων χρησιμοτήτων

Για παράδειγμα, στην πρώτη περίπτωση (case 1) του σχήματος 3.1 (Matsatsinis & Samaras, 2000) ο καταναλωτής αναθέτει σχεδόν ίδιες τιμές χρησιμοτήτων σε κάθε εναλλακτική, εκφράζοντας με τον τρόπο αυτό την αδυναμία του να επιλέξει ένα προϊόν και να απορρίψει τα υπόλοιπα. Από την άλλη, στην περίπτωση 4 (case 4) του ιδίου σχήματος παρουσιάζεται μια εντελώς διαφορετική κατάσταση, όπου ο πελάτης έχει διαμορφώσει μια διακριτή κατάταξη μεταξύ των εναλλακτικών και δείχνει αρκετά σίγουρος για την τελική του απόφαση.

Οι καταναλωτές διαφέρουν σε σχέση με την προσωπικότητα, τις αξίες, τις προτιμήσεις τους και άλλα χαρακτηριστικά. Επιπλέον, τα διάφορα μοντέλα επιλογής μάρκας διαθέτουν διαφορετική δομή, διαφορετικά χαρακτηριστικά (π.χ. ενσωματώνουν σφάλμα ή όχι), παρουσιάζοντας έτσι, για τα ίδια δεδομένα, διαφορές στα αποτελέσματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μοντέλο που είναι κατάλληλο να αναπαραστήσει τη συμπεριφορά ενός καταναλωτή, να είναι ανεπαρκές να περιγράψει τη συμπεριφορά ενός άλλου. Συμπερασματικά, λόγω της ετερογένειας ανάμεσα στους πελάτες σχετικά με τις προτιμήσεις τους, καθώς και των διαφορετικών χαρακτηριστικών των μοντέλων επιλογής, η βέλτιστη ανάλυση της αγοραστικής συμπεριφοράς απαιτεί την εφαρμογή διαφορετικών μοντέλων επιλογής μάρκας σε διαφορετικούς τύπους καταναλωτών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το πρόβλημα που καλείται να επιλύσει ο αποφασίζων είναι η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου βάσει των χαρακτηριστικών του πελάτη. Πρόκειται για ένα αδόμητο πρόβλημα, αρκετά δύσκολο να επιλυθεί από έναν χρήστη ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων μάρκετινγκ (μάνατζερ). Ο Ματσατσίνης για να δομήσει το παραπάνω πρόβλημα δημιούργησε μια ευρετική μέθοδο, η οποία χρησιμοποιεί δεδομένα σχετικά με την κατανομή των χρησιμοτήτων των εναλλακτικών για να περιγράψει τους διαφορετικούς τύπους καταναλωτών και στη συνέχεια οδηγεί στην επιλογή του κατάλληλου μοντέλου επιλογής μάρκας για καθένα από αυτούς.

Η μέθοδος βασίζεται στην παρατήρηση ότι η τελική απόφαση ενός πελάτη εξαρτάται από δύο παράγοντες:

1. Το εύρος της διαφοράς μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής των εκτιμώμενων χρησιμοτήτων, το οποίο δείχνει την ικανότητα του καταναλωτή να ιεραρχήσει τις προτιμήσεις του και στη συνέχεια να ορίσει το περισσότερο προτιμητέο προϊόν (ή πλήθος προϊόντων).

2. Το είδος της κατανομής των εκτιμώμενων χρησιμοτήτων σε αυτό το εύρος (π.χ. συμμετρική, κυρτή), το οποίο καθορίζει τη συμμετοχή των εναλλακτικών σε ομάδες προτιμήσεων.

Έστω δ η παράμετρος ($0 < \delta \leq 1$) που αναπαριστά τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής των εκτιμώμενων χρησιμοτήτων που αναθέτει ο πελάτης στα υπό μελέτη προϊόντα. Το δ δηλαδή καθορίζει το εύρος των χρησιμοτήτων:

$$\delta = U_{max} - U_{min}$$

Βάσει της τιμής του δ ο Ματσατσίνης ορίζει τέσσερις διακριτές περιπτώσεις καταναλωτικής συμπεριφοράς. Ένα τυπικό παράδειγμα για κάθε περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 3.1, όπου τα προϊόντα αριθμούνται διαδοχικά από 1 έως n , κατά αύξουσα σειρά των τιμών των χρησιμοτήτων τους. Σε κάθε περίπτωση οι καταναλωτές εκφράζουν έναν διαφορετικό τύπο συμπεριφοράς και προτιμήσεων:

Περίπτωση 1 ($0 < \delta \leq 0,1$). Εδώ οι καταναλωτές αναθέτουν σχεδόν ίδιες τιμές χρησιμοτήτων σε όλες τις υπό μελέτη εναλλακτικές, νιώθοντας ανίκανοι να διαχωρίσουν τα προϊόντα μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι προσδοκούν ότι θα αποκομίσουν το ίδιο όφελος από την επιλογή τους, ανεξάρτητα από το ποιά θα είναι αυτή τελικά. Η ιεράρχηση των προτιμήσεων στην περίπτωση αυτή δεν μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή ενός συνόλου προτιμητέων προϊόντων, τα οποία θα υπερτερούν ξεκάθαρα έναντι των υπολοίπων. Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα όπου έξι προϊόντα έχουν τις εξής χρησιμότητες: 0,81 – 0,83 – 0,84 – 0,85 – 0,87 – 0,9. Εξαιτίας των ασήμαντων διαφορών στις προτιμήσεις που εκφράζει ο πελάτης, όλα τα παραπάνω προϊόντα μπορούν να θεωρηθούν καλές επιλογές για αγορά, αφού έχουν όλα υψηλές τιμές χρησιμοτήτων. Σε αντίθετη περίπτωση όπου έχουμε εξίσου χαμηλές χρησιμότητες για όλες τις εναλλακτικές (π.χ. 0,12 – 0,14 – 0,15 – 0,17 – 0,18 – 0,20), ο καταναλωτής εκφράζει και εδώ την ανικανότητά του να επιλέξει κάποια από αυτές ως προτιμότερη, θεωρώντας τες όμως αυτή τη φορά ως κακές επιλογές για αγορά. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις το αποτέλεσμα είναι το ίδιο. Ο πελάτης ακολουθεί στην ουσία μια διαδικασία τυχαίας λήψης απόφασης σχετικά με το προϊόν που τελικά θα επιλέξει.

Περίπτωση 2 ($0,1 < \delta \leq 0,3$). Στην κατηγορία αυτή το εύρος χρησιμοτήτων είναι μεγαλύτερο από πριν. Ο πελάτης αισθάνεται ότι κάποια προϊόντα είναι σημαντικότερα από τα υπόλοιπα, εξακολουθεί όμως να εκφράζει μια δυσκολία στην τελική επιλογή. Δεν μπορεί να ξεχωρίσει τις εναλλακτικές εκείνες που υπερτερούν

εμφανώς σε ορισμένα κριτήρια που αυτός θεωρεί σημαντικά, έτσι και σε αυτή την περίπτωση η τυχαιότητα παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική του απόφαση.

Περίπτωση 3 ($0,3 < \delta \leq 0,6$). Το εύρος χρησιμοτήτων εδώ έχει αυξηθεί πλέον σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη ιεράρχηση των εναλλακτικών. Ακόμα όμως ο καταναλωτής εκφράζει μια, μικρότερη από πριν μεν αξιοσημείωτη δε, δυσκολία στο να διαχωρίσει τα προϊόντα σε διακριτές ομάδες προτιμήσεων.

Περίπτωση 4 ($0,6 < \delta \leq 1$). Πρόκειται για την πιο ξεκάθαρη περίπτωση. Το μεγάλο εύρος χρησιμοτήτων δείχνει ότι ο πελάτης έχει ιεραρχήσει τις εναλλακτικές σε διακριτές ομάδες προτιμήσεων, εκφράζοντας σαφή προτίμηση σε αυτές που βρίσκονται κοντά στη μέγιστη χρησιμότητα, αφήνοντας πολύ μικρές πιθανότητες επιλογής για αυτές που είναι κοντά στην ελάχιστη χρησιμότητα.

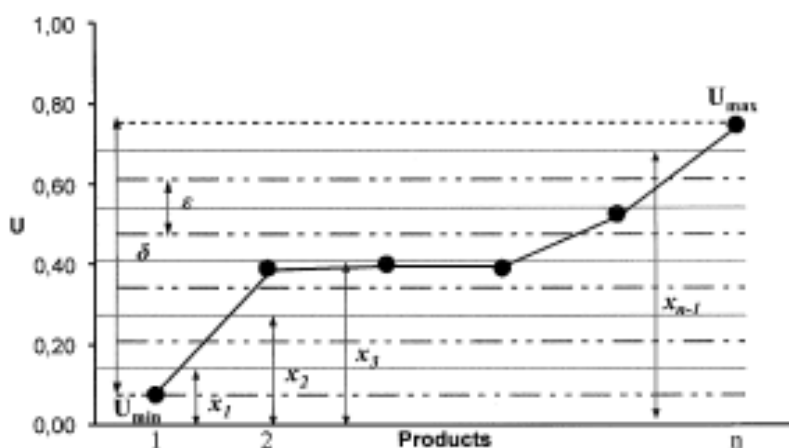
Ο πρώτος λοιπόν διαχωρισμός ανάμεσα στους τύπους καταναλωτικής συμπεριφοράς επιτυγχάνεται βάσει της τιμής του συντελεστή δ . Καθεμιά από τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις μπορεί να μελετηθεί εκτενέστερα, εξετάζοντας τη μορφή της κατανομής των χρησιμοτήτων βάσει δύο στατιστικών μεγεθών: της λοξότητας και της κυρτότητας. Για τον υπολογισμό των μεγεθών αυτών θα χωρίσουμε το εύρος χρησιμοτήτων δ σε $n-1$ ίσα διαστήματα, όπου n ο αριθμός των υπό μελέτη προϊόντων:

$$\varepsilon_i = (U_{nin} + (i - 1)\varepsilon, U_{nin} + i\varepsilon) \quad i = 1, 2, \dots, n - 1$$

όπου $\varepsilon = \delta / n - 1$

Έστω x_i το μέσο καθενός από αυτά τα διαστήματα, δηλαδή:

$$x_i = U_{nin} + (2i - 1)\varepsilon/2 \quad i = 1, 2, \dots, n - 1$$



Σχήμα 3.2: Γραφική αναπαράσταση των χρησιμοποιούμενων παραμέτρων

Μια γραφική αναπαράσταση των παραμέτρων αυτών, χρησιμοποιώντας μια ενδεικτική συνάρτηση χρησιμότητας φαίνεται στο σχήμα 3.2 (Matsatsinis & Samaras, 2000).

Στη συνέχεια υπολογίζεται η συχνότητα f_i των προϊόντων των οποίων η τιμή της χρησιμότητάς τους βρίσκεται στο διάστημα ε_i καθώς και η μέση τιμή μ του συνόλου των συχνοτήτων f_i για $i = 1, 2, \dots, n-1$:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} f_i x_i}{\sum_{i=1}^{n-1} f_i}$$

Η ρ -οστή κεντρική ροπή μιας κατανομής ορίζεται ως εξής:

$$m_\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} f_i (x_i - \mu)^\rho}{\sum_{i=1}^{n-1} f_i}$$

Ο συντελεστής λοξότητας που περιγράφει τη συμμετρία μιας κατανομής μπορεί να οριστεί βάσει της δεύτερης και της τρίτης κεντρικής ροπής:

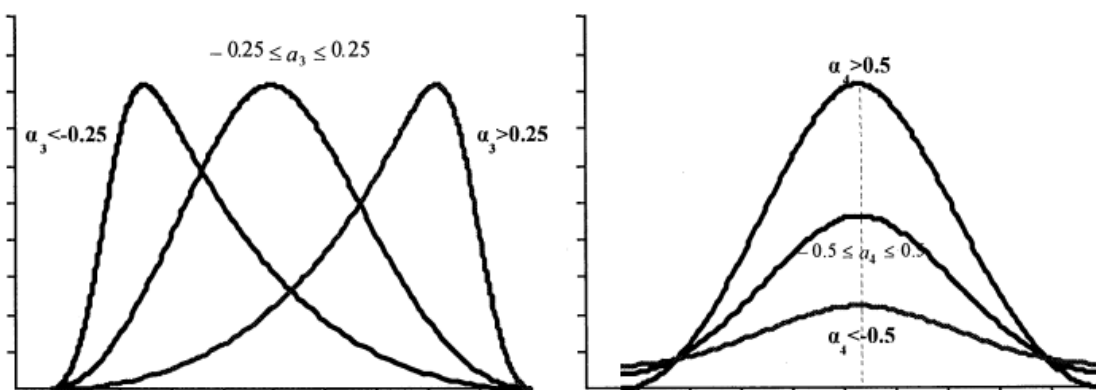
$$l = m_3 / \sigma^3 = m_3 / \sqrt{m_2^3}$$

Ο συντελεστής κύρτωσης μιας κατανομής μπορεί να οριστεί βάσει της δεύτερης και της τέταρτης κεντρικής ροπής:

$$\kappa = m_4 / \sqrt{\sigma^4} - 3 = m_4 / m_2^2$$

Η λοξότητα χαρακτηρίζει το βαθμό συμμετρίας μιας κατανομής γύρω από τη μέση τιμή της. Θετικός συντελεστής λοξότητας περιγράφει μια κατανομή με ασύμμετρη ουρά προς τις μεγαλύτερες τιμές, ενώ αρνητικός συντελεστής περιγράφει αντίστοιχα κατανομή με ασύμμετρη ουρά προς τις μικρότερες τιμές.

Η κυρτότητα μιας κατανομής περιγράφει το πόσο κυρτωμένη είναι σε σχέση με την κανονική κατανομή. Θετικός συντελεστής κύρτωσης αναφέρεται σε σχετικά κυρτωμένη κατανομή (λεπτόκυρτη), ενώ αρνητικός σε σχετικά πλατιά (πλατύκυρτη). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία μια κατανομή χρησιμοτήτων είναι συμμετρική όταν ο συντελεστής λοξότητας παίρνει τιμές στο διάστημα $[-0,25$ έως $0,25]$. Αρνητικά ασύμμετρη κατανομή έχουμε όταν $l < -0,25$, ενώ θετικά ασύμμετρη όταν $l > 0,25$, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3 (Matsatsinis & Samaras, 2000).



Σχήμα 3.3: Παραδείγματα κατανομών για διάφορες τιμές των συντελεστών λοξότητας και κύρτωσης

Όσον αφορά το συντελεστή κύρτωσης, όταν αυτός παίρνει τιμές στο διάστημα $[-0,5$ έως $0,5]$ θεωρούμε την κατανομή των χρησιμοτήτων κανονική. Για $\kappa > 0,5$ η κατανομή είναι κυρτωμένη ενώ για $\kappa < -0,5$ είναι πλατιά.

Ο υπολογισμός της λοξότητας και της κυρτότητας της κατανομής των χρησιμοτήτων για ένα καταναλωτή, μας επιτρέπει να μελετήσουμε διαφορετικά είδη καταναλωτικής συμπεριφοράς για την ίδια τιμή του εύρους χρησιμοτήτων δ . Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση όπου το εύρος χρησιμοτήτων είναι πολύ μικρό ($0 \leq \delta \leq 0,1$) και όλες οι εναλλακτικές αντιμετωπίζονται το ίδιο από τον πελάτη, οπότε δεν μπορεί να γίνει περαιτέρω ανάλυση βάσει της λοξότητας και της συμμετρίας.α.

Αν και η μελέτη της κατανομής των χρησιμοτήτων μας επιτρέπει να καθορίσουμε διαφορετικούς τύπους καταναλωτικής συμπεριφοράς, είναι αρκετά δύσκολο για έναν μάρκετινγκ μάνατζερ να επεξεργαστεί όλους τους παράγοντες που θα τον οδηγήσουν στην επιλογή του κατάλληλου μοντέλου επιλογής μάρκας για κάθε πελάτη. Για το λόγο αυτό ο Ματσατσίνης ανέπτυξε μια βάσης γνώσης αποτελούμενη από κανόνες «Εάν...Τότε», η οποία δέχεται ως δεδομένα τους συντελεστές δ , l και κ για κάθε καταναλωτή και δίνει ως αποτέλεσμα το κατάλληλο μοντέλο. Η βάση γνώσης επιλέγει ανάμεσα σε 8 διαφορετικά μοντέλα τα οποία φαίνονται στον πίνακα 3.4.

Τα αποτελέσματα εκτεταμένων προσομοιώσεων και εμπειρικών παρατηρήσεων οδήγησαν τον συγγραφέα να κατατάξει τα μοντέλα ως προς τη διαχωριστική τους ικανότητα. Ο πίνακας 3.4 παρουσιάζει τα μοντέλα κατά αύξουσα σειρά ως προς τη διαχωριστική τους ικανότητα.

1	Πολυωνυμικό Μοντέλο McFadden-1 (1970)	$P_{ij}(C) = \frac{e^{U_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{U_{ik}}}$
2	Μικρής Ενίσχυσης McFadden-2	$P_{ij}(C) = \frac{e^{2U_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{2U_{ik}}}$
3	Εύρους Χρησιμοτήτων-1 (Ματσατσίνης, 1995)	$P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}^{U_{i\max} - U_{i\min}}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{U_{i\max} - U_{i\min}}}$
4	Εύρους Χρησιμοτήτων-2 (Ματσατσίνης, 1995)	$P_{ij}(C) = \frac{e^{2(U_{i\max} - U_{i\min})}}{\sum_{k \in C} e^{2(U_{i\max} - U_{i\min})}}$
5	Bradley Terry Luce (1959)	$P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}}{\sum_{k \in C} U_{ik}}$
6	Lesourne (1977)	$P_{ij}(C) = \frac{U_{ij}^2}{\sum_{k \in C} U_{ik}^2}$
7	Μέγιστων Χρησιμοτήτων (τροποποίηση Ματσατσίνης, 1995)	$P_{ij}(C) = \begin{cases} \frac{1}{m}, & \text{όταν } U_{i\max} \geq U_{ij} \geq U_{i\max} - \varepsilon_i \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$
8	Ίσων Πιθανοτήτων (Ματσατσίνης, 1995)	$P_{ij}(C) = \frac{1}{m} \quad \text{όταν } U_{i\max} - U_{i\min} \leq 0.1$

Πίνακας 3.4: Μοντέλα επιλογής μάρκας

Το πολυωνυμικό μοντέλο του McFadden παρουσιάζει τη μικρότερη διαχωριστική ικανότητα (ενσωματώνει το μεγαλύτερο σφάλμα σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα), σε αντίθεση με αυτό των μέγιστων χρησιμοτήτων που παρουσιάζει τη μέγιστη. Το όγδοο μοντέλο του πίνακα (ίσων πιθανοτήτων) χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση όπου $0 < \delta \leq 0,1$.

Τη βάση αποτελούν συνολικά 28 κανόνες, οι οποίοι δέχονται ως είσοδο τις τιμές των συντελεστών δ , l και κ και επιστρέφουν ως έξοδο ένα από τα 8 μοντέλα. Όσο μειώνεται το εύρος χρησιμοτήτων δ , τα μοντέλα που προτείνονται ενσωματώνουν μεγαλύτερο σφάλμα. Συγκεκριμένα για το δ έχουμε τέσσερα διαστήματα:

- $0 < \delta \leq 0,1$ Ειδική περίπτωση (μοντέλο 8)
- $0,1 < \delta \leq 0,3$ Μεγάλο σφάλμα (μοντέλα 1-4)
- $0,3 < \delta \leq 0,6$ Μέτριο-Μικρό σφάλμα (μοντέλα 2-6)
- $0,6 < \delta \leq 1$ Μικρό-Καθόλου σφάλμα (μοντέλα 3-7)

Επίσης το σφάλμα αυξάνει όσο μειώνεται η Κύρτωση (κ), για την οποία έχουμε τρία διαστήματα: 1) $\kappa < -0,5$ 2) $-0,5 \leq \kappa \leq 0,5$ και 3) $\kappa > 0,5$.

Τέλος όσον αφορά τη λοξότητα (συντελεστής συμμετρίας l), έχουμε μέγιστο σφάλμα στο διάστημα $-0,25 \leq l \leq 0,25$, μέτριο για $l > 0,25$ και μικρό για $l < -0,25$.

Η προσέγγιση αυτή του Ματσατσίνη ενσωματώνει στο μέγιστο δυνατό βαθμό την ετερογένεια ανάμεσα στους καταναλωτές αφού για κάθε πελάτη έχουμε ξεχωριστό μοντέλο. Επιπλέον, η μεθοδολογία υπερτερεί έναντι αυτής των Krieger & Green (2002), διότι χρησιμοποιεί 8 μοντέλα επιλογής μάρκας τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές δομικές διαφορές στις μαθηματικές εξισώσεις στις οποίες στηρίζονται, σε αντίθεση με αυτή του συστήματος VOICE όπου το μόνο που αλλάζει είναι η τιμή του συντελεστή α . Εξαιτίας του γεγονότος όμως, ότι τα έξι από τα οχτώ είναι μοντέλα καταμερισμού των προτιμήσεων, τα οποία αντιμετωπίζουν το γνωστό πρόβλημα της Ανεξαρτησίας μεταξύ των Ασυσχέτιστων Εναλλακτικών, η προτεινόμενη μέθοδος με τη βάση γνώσης αντιμετωπίζει και αυτή το ίδιο πρόβλημα.

3.2 Ανεξαρτησία από τις Ασυσχέτιστες Εναλλακτικές

Όπως είδαμε στο θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας, στα μοντέλα τυχαίας χρησιμότητας οι χρησιμότητες του προϊόντος υφίστανται τυχαίες διακυμάνσεις ανάμεσα στο σύνολο των καταναλωτών, οι οποίες εκφράζονται ως εξής:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

όπου:

V_{ij} = η μετρήσιμη πραγματική χρησιμότητα

ε_{ij} = η απόκλιση (σφάλμα) στη μέτρηση της V_{ij}

Τα σφάλματα ακολουθούν διαφορετικές κατανομές για κάθε μοντέλο, π.χ. στο πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο του McFadden τα ε_{ij} είναι ανεξάρτητα και ομοιόμορφα κατανεμημένα για όλα τα j και η κατανομή τους είναι διπλή εκθετική. Το αποτέλεσμα της ανεξαρτησίας των σφαλμάτων είναι ότι το μοντέλο του McFadden δεν λαμβάνει υπόψη του με κανένα τρόπο τις ομοιότητες μεταξύ των προϊόντων, οπότε πάσχει από το φαινόμενο της Ανεξαρτησίας από τις Ασυσχέτιστες Εναλλακτικές (ΙΑ).

3.2.1 Μοντέλα με συσχετίσεις μεταξύ των σφαλμάτων

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου ΠΑ έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα τυχαίας χρησιμότητας όπου τα σφάλματα δεν είναι ανεξάρτητα, αλλά επιτρέπονται διαφορών ειδών συσχετίσεις μεταξύ τους, οι οποίες επιτυγχάνονται μέσω της εισαγωγής επιπλέον παραμέτρων. Με τη χρήση των επιπλέον παραμέτρων δημιουργείται μεγαλύτερη συσχέτιση ανάμεσα στα σφάλματα των περισσότερων «όμοιων» προϊόντων, ενώ μεταξύ σχετικά «ανόμοιων» υπάρχει μικρή ή και καθόλου συσχέτιση. Με τον τρόπο αυτό μοντελοποιούνται οι ομοιότητες ανάμεσα στις εναλλακτικές και έτσι όταν εισάγουμε ένα νέο προϊόν σε ένα σύνολο υφισταμένων, αυτό θα κατακτήσει μερίδια αγοράς κυρίως από τα παρόμοια με αυτό προϊόντα και όχι αναλογικά από όλα, όπως ισχύει π.χ. για το μοντέλο BTL.

Μια από τις πρώτες προσπάθειες έγινε με το μοντέλο DOGIT (Gaudry & Dagenais, 1979), το οποίο αποτελεί επέκταση του πολυωνιμικού λογιστικού μοντέλου (LOGIT) ενσωματώνοντας μια πρόσθετη παράμετρο για να προσομοιώσει την ομοιότητα μεταξύ ζευγών προϊόντων:

$$P(i/S) = \frac{e^{V_i} + \theta_i \sum_j e^{V_j}}{(1 + \sum_j \theta_j) \sum_j e^{V_j}} \quad i, j \in S$$

όπου θ_i μια μη αρνητική παράμετρος που αναπαριστά το βαθμό στον οποίο η χρησιμότητα της εναλλακτικής i θα επηρεαστεί από την εισαγωγή μιας νέας εναλλακτικής. Το DOGIT γνώρισε μικρή επιτυχία γιατί α) η παράμετρος θ δεν μοντελοποιείται ως άμεση συνάρτηση των χαρακτηριστικών του προϊόντος και β) λόγω της υπολογιστικής του πολυπλοκότητας. Παρόμοιες επεκτάσεις του LOGIT προτάθηκαν από διάφορους ερευνητές (π.χ. Meyer & Eagle, 1982), όπου γίνεται χρήση επιπρόσθετων παραμέτρων για τη μοντελοποίηση της ομοιότητας ανάμεσα στα προϊόντα, η γενική ιδέα των οποίων περιγράφεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$P(i/S) = \frac{e^{V_i} \theta_i}{\sum_j e^{V_j} \theta_j} \quad i, j \in S$$

Η παράμετρος θ_i παίρνει τιμές από 0 έως 1 και αποτελεί μια αντίστροφη μέτρηση της ομοιότητας μιας εναλλακτικής σε σχέση με το σύνολο των υπολοίπων εναλλακτικών. Ανάλογα με το μοντέλο το θ είτε αντιμετωπίζεται ως μια ενιαία κλιμακούμενη σταθερά που υπολογίζεται εμπειρικά από τα δεδομένα που παρέχουν οι πελάτες, είτε παραμετροποιείται ξεχωριστά συναρτήσει των χαρακτηριστικών των προϊόντων.

Επέκταση του LOGIT παρουσίασε και ο ίδιος ο McFadden σε μια έρευνα του για οικονομετρικά μοντέλα πιθανοτικής επιλογής το 1980. Πρόκειται για το μοντέλο GEV (Generalized Extreme Value) όπου ο καταναλωτής θεωρείται ότι κατηγοριοποιεί το σύνολο των εναλλακτικών S σε r υποσύνολα παρόμοιων εναλλακτικών, έτσι ώστε η Ανεξαρτησία ανάμεσα στις Ασυσχέτιστες Εναλλακτικές να ισχύει ανάμεσα στα προϊόντα μιας υποκατηγορίας αλλά όχι μεταξύ προϊόντων διαφορετικών υποκατηγοριών.

Μια άλλη κατηγορία μοντέλων τυχαίας χρησιμότητας που δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ΠΑ είναι τα Πολυωνομικά Κανονικά MNP (Multinomial Probit). Στα μοντέλα αυτά τα σφάλματα ακολουθούν μια πολυμεταβλητή κανονική κατανομή, η οποία επιτρέπει την αναπαράσταση της αλληλεξάρτησης ανάμεσα στις εναλλακτικές. Τα μοντέλα τυχαίας χρησιμότητας που επιτρέπουν συσχετίσεις μεταξύ των σφαλμάτων, αποτελούν μια καλή λύση στο πρόβλημα της ΠΑ. Το μειονέκτημα τους είναι ότι η εκτίμηση των επιπλέον παραμέτρων απαιτεί ιδιαίτερα πολύπλοκους υπολογισμούς, ενώ όταν οι εναλλακτικές είναι πάνω από 4 το πρόβλημα γίνεται NP-hard. Για το λόγο αυτό τα παραπάνω μοντέλα θεωρούνται κυρίως ως ακαδημαϊκού χαρακτήρα, αφού είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εφαρμοστούν σε πραγματικές συνθήκες.

3.2.2 Μέθοδοι διόρθωσης των αποτελεσμάτων

Μια άλλη προσέγγιση για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ΠΑ, είναι η πραγματοποίηση διορθώσεων στα αποτελέσματα των μοντέλων τα οποία είναι εφαρμόσιμα στην πράξη αλλά πάσχουν από την ΠΑ (BTL, Logit κτλ), έτσι ώστε να λαμβάνουν υπόψη τους τις ομοιότητες ανάμεσα στα προϊόντα.

Σύμφωνα με τον Paffrath (1997), τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιεί μια διορθωτική μέθοδος είναι τα εξής:

1. Μοντελοποίηση της ομοιότητας ανάμεσα στις εναλλακτικές. Πρόκειται για το καθοριστικότερο κριτήριο, σύμφωνα με το οποίο ένα νέο προϊόν πρέπει να κατακτά μεγαλύτερα μερίδια αγοράς από τα σχετικά παρόμοια με αυτό προϊόντα και μικρότερα μερίδια από τα πιο ανόμοια. Στην ακραία περίπτωση, η εισαγωγή ενός πανομοιότυπου προϊόντος στην αγορά θα πρέπει να οδηγεί στην κατά 50% μείωση του μεριδίου του όμοιου του.

2. Εφαρμογή σε ατομικό επίπεδο. Η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται στις πιθανότητες επιλογής που προκύπτουν για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά, γεγονός απαραίτητο για την προσομοίωση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές.
3. Η μέθοδος θα πρέπει να εξαρτάται από το μοντέλο προτιμήσεων του καταναλωτή. Όπως έχει ήδη αναλυθεί προηγουμένως, κάθε καταναλωτής έχει ξεχωριστή δομή προτιμήσεων, δίνοντας διαφορετική βαρύτητα σε κάθε χαρακτηριστικό ενός προϊόντος, γεγονός το οποίο σε συνδυασμό με την εφαρμογή της μεθόδου σε ατομικό επίπεδο, καθιστά απαραίτητη την εξάρτηση της διορθωτικής μεθόδου από τη δομή προτιμήσεων του πελάτη.
4. Η μέθοδος θα πρέπει να εξαρτάται από τις τιμές των χαρακτηριστικών του προϊόντος. Εκτός από τη δομή προτιμήσεων του καταναλωτή, η μέθοδος θα πρέπει να εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, απαίτηση η οποία προκύπτει και από το κριτήριο 1, αν θεωρήσουμε ότι η ομοιότητα ανάμεσα στις εναλλακτικές είναι άμεση συνάρτηση των τιμών των χαρακτηριστικών τους.
5. Το ποσοστό της διόρθωσης θα πρέπει να είναι ανάλογο των μεταβολών του προϊόντος. Μικρές μεταβολές στην τιμή ενός χαρακτηριστικού θα πρέπει να οδηγούν σε αντίστοιχες μικρές μεταβολές του δείκτη ομοιότητας του προϊόντος, οπότε θα έχουμε και ανάλογη μικρή μεταβολή της πιθανότητας επιλογής του. Εάν μια μικρή αύξηση στην τιμή ενός χαρακτηριστικού του προϊόντος επιφέρει δυσανάλογη μεγάλη αύξηση του μεριδίου αγοράς του, τότε τα αποτελέσματα της διορθωτικής μεθόδου είναι ανακριβή.
6. Το μερίδιο ενός προϊόντος δεν μπορεί να αυξάνεται όταν η χρησιμότητα του μειώνεται. Πρόκειται για ένα σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να παρατηρηθεί σε διορθωτικές μεθόδους. Η μείωση της χρησιμότητας μιας εναλλακτικής, λόγω της υποβάθμισης ενός χαρακτηριστικού έχει δύο αποτελέσματα. Πρώτον, η πιθανότητα επιλογής μετά την εφαρμογή του μοντέλου επιλογής μειώνεται, γεγονός απόλυτα φυσιολογικό επειδή το προϊόν θεωρείται χειρότερο από πριν. Δεύτερον, το προϊόν θα γίνει είτε πιο όμοιο είτε πιο ανόμοιο με τα υπόλοιπα προϊόντα της αγοράς. Εάν γίνει πιο ανόμοιο, τότε σύμφωνα με το κριτήριο 1 που αναλύθηκε παραπάνω, το μερίδιο αγοράς του θα υποστεί μια αύξηση από την εφαρμογή της διορθωτικής μεθόδου. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή λόγω της διορθωτικής μεθόδου υπερκεράσει τη μείωση λόγω της μικρότερης χρησιμότητας, θα έχουμε ως αποτέλεσμα την αύξηση στο μερίδιο αγοράς ενός

προϊόντος όταν αυτό γίνεται χειρότερο, γεγονός που αντιτίθεται στις βασικές αρχές του μάρκετινγκ και θα πρέπει να αποφευχθεί.

3.2.2.1 Η μέθοδος της Sawtooth Software

Μια διορθωτική μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε από τη Sawtooth Software (<http://www.sawtoothsoftware.com/technicaldownloads.shtml#acatech>) σε κάποια από τα πρώτα συστήματα προσομοίωσης που κατασκεύασε είναι η εξής:

Αρχικά κωδικοποιούμε τις τιμές των διαφορετικών επιπέδων κάθε χαρακτηριστικού με μια κλίμακα φυσικών αριθμών (1, 2, 3,...) και υπολογίζουμε την ανομοιότητα δύο εναλλακτικών σε ένα χαρακτηριστικό, ως την απόλυτη τιμή της διαφοράς ανάμεσα στους κωδικούς του χαρακτηριστικού, με μέγιστη όμως τιμή το 1. Με άλλα λόγια, αν το χαρακτηριστικό έχει την ίδια τιμή και στα δύο προϊόντα τότε η ανομοιότητα είναι 0, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση είναι 1. Στη συνέχεια αθροίζουμε τις ανομοιότητες όλων των χαρακτηριστικών για να πάρουμε το βαθμό ανομοιότητας ανάμεσα στα δύο προϊόντα. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για όλα τα ζεύγη προϊόντων και δημιουργούμε τον «πίνακα ανομοιότητας», του οποίου κάθε στοιχείο αναπαριστά το βαθμό ανομοιότητας μεταξύ δύο προϊόντων. Στο επόμενο βήμα πολλαπλασιάζουμε όλα τα στοιχεία του πίνακα με την ίδια σταθερά, έτσι ώστε ο μέγιστος βαθμός ανομοιότητας να γίνει 3. Μετατρέπουμε τώρα τον πίνακα ανομοιότητας σε πίνακα ομοιότητας μέσω του παρακάτω μετασχηματισμού για κάθε στοιχείο:

$$S_{ij}=e^{-D_{ij}}$$

όπου:

S_{ij} : ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ των προϊόντων i και j

D_{ij} : ο βαθμός ανομοιότητας μεταξύ των προϊόντων i και j .

Μετά το μετασχηματισμό ο βαθμός ομοιότητας κυμαίνεται στο εύρος τιμών [0,05 έως 1], το οποίο με μια μικρή τροποποίηση μετατρέπεται σε [0 έως 1]. Στη συνέχεια υπολογίζεται ο συνολικός βαθμός ομοιότητας κάθε προϊόντος με όλα τα υπόλοιπα αθροίζοντας τα στοιχεία κάθε στήλης του πίνακα ομοιότητας (ο βαθμός ομοιότητας του πρώτου προϊόντος με όλα τα υπόλοιπα είναι το άθροισμα των στοιχείων της πρώτης στήλης κτλ). Η διόρθωση επιτυγχάνεται διαιρώντας τις πιθανότητες επιλογής κάθε προϊόντος (οι οποίες έχουν προκύψει από κάποιο μοντέλο που πάσχει από την ΠΑ) με το συνολικό βαθμό ομοιότητάς του. Τέλος οι διορθωμένες πιθανότητες

επιλογής όλων των εναλλακτικών κανονικοποιούνται ώστε το άθροισμά τους να είναι ίσο με τη μονάδα.

Έστω για παράδειγμα ότι έχουμε τρία προϊόντα εκ των οποίων τα 1 και 3 είναι πανομοιότυπα και εντελώς ανόμοια με το 2. Ο πίνακας ομοιότητας θα είναι:

1	0	1
0	1	0
1	0	1

Η ολική ομοιότητα για τα προϊόντα 1 και 3 είναι ίση με δύο, ενώ για το 2 είναι ίση με ένα. Με άλλα λόγια η διόρθωση οδηγεί στη μείωση κατά 50% των πιθανοτήτων επιλογής των 1 και 3. Άρα η διορθωτική μέθοδος είναι σύμφωνη με το κριτήριο 1 του Paffrath, ενώ ικανοποιεί και την ακραία περίπτωση, αφού η ύπαρξη δύο πανομοιότυπων προϊόντων οδηγεί στη μείωση του μεριδίων τους στο ήμισυ. Αν και η εφαρμογή στα συστήματα της Sawtooth έγινε στο σύνολο της αγοράς η μέθοδος μπορεί χωρίς τροποποίηση να εφαρμοστεί και σε ατομικό επίπεδο, ικανοποιώντας έτσι το κριτήριο 2.

Η μέθοδος δεν λαμβάνει υπόψη της τη δομή προτιμήσεων του καταναλωτή. Εάν για παράδειγμα δύο εναλλακτικές διαφέρουν σε ένα μόνο χαρακτηριστικό, το οποίο όμως για ένα συγκεκριμένο πελάτη έχει μηδενική βαρύτητα, τότε ενώ για τον πελάτη οι δύο εναλλακτικές είναι πανομοιότυπες, η μέθοδος αποδεικνύεται ανακριβής υπολογίζοντας δείκτη ομοιότητας μικρότερο της μονάδας. Άρα το κριτήριο 3 δεν ικανοποιείται. Το κριτήριο 4 προφανώς ικανοποιείται, διότι ο βαθμός ομοιότητας εξαρτάται αποκλειστικά από τις τιμές των χαρακτηριστικών.

Εάν μια εναλλακτική έχει υψηλό βαθμό ομοιότητας τότε, λόγω της μορφής της συνάρτησης μετασχηματισμού της ανομοιότητας σε ομοιότητα ($S_{ij}=e^{-D_{ij}}$), μια μικρή μείωση στην τιμή ενός χαρακτηριστικού της μπορεί να προκαλέσει δυσανάλογη μεγάλη μείωση στο συντελεστή ομοιότητας της, άρα οι επιδόσεις της μεθόδου στο πέμπτο κριτήριο δεν είναι ικανοποιητικές. Στην ίδια περίπτωση, η αύξηση στην πιθανότητα επιλογής της εναλλακτικής λόγω της διορθωτικής μεθόδου (η εναλλακτική γίνεται πιο διαφορετική από τις υπόλοιπες άρα μειώνεται ο συντελεστής ομοιότητας της) μπορεί να υπερκεράσει τη μείωση λόγω της μικρότερης τιμής της χρησιμότητας της, άρα το κριτήριο 6 παραβιάζεται.

3.2.2.2 Η μέθοδος του Gutsche

Ο Gutsche (1994) προτείνει μια διορθωτική μέθοδο παρόμοια με την προηγούμενη, η οποία όμως για τον υπολογισμό της ομοιότητας κάνει χρήση όχι των τιμών των χαρακτηριστικών αλλά των μερικών τους χρησιμοτήτων. Παρουσιάζει μάλιστα εναλλακτικές εφαρμογές, τόσο σε ατομικό όσο και σε επίπεδο συνόλου. Στη μέθοδο αυτή αντί για μετατροπή των ανομοιοτήτων υπολογίζονται απευθείας οι ομοιότητες. Για έναν καταναλωτή (εφαρμογή σε ατομικό επίπεδο), κάθε στοιχείο του πίνακα ομοιότητας προκύπτει από τον παρακάτω τύπο:

$$S_{ij}=1-\sum_k |U_{ik} - U_{jk}|$$

όπου:

S_{ij} : ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ των προϊόντων i και j

$k=1, 2, \dots$: το πλήθος των χαρακτηριστικών στα οποία αξιολογούνται τα προϊόντα

U_{ik} : η μερική χρησιμότητα του χαρακτηριστικού k για το προϊόν i

Για τον υπολογισμό των συνολικών βαθμών ομοιότητας κάθε προϊόντος με όλα τα υπόλοιπα αθροίζονται τα στοιχεία κάθε στήλης του πίνακα ομοιότητας. Στη συνέχεια κανονικοποιούμε κάθε βαθμό ομοιότητας διαιρώντας τον με το άθροισμα των βαθμών ομοιότητας. Το μέγεθος που προκύπτει μετά την κανονικοποίηση αντιπροσωπεύει, σύμφωνα με τον Gutsche, την επίδραση του προϊόντος στο συνολικό βαθμό ομοιότητας της αγοράς και χαρακτηρίζεται ως «εμπειρική σχετική ομοιότητα». Ο συντελεστής διόρθωσης της μεθόδου αυτής υπολογίζεται ως εξής:

$$CF_i = 1 - \left(\frac{S_i}{\sum_{j=1}^n S_j} - \frac{1}{n} \right)$$

όπου:

CF_i : ο συντελεστής διόρθωσης για το προϊόν i

S_i : ο συνολικός βαθμός ομοιότητας του προϊόντος i

n : το πλήθος των προϊόντων

Η διόρθωση επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας την πιθανότητα επιλογής μιας εναλλακτικής με τον αντίστοιχο συντελεστή CF .

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος με τον υπολογίζεται ο βαθμός ομοιότητας όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σε επίπεδο συνόλου της αγοράς. Ο Gutsche υποστηρίζει ότι η ομοιότητα ανάμεσα σε δύο προϊόντα δεν εξαρτάται μόνο από τις αποστάσεις μεταξύ των μερικών χρησιμοτήτων των χαρακτηριστικών τους, αλλά και από τη διακύμανση

των χρησιμοτήτων αυτών στο συνολικό δείγμα της αγοράς. Η ιδέα είναι ότι σχετικά μεγάλη διακύμανση συνεπάγεται σχετικά μικρή ομοιότητα και αντίστροφα. Έτσι ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ δύο προϊόντων δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$S_{ij} = \sum_k \left(1 - \frac{1}{m^2} \sum_{f=1}^m \sum_{g=1}^m |U_{fik} - U_{gjk}| \right) - 1$$

όπου:

S_{ij} : ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ των προϊόντων i και j

$k=1, 2, \dots$: το πλήθος των χαρακτηριστικών στα οποία αξιολογούνται τα προϊόντα

f, g : καταναλωτές

m : το πλήθος των καταναλωτών

U_{fik} : η μερική χρησιμότητα του χαρακτηριστικού k για το προϊόν i από τον καταναλωτή f

Στη συνέχεια ακολουθούνται τα ίδια βήματα όπως και στην περίπτωση της εφαρμογής σε ατομικό επίπεδο.

Η παραπάνω μέθοδος είναι σύμφωνη με το κριτήριο 1, στην ακραία περίπτωση όμως όπου δύο προϊόντα είναι πανομοιότυπα και εντελώς διαφορετικά από το τρίτο, η μείωση στις πιθανότητες επιλογής τους θα είναι μικρότερη από 50%. Η κατά το ήμισυ μείωση είναι επιθυμητή σύμφωνα με τον Paffrath, αμφισβητείται όμως από άλλους ερευνητές, ενώ έρχεται και σε αντίθεση με το φαινόμενο της «έλξης» το οποίο αναλύθηκε προηγουμένως στο θεωρητικό υπόβαθρο. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε ατομικό επίπεδο άρα πληροί το κριτήριο 2, όπως επίσης και τα κριτήρια 3 και 4, διότι οι μερικές χρησιμότητες που καθορίζουν τον βαθμό ομοιότητας εξαρτώνται τόσο από τη δομή προτιμήσεων του πελάτη όσο και από τις τιμές των χαρακτηριστικών των εναλλακτικών.

Στο κριτήριο 5 η μέθοδος του Gutsche τα πηγαίνει καλύτερα από αυτή της Sawtooth, αφού μικρές μεταβολές στην τιμή των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος δεν επιφέρουν δυσανάλογες αυξομειώσεις στα μερίδια αγοράς του. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι η συνάρτηση υπολογισμού του βαθμού ομοιότητας είναι γραμμική, σε αντίθεση με αυτή της Sawtooth όπου είναι εκθετική. Παρόλη τη γραμμικότητα στον υπολογισμό της ομοιότητας, όταν μια εναλλακτική χειροτερέψει μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση στην πιθανότητα επιλογής της, εάν ταυτόχρονα αυξηθεί αρκετά η ανομοιοποίητά της. Άρα ούτε αυτή η μέθοδος ικανοποιεί το κριτήριο 6.

4. Το προτεινόμενο μοντέλο

Έχοντας εξετάσει το θεωρητικό υπόβαθρο καθώς και τις προηγούμενες έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τα μοντέλα επιλογής μάρκας και τις προσομοιώσεις αγοράς, θα περιγράψουμε στη συνέχεια μια πλήρη μεθοδολογία για τον υπολογισμό των μεριδίων αγοράς ενός συνόλου προϊόντων. Στόχος είναι να επιτύχουμε τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια στην αναπαράσταση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές, γιαυτό εκτός από διαφορετική συνάρτηση χρησιμότητας για κάθε πελάτη, η μεθοδολογία θα επιλέγει και διαφορετικό μοντέλο επιλογής μάρκας βάσει της δομής των προτιμήσεων του. Επίσης με την προσθήκη κατάλληλης διορθωτικής μεθόδου η οποία θα προσομοιώνει την ομοιότητα μεταξύ των προϊόντων, θα αποφύγουμε τις στρεβλώσεις από το φαινόμενο της ΠΑ, υλοποιώντας έτσι μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία που αντιμετωπίζει ταυτόχρονα τα δύο σημαντικότερα προβλήματα των προσομοιώσεων αγοράς.

4.1 Μέθοδος αξιολόγησης των εναλλακτικών

Σύμφωνα με την προαναφερθείσα βιβλιογραφία, ο συνδυασμός διαφορετικών μεθόδων αξιολόγησης των εναλλακτικών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια του μοντέλου. Στο προτεινόμενο μοντέλο χρησιμοποιούνται συνδυαστικά δύο μέθοδοι αξιολόγησης των προϊόντων από τον πελάτη:

- A) Αξιολόγηση των εναλλακτικών επί τη βάση ομάδας κριτηρίων.
- B) Κατάταξη των προϊόντων από το περισσότερο προς το λιγότερο προτιμητέο.

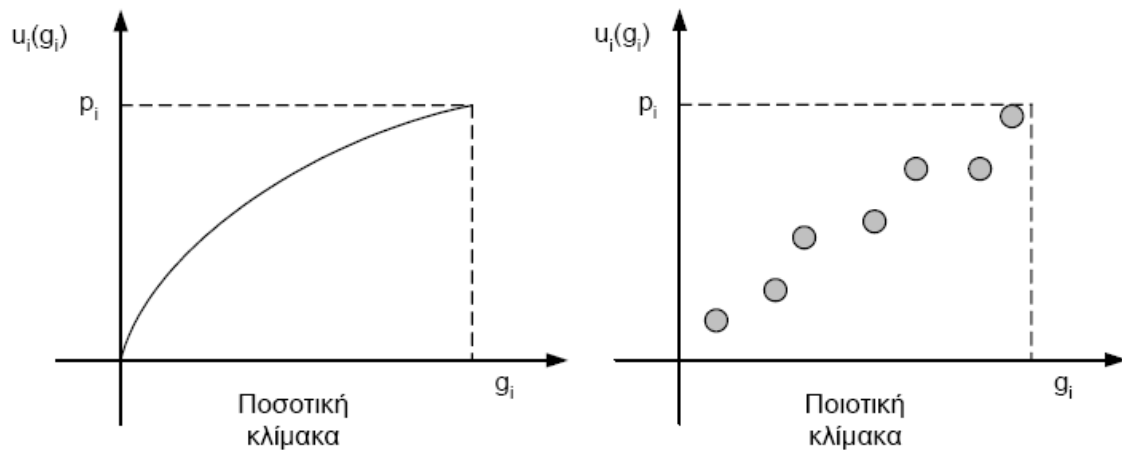
4.2 Μέθοδος εκτίμησης των μερικών χρησιμοτήτων

Οι καταναλωτές παίρνουν αποφάσεις όταν επιλέγουν να αγοράσουν ένα προϊόν μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών, αξιολογώντας τες σε ένα σύνολο κριτηρίων. Η πολυκριτήρια ανάλυση λοιπόν, αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της επιχειρούμενης ανάλυσης συμπεριφοράς του πελάτη. Αναλύοντας τις σχετικές πληροφορίες, που αφορούν τις αποφάσεις που παίρνει μια ομάδα καταναλωτών που μετέχει σε μια έρευνα αγοράς, μπορούμε να οδηγηθούμε σε συμπεράσματα που αφορούν τον τρόπο συμπεριφοράς τους και να ανιχνεύσουμε τα κριτήρια που παίζουν καθοριστικό ρόλο στη συμπεριφορά διαφόρων ομάδων καταναλωτών. Το γεγονός

αυτό μας οδηγεί στη επιλογή μιας μεθόδου αποσύνθεσης προτιμήσεων της οικογένειας των μεθόδων UTA Βάσει της προηγούμενης ανάλυσης, επιλέχθηκε η χρήση της μεθόδου UTASTAR, σημαντικό πλεονέκτημα της οποίας, αποτελεί και το γεγονός ότι έχει δυνατότητα χειρισμού τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών κριτηρίων.

4.2.1 Η χρήση της UTASTAR στο μοντέλο

Έστω $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών που στη προκειμένη περίπτωση είναι το σύνολο των προϊόντων της αγοράς, για το οποίο ένας αριθμός καταναλωτών $J = (1, 2, \dots, p)$ έχει εκφράσει τις προτιμήσεις του πάνω σε μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων g_1, g_2, \dots, g_m , όπου κάθε κριτήριο g παριστά μια μονότονη ποσοτική ή ποιοτική μεταβλητή (σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Μονότονη ποσοτική και ποιοτική μεταβλητή

Έτσι, για κάθε προϊόν $a_i \in A$, το διάνυσμα $g(a_i) = [g_1(a_i), g_2(a_i), \dots, g_m(a_i)]$ αναπαριστά την αποτίμηση του προϊόντος βάσει των κριτηρίων g_i . Ο πελάτης έχει επίσης προδιατάξει τα προϊόντα κατά σειρά επιλογής.

Με βάση τα δεδομένα που αντλούνται από τα ειδικά ερωτηματολόγια που έχουμε στη διάθεσή μας για κάθε καταναλωτή, δημιουργείται για κάθε ένα από αυτούς ο πολυκριτήριος πίνακας της μορφής του πίνακα 4.2, όπου a_i η εναλλακτική i , $r(a_i)$ η προδιάταξη της εναλλακτικής i και $g_m(a_i)$ η τιμή που δίνει ο πελάτης για την εναλλακτική i ως προς το κριτήριο m .

Εναλλακτικές (Προϊόντα)	Προδιάταξη	Κριτήριο g_1	Κριτήριο g_2	...	...	Κριτήριο g_n
a_1	$r(a_1)$	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	...	...	$g_m(a_1)$
a_2	$r(a_2)$	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	...	$g_m(a_2)$
...
...
a_n	$r(a_n)$	$g_1(a_n)$	$g_2(a_n)$	...	...	$g_m(a_n)$

Πίνακας 4.2: Πολυκριτήριο πίνακας για κάθε καταναλωτή

Για το σύνολο των καταναλωτών δημιουργείται ο πίνακας αρχικών εκτιμήσεων, για κάθε προϊόν a_i , $i = 1, 2, \dots, n$, εκτιμώμενων για κάθε κριτήριο g_j , $j = 1, 2, \dots, m$ από ένα πλήθος καταναλωτών $k = 1, 2, \dots, p$. Το πλήθος των εναλλακτικών διακριτών τιμών εκτίμησης κάθε κριτηρίου υπολογίζεται από τη σχέση $s_j = g_j^* - g_{j*} + 1$, όπου με g_j^* συμβολίζεται η καλύτερη εκτίμηση ενώ με g_{j*} η χειρότερη.

Χειρότερη	r_*	g_{1*}	g_{2*}	...	g_{m*}
Καλύτερη	$r^* = 1$	g_1^*	g_2^*	...	g_m^*
Διαστήματα	$s_r = r^* - r_*$	$s = g_1^* - g_{1*} + 1$	$s_2 = g_2^* - g_{2*} + 1$	...	$s_m = g_m^* - g_{m*} + 1$

Πίνακας 4.3: Τιμές εκτίμησης

Ο κανόνας σύνθεσης των n κριτηρίων στη μέθοδο UTASTAR, δίνεται από μια προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας της μορφής:

$$u(g) = u_1(g_1) + u_2(g_2) + \dots + u_m(g_m)$$

Στα δεδομένα του πίνακα αρχικών εκτιμήσεων εφαρμόζουμε τη μέθοδο UTASTAR για τα δεδομένα κάθε καταναλωτή και έτσι προκύπτουν οι αντίστοιχες μερικές χρησιμότητες, $u_i(g_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$. Δημιουργούμε έτσι τον πίνακα μερικών χρησιμοτήτων όπου η τιμή $\max s_j$ αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο αριθμό υποδιαστημάτων όλων των κριτηρίων (τα κριτήρια μπορούν να χωρίζονται σε

διαφορετικό αριθμό υποδιαστημάτων ανάμεσα στην ελάχιστη και στη μέγιστη τους τιμή). Οι μερικές συναρτήσεις χρησιμότητας $u_i(g_j)$ ορίζονται στο διάστημα $[0, 1]$, αφού υποθέτουμε ότι το άθροισμα των βαρών p_i είναι ίσο με τη μονάδα.

Κριτήρια	Μερικές Χρησιμότητες				Max s_j
	1	2	...	...
G_1	$u_1(1)$	$u_1(2)$	...	...	$u_1(s_1)$
G_2	$u_2(1)$	$u_2(2)$	...	...	$u_2(s_2)$
...
...
g_m	$u_m(1)$	$u_m(2)$	...	...	$u_m(s_m)$

Πίνακας 4.4: *Μερικές Χρησιμότητες*

Αν διαιρέσουμε τις μερικές χρησιμότητες $u_i(g_j)$ με την υψηλότερη τιμή p_i (ο συντελεστής βάρους του i κριτηρίου), τότε η συνάρτηση κανονικοποιείται μεταξύ 0 και 1 και ο παράγοντας p_i εκφράζει το σχετικό βάρος του κριτηρίου σε σχέση με τα υπόλοιπα κριτήρια. Επίσης ισχύει ο περιορισμός για τα p_i :

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1$$

ο οποίος επιτρέπει να εκφράζονται τα βάρη των κριτηρίων με τη μορφή ποσοστών. Έτσι, η ολική χρησιμότητα της εναλλακτικής (προϊόντος) $a_i \in A$ υπολογίζεται από σχέση:

$$u[g(a)] = p_1 u_1[g_1(a)] + p_2 u_2[g_2(a)] + \dots + p_n u_n[g_n(a)]$$

Η αλγοριθμική διαδικασία της UTASTAR που ακολουθείται στη συνέχεια για κάθε καταναλωτή χωριστά, αποτελείται σε γενικές γραμμές από τα ακόλουθα βήματα:

- Ο έλεγχος του βαθμού συσχέτισης του μοντέλου με την προδιάταξη του καταναλωτή γίνεται με βάση ένα κριτήριο βελτιστοποίησης του σφάλματος το οποίο επιτρέπει την επίτευξη βέλτιστων συναρτήσεων χρησιμότητας μέσω γραμμικού προγραμματισμού, και του συντελεστή τ του Kendall που παίρνει τιμές από -1 έως 1 και μετράει την απόσταση μεταξύ της προδιάταξης του καταναλωτή και αυτής που προκύπτει από το εκτιμώμενο μοντέλο.

- Γίνεται χρήση ειδικών τεχνικών γραμμικού προγραμματισμού για την επίτευξη λύσης (συνάρτηση χρησιμότητας) ολικού βέλτιστου, και ανάλυση ευστάθειας του ολικού βέλτιστου με στόχο την εξεύρεση χαρακτηριστικών πολλαπλών σχεδόν βέλτιστων λύσεων (ανάλυση μεταβελτιστοποίησης).

4.3 Μοντέλο επιλογής μάρκας

Οι Krieger & Green (2002) χρησιμοποίησαν ως μοντέλο επιλογής μάρκας αυτό του Pessemier (1971)

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}^{\alpha}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{\alpha}}$$

όπου για κάθε πελάτη υπολογίζεται ξεχωριστός συντελεστής α .

Πρόκειται για ένα μοντέλο σταθερής χρησιμότητας, όπου ο κανόνας απόφασης υπόκειται στην τυχειότητα, ενώ οι υποκειμενικές εκτιμήσεις των καταναλωτών για τις εναλλακτικές θεωρούνται σταθερές, οπότε στον υπολογισμό των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων δεν υπεισέρχεται κάποιου είδους σφάλμα.

Ο Ματσατσίνης (1995) χρησιμοποίησε 8 διαφορετικά μοντέλα επιλογής μάρκας, στα οποία περιλαμβάνονται μοντέλα τόσο σταθερής όσο και τυχαίας χρησιμότητας. Η επιλογή του μοντέλου γίνεται με χρήση κανόνων, οι οποίοι ενεργοποιούνται βάσει των τιμών του εύρους, του συντελεστή λοξότητας και του συντελεστή κύρτωσης της κατανομής των χρησιμοτήτων.

4.3.1 Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου επιλογής μάρκας

Η μεθοδολογία για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου που θα παρουσιαστεί στην παρούσα εργασία συνδυάζει στοιχεία και από τις δύο παραπάνω προσεγγίσεις. Για κάθε καταναλωτή χρησιμοποιείται ξεχωριστό μοντέλο επιλογής μάρκας. Συγκεκριμένα προτείνεται η χρήση δύο διαφορετικών μοντέλων, ένα σταθερής χρησιμότητας (Pessemier):

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}^{\alpha}}{\sum_{k \in C} U_{ik}^{\alpha}}$$

και ένα τυχαίας χρησιμότητας (τροποποίηση του πολυωνιμικού λογιστικού μοντέλου του McFadden):

$$P_{ij} = \frac{e^{aU_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{aU_{ik}}}$$

Με τη χρήση των δύο αυτών μοντέλων καλύπτονται τα έξι από τα οχτώ μοντέλα που χρησιμοποίησε ο Ματσατσίνης, αφού από το πρώτο μοντέλο με κατάλληλες τιμές του συντελεστή a προκύπτουν τα μοντέλα 3,5 και 6, ενώ αντίστοιχα για συγκεκριμένες τιμές του a από το δεύτερο μοντέλο προκύπτουν τα 1,2 και 4. Φυσικά υπερκαλύπτεται και η προσέγγιση των Krieger & Green οι οποίοι έκαναν χρήση του πρώτου μοντέλου, με διαφορετικό όμως τρόπο υπολογισμού του a όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Στο πρώτο μοντέλο δεν γίνεται χρήση σφαλμάτων (οι χρησιμότητες των προϊόντων είναι σταθερές), ενώ στο δεύτερο οι χρησιμότητες υφίστανται τυχαίες διακυμάνσεις, μέσω της χρήσης κατάλληλων σφαλμάτων στην κατανομή τους ανάμεσα στους πελάτες. Η επιλογή ανάμεσα στα δύο μοντέλα γίνεται βάσει των τιμών του εύρους της κατανομής των χρησιμοτήτων ενός καταναλωτή (συντελεστής δ).

Ο καταναλωτής εκφράζει τη δυσκολία του να επιλέξει ένα προϊόν όταν αξιολογεί όλες τις εναλλακτικές περίπου το ίδιο. Οι χρησιμότητες δηλαδή που προκύπτουν κατανέμονται σε ένα στενό εύρος τιμών, με αποτέλεσμα το δ να είναι μικρό. Όταν ο πελάτης δεν αισθάνεται σίγουρος για την τελική του επιλογή, η απόφαση που θα πάρει θα ενσωματώνει μεγάλο βαθμό τυχειότητας. Στην περίπτωση αυτή η συμπεριφορά του συγκεκριμένου καταναλωτή περιγράφεται καλύτερα από ένα μοντέλο τυχαίας χρησιμότητας, το οποίο ενσωματώνει σφάλματα στην κατανομή των χρησιμοτήτων.

Αντίθετα, ο πελάτης εκφράζει μεγαλύτερη σιγουριά για την εναλλακτική που τελικά θα επιλέξει όταν καταλήξει σε μια διακριτή ιεράρχηση των προτιμήσεών του σχετικά με τα προϊόντα και τα χαρακτηριστικά τους. Στις εναλλακτικές που προτιμά δίνει υψηλές βαθμολογίες ενώ σε αυτές που απορρίπτει χαμηλές, με αποτέλεσμα οι εκτιμώμενες χρησιμότητες να κατανέμονται σε ένα σχετικά μεγάλο εύρος τιμών. Τότε ο συντελεστής δ είναι σχετικά μεγάλος και η τυχειότητα που υπεισέρχεται στην τελική απόφαση είναι περιορισμένη έως μηδαμινή. Στην περίπτωση αυτή που ο καταναλωτής εμφανίζεται ξεκάθαρος ως προς τις επιλογές του, η συμπεριφορά του μπορεί να περιγραφεί καλύτερα από ένα μοντέλο σταθερής χρησιμότητας, χωρίς τη χρήση σφαλμάτων.

Με βάση τα παραπάνω επιχειρήματα, προτείνεται η επιλογή του πρώτου μοντέλου για το διάστημα $0,6 < \delta \leq 1$, το οποίο σύμφωνα με τον Ματσατσίνη (1995) αποτελεί την πιο ξεκάθαρη περίπτωση ιεράρχησης των καταναλωτικών προτιμήσεων, και του δεύτερου για $0 < \delta \leq 0,6$.

4.3.2 Υπολογισμός του συντελεστή α

Αφού πραγματοποιηθεί η επιλογή ανάμεσα σε μοντέλο με ή χωρίς σφάλμα βάσει της τιμής του δ για ένα καταναλωτή, το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του συντελεστή α του μοντέλου, ο οποίος θα γίνεται για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά, βάσει ορισμένων στατιστικών μεγεθών της κατανομής των χρησιμοτήτων των εναλλακτικών. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν το εύρος των χρησιμοτήτων, η λοξότητα και της κύρτωση της κατανομής. Τα ίδια μεγέθη έχουν χρησιμοποιηθεί όπως είδαμε από τον Ματσατσίνη (1995) ως είσοδο στους κανόνες οι οποίοι αποτελούν τη βάση γνώσης για την επιλογή μοντέλου.

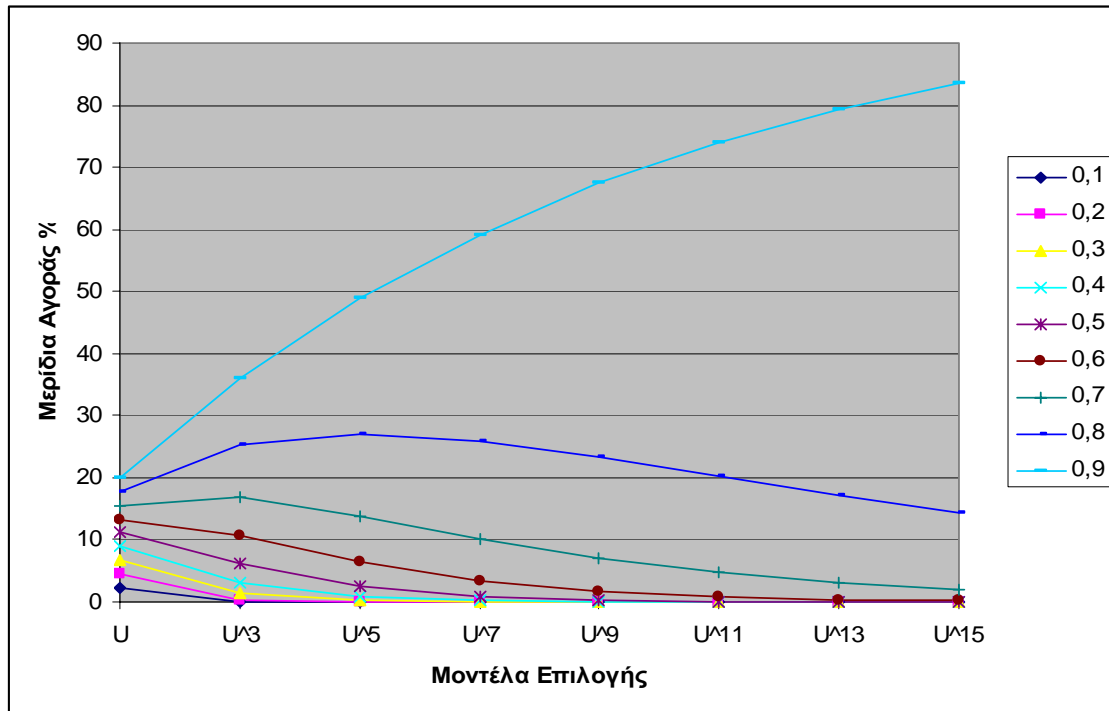
Για να εκτιμήσουμε το είδος της εξάρτησης του α από τα τρία παραπάνω μεγέθη θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά των δύο μοντέλων επιλογής μάρκας (Pessemier και τροποποίηση του McFadden) για διάφορες τιμές του α , εφαρμόζοντας τα σε ένα υποθετικό σενάριο. Θα προσομοιώσουμε έναν καταναλωτή ο οποίος έχει να επιλέξει ανάμεσα σε 9 προϊόντα. Ο καταναλωτής έχει αξιολογήσει τα προϊόντα σε ορισμένα χαρακτηριστικά και έστω ότι οι ολικές χρησιμότητες των προϊόντων οι οποίες προκύπτουν μετά την εφαρμογή της UTASTAR είναι οι εξής:

$$U_1=0,1 \quad U_2=0,2 \quad U_3=0,3 \quad U_4=0,4 \quad U_5=0,5 \quad U_6=0,6 \quad U_7=0,7 \quad U_8=0,8 \quad U_9=0,9$$

Δημιουργήσαμε ένα σενάριο όπου καλύπτεται όλο το εύρος των χρησιμοτήτων, για να μπορέσουμε να αναλύσουμε την συμπεριφορά των μοντέλων συναρτήσει του α σε όλα τα είδη των εναλλακτικών: τις «καλές» (U_7, U_8, U_9), τις «ουδέτερες» (U_4, U_5, U_6) και τις «κακές» (U_1, U_2, U_3). Εφαρμόζουμε πρώτα το μοντέλο του Pessemier στις παραπάνω εναλλακτικές, για τιμές του α από 1 έως 15, ένα εύρος τιμών το οποίο προέκυψε από εκτεταμένη μελέτη της διεθνούς έρευνας στα μοντέλα επιλογής μάρκας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε 8 τιμές για το α :

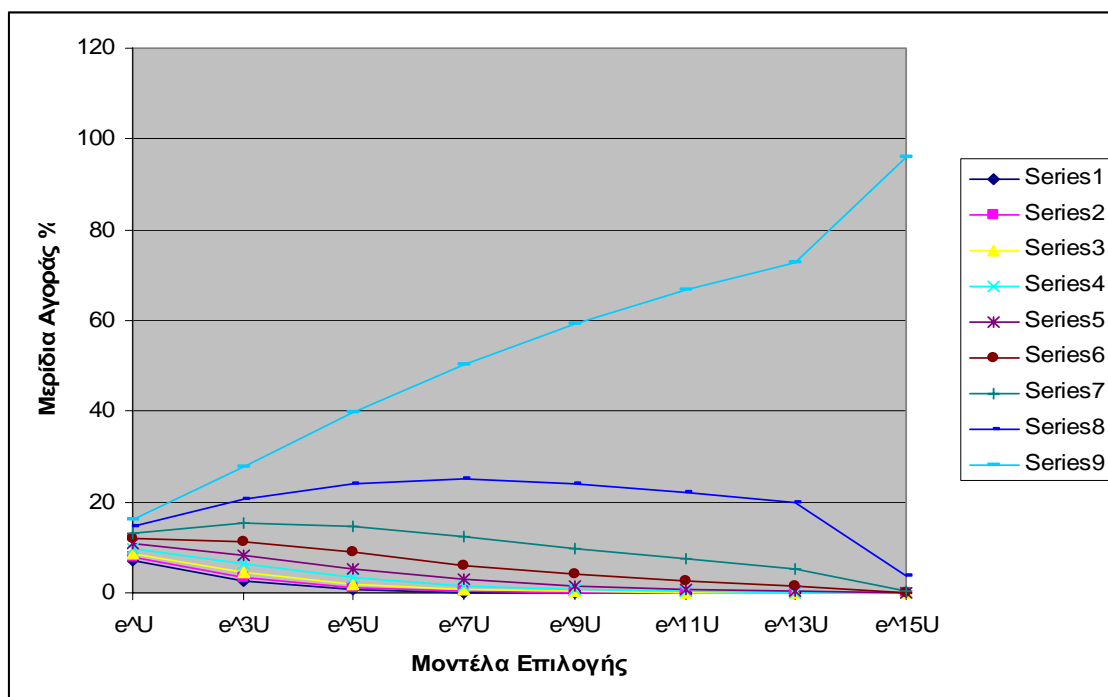
1 3 5 7 9 11 13 15

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διακύμανση των μεριδίων αγοράς των 9 προϊόντων, συναρτήσει των 8 διαφορετικών τιμών του συντελεστή α για το μοντέλο του Pessemier.



Γράφημα 4.5: Η διακύμανση των μεριδίων αγοράς για
 διάφορες τιμές του α στο μοντέλο χωρίς σφάλμα

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η τροποποίηση του μοντέλου του McFadden στις ίδιες εναλλακτικές, για τις ίδιες ακριβώς τιμές του α . Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διακύμανση των μεριδίων αγοράς των 9 προϊόντων, συναρτήσει των 9 διαφορετικών τιμών του συντελεστή α για την τροποποίηση του μοντέλου του McFadden.



Γράφημα 4.6: Η διακύμανση των μεριδίων αγοράς για
διάφορες τιμές του α στο μοντέλο με σφάλμα

Από τα γραφήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι όσο μεγαλώνει η τιμή του α τα μοντέλα τείνουν να αναπαριστούν καλύτερα καταναλωτές με μια καλά ιεραρχημένη δομή προτιμήσεων. Αντίθετα η μείωση των τιμών του α έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των διαφορών στις πιθανότητες επιλογής των προϊόντων, αναπαριστώντας έτσι πελάτες οι οποίοι εκφράζουν δυσκολία στην τελική τους επιλογή. Η διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις του Ματσατσίνη (1995) και την ανάλυση που προηγήθηκε στην παράγραφο 3.1.3, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα μεγέθη α και δ μεταβάλλονται ανάλογα. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι θετική κύρτωση σημαίνει ότι οι τιμές είναι συσσωρευμένες κοντά στη μέση τιμή και ο καταναλωτής δυσκολεύεται να επιλέξει ενώ αρνητική κύρτωση σημαίνει ότι οι τιμές είναι πιο απλωμένες άρα έχουμε μια πιο ξεκάθαρη δομή προτιμήσεων, μπορούμε να συμπεράνουμε αντίστοιχη αναλογία στις μεταβολές του α και του συντελεστή κύρτωσης. Τέλος, θετική λοξότητα σημαίνει ότι ο πελάτης έχει αξιολογήσει ένα μέρος των εναλλακτικών ως καλές επιλογές δίνοντας τους υψηλές χρησιμότητες, γεγονός που συμβαδίζει με υψηλές τιμές του α . Λοξότητα κοντά στο μηδέν δείχνει ένα σύνολο με μέτριες βαθμολογίες για την πλειοψηφία των προϊόντων, κατανομή η οποία αναπαρίσταται από μεσαίες τιμές του α , ενώ αρνητική λοξότητα περιγράφει

ένα πελάτη ο οποίος αξιολογεί αρνητικά τις περισσότερες εναλλακτικές, γεγονός το οποίο υφίσταται για μικρές τιμές του α όπου ελάχιστες εναλλακτικές λαμβάνουν υψηλές τιμές.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε μια αναλογία στις μεταβολές του α και των τριών μεγεθών (εύρος, συντελεστές κύρτωσης και συμμετρίας), οπότε θα μπορούσαμε να υποθέσουμε μια γραμμική σχέση ανάμεσα τους, της μορφής:

$$\alpha = d\delta + c\kappa + l\lambda \quad (1)$$

όπου οι παράμετροι d , c και l εκφράζουν το ποσοστό της εξάρτησης του α από τον κάθε παράγοντα και παίρνουν πραγματικές τιμές. Οι τρεις παράμετροι είναι ίδιες για όλους τους καταναλωτές και ο υπολογισμός τους θα γίνει με συνδυαστική βελτιστοποίηση, έτσι ώστε τα υπολογιζόμενα από το μοντέλο μερίδια αγοράς να προσεγγίσουν όσο το δυνατόν περισσότερο τα πραγματικά. Η βελτιστοποίηση επιτυγχάνεται μέσω γενετικού αλγορίθμου, η χρήση του οποίου αναλύεται στη συνέχεια.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση (1) για τον υπολογισμό του α και βελτιστοποιώντας τις τιμές των τριών παραμέτρων μέσω γενετικού αλγορίθμου, παρατηρήθηκε ότι η τιμή του α επηρεάζεται από την τιμή του δ σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις τιμές των κ και λ . Συγκεκριμένα στις προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν, η μέση τιμή του συντελεστή d κυμάνθηκε γύρω στο 18, ενώ αυτές των c και l δεν ξεπέρασαν το 6 (βλέπε κεφάλαιο 5: Εφαρμογή του μοντέλου). Επίσης παρατηρήθηκε το φαινόμενο ότι όταν η τιμή του d ήταν μικρή, αντίστοιχα μικρές τιμές έπαιρναν και οι τιμές των c και l . Με βάση αυτές τις διαπιστώσεις, μπορούμε να υποθέσουμε ότι το α εξαρτάται κυρίως από το δ , ενώ η εξάρτησή του από τους άλλους δύο παράγοντες εξαρτάται από την τιμή του δ . Μια πιο ρεαλιστική λοιπόν συνάρτηση για το α από την (1) θα μπορούσε να είναι της μορφής:

$$\alpha = \delta(d + c\kappa + l\lambda) \quad (2)$$

Σε περίπτωση που δεν γνωρίζουμε τα πραγματικά μερίδια αγοράς των προϊόντων μπορούν εναλλακτικά να χρησιμοποιηθούν βαθμολογίες σταθερού αθροίσματος των πιθανοτήτων επιλογής των εναλλακτικών, οι οποίες θα προέρχονται από την έρευνα αγοράς. Σε αυτή την περίπτωση η προσαρμογή των παραμέτρων θα γίνει πάνω σε αυτές τις βαθμολογίες για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά. Το υπέρ αυτής της μεθόδου είναι ότι μπορεί να παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια, επειδή για κάθε καταναλωτή υπολογίζονται διαφορετικές τιμές για τις παραμέτρους. Τα μειονεκτήματα είναι ότι

αυξάνουμε το φόρτο των ερωτηθέντων ζητώντας τους επιπλέον πληροφορίες (βαθμολογίες των πιθανοτήτων επιλογής), οι οποίες είναι γενικά δύσκολες στην εκτίμησή τους. Έτσι υπάρχει ο κίνδυνος της υπερπροσαρμογής σε ασταθή δεδομένα, τα οποία επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούν τη στιγμή διεξαγωγής της έρευνας αγοράς. Τα πραγματικά μερίδια αγοράς αποτελούν πολύ πιο σταθερά και αντικειμενικά δεδομένα.

4.3.2.1 Η διαμόρφωση του γενετικού αλγορίθμου

Ένα από τα θέματα-πρόκληση κατά τη χρήση των γενετικών αλγορίθμων είναι η επιλογή των βέλτιστων παραμέτρων ώστε να επιτύχουμε σχετικά γρήγορη σύγκλιση σε μια ικανοποιητική λύση. Η συζήτηση της θεωρίας των ΓΑ δίνει λίγες οδηγίες για την κατάλληλη επιλογή των τιμών αυτών. Το μέγεθος του πληθυσμού, ο ρυθμός μετάλλαξης, και ο τύπος του ανασυνδυασμού των γονιδίων έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση του ΓΑ.

4.3.2.1.1 Αναπαράσταση του προβλήματος

Το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε αφορά στη συνδυαστική βελτιστοποίηση τριών παραμέτρων, οι οποίες λαμβάνουν πραγματικές τιμές. Επιλέγουμε δυαδική κωδικοποίηση για τους γόνους των χρωμοσωμάτων, η οποία με τη χρήση κατάλληλης συνάρτησης μετατροπής από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα μπορεί να αναπαραστήσει πραγματικούς αριθμούς. Κάθε γονίδιο δηλαδή θα παίρνει τιμές 0 ή 1, ενώ κάθε παράμετρος θα αναπαρίσταται από ένα καθορισμένο αριθμό γονιδίων. Η συνάρτηση μετατροπής που θα χρησιμοποιηθεί είναι η ακόλουθη:

$$\Gamma(a_1, \dots, a_L) = x + \frac{y-x}{2^L - 1} \cdot \left(\sum_{j=0}^{L-1} a_{L-j} \cdot 2^j \right) \in [x, y]$$

όπου:

a_1, \dots, a_L : οι γόννοι (L στον αριθμό) που αναπαριστούν τον πραγματικό αριθμό

$\Gamma(a_1, \dots, a_L)$: η τιμή του πραγματικού αριθμού (στο δεκαδικό σύστημα)

$[x, y]$: το πεδίο τιμών του πραγματικού αριθμού

Η ακρίβεια της αναπαράστασης του συγκεκριμένου μετασχηματισμού εξαρτάται από το πλήθος των γονιδίων (L) που θα χρησιμοποιηθούν, αφού μόνο 2^L πραγματικές τιμές μπορούν να αναπαρασταθούν στο διάστημα $[x, y]$. Σε κάθε χρωμόσωμα θα

αναπαρίστανται και οι τρεις παράμετροι, χρησιμοποιώντας για καθεμία καθορισμένο αριθμό γονιδίων σε συγκεκριμένες συνεχόμενες θέσεις, στην εξής λογική:

Γονίδια 1 έως k: πρώτη παράμετρος

Γονίδια k+1 έως m: δεύτερη παράμετρος

Γονίδια m+1 έως n: τρίτη παράμετρος

4.3.2.1.2 Συναρτήσεις Αξιολόγησης

Θα χρησιμοποιήσουμε δύο συναρτήσεις αξιολόγησης. Η πρώτη είναι η **συνάρτηση Αθροιστικής Απόκλισης**, όπου στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των αποκλίσεων όλων των υπολογιζόμενων μεριδίων αγοράς από τα πραγματικά. Η επίδοση (καταλληλότητα) ενός χρωμοσώματος σύμφωνα με αυτή τη συνάρτηση είναι η διαφορά από το 100 αυτού του αθροίσματος:

$$\text{Καταλληλότητα} = 100 - \sum_{n=1}^6 |S_n - S'_n|$$

όπου:

Fitness: η τιμή της καταλληλότητας του χρωμοσώματος με βέλτιστη τιμή το 100

S_n : το πραγματικό μερίδιο αγοράς του προϊόντος n

S'_n : το μερίδιο αγοράς που υπολογίζεται από το μοντέλο για το προϊόν n

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η **συνάρτηση Μέγιστης Απόκλισης**, γνωστή και ως **Απόσταση Tchebycheff**. Σύμφωνα με αυτή επιθυμούμε την ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόκλισης από το στόχο. Άρα για να υπολογίσουμε την καταλληλότητα ενός χρωμοσώματος θα βρούμε ποιο από τα έξι προϊόντα έχει τη μεγαλύτερη διαφορά πραγματικού από υπολογιζόμενου μεριδίου αγοράς και αυτή η απόκλιση θα είναι η τιμή της καταλληλότητας:

$$\text{Καταλληλότητα} = \max |S_n - S'_n|, \quad \text{για } n=1, \dots, 6$$

Στην περίπτωση αυτή καλύτερο χρωμόσωμα είναι αυτό με τη μικρότερη καταλληλότητα.

4.3.2.1.3 Μέγεθος πληθυσμού

Το μέγεθος του πληθυσμού υπαγορεύει τον αριθμό των χρωμοσωμάτων στον πληθυσμό. Μεγαλύτερα μεγέθη πληθυσμών αυξάνουν την ποσότητα των παραλλαγών που παρουσιάζονται στον αρχικό πληθυσμό σε βάρος των περισσότερων απαιτούμενων υπολογισμών της καταλληλότητας. Το μέγεθος του πληθυσμού

εξαρτάται από την εφαρμογή και από το μήκος του χρωμοσώματος. Ένας καλός πληθυσμός χρωμοσωμάτων περιλαμβάνει μια ποικιλόμορφη επιλογή των ενδεχόμενων δομικών μονάδων οδηγώντας σε καλύτερη διερεύνηση. Αν ο πληθυσμός χάνει την ποικιλομορφία του τότε λέγεται ότι ο πληθυσμός έχει πρόωρη σύγκλιση και γίνεται μικρή εξερεύνηση. Για μεγαλύτερα χρωμοσώματα και προβλήματα βελτιστοποίησης που αποτελούν πρόκληση, απαιτούνται μεγαλύτερα μεγέθη πληθυσμών για να συντηρήσουν την ποικιλομορφία (μεγαλύτερη ποικιλομορφία μπορεί επίσης να αποκτηθεί μέσω μεγαλύτερων ρυθμών μετάλλαξης και ομοιόμορφης διασταύρωσης) και έτσι να επιτύχουν καλύτερη εξερεύνηση. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγέθη πληθυσμών από 20 έως 100.

4.3.2.1.4 Ρυθμός μετάλλαξης

Ο ρυθμός μετάλλαξης προσδιορίζει την πιθανότητα να συμβεί η μετάλλαξη. Η μετάλλαξη γίνεται για να δώσει νέα πληροφορία στον πληθυσμό (αποκάλυψη νέων δομικών μονάδων) και επίσης για να εμποδίσει τον πληθυσμό από το να εμποτιστεί με παρόμοια χρωμοσώματα (πρόωρη σύγκλιση). Μεγάλοι ρυθμοί μετάλλαξης αυξάνουν την πιθανότητα να καταστραφούν καλά σχήματα, αλλά αυξάνει την ποικιλομορφία του πληθυσμού. Ο καλύτερος ρυθμός μετάλλαξης εξαρτάται από την εφαρμογή αλλά για τις περισσότερες περιπτώσεις κυμαίνεται μεταξύ 0,001 και 0,1.

4.3.2.1.5 Τύπος ανασυνδυασμού των γονιδίων

Ο Davis (1991) έχει υλοποιήσει μία πρακτική επεξεργασία των βασικών μεθόδων διασταύρωσης καθώς επίσης και μερικών μεθόδων διασταύρωσης για συγκεκριμένες εξειδικευμένες εφαρμογές. Η προτεινόμενη σύσταση είναι να δοκιμαστούν οι διάφοροι τύποι διασταύρωσης και να επιλεγεί αυτή που συμπεριφέρεται καλύτερα κατά περίπτωση σε σχέση και με τις τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων διαμόρφωσης.

4.3.2.2 Λειτουργία του Γενετικού Αλγορίθμου

Ολοκληρώνοντας την επιλογή των τιμών των παραμέτρων διαμόρφωσης, ο γενετικός λειτουργεί προχωρά ως εξής:

1. Αρχικά σχηματίζουμε τον αρχικό πληθυσμό. Το μέγεθος του πληθυσμού το καθορίζει ο αποφασίζων, ενώ τα χρωμοσώματα που τον αποτελούν δημιουργούνται με τυχαίο τρόπο.

2. Στη συνέχεια τα χρωμοσώματα του αρχικού πληθυσμού αξιολογούνται σύμφωνα με τη συνάρτηση αξιολόγησης που θα επιλέξει ο χρήστης.
3. Σε αυτό το σημείο ξεκινάει μια επαναληπτική διαδικασία η οποία εξελίσσει τον πληθυσμό από γενιά σε γενιά:
 - i. Στο πρώτο βήμα ορίζεται η πιθανότητα επιλογής κάθε χρωμοσώματος ως το πηλίκο της τιμής της καταλληλότητας του προς τη συνολική καταλληλότητα (άθροισμα) όλων των χρωμοσωμάτων του πληθυσμού.
 - ii. Η αναπαραγωγή των χρωμοσωμάτων για την επόμενη γενιά γίνεται με χρήση του κανόνα της ρουλέτας (Roulette Wheel Parent Selection Algorithm). Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό, χωρίζουμε τη ρουλέτα σε τόσες περιοχές όσες και ο αριθμός των χρωμοσωμάτων στον πληθυσμό. Κάθε περιοχή καταλαμβάνει τόσο ποσοστό της επιφάνειας της ρουλέτας, όσο είναι και το ποσοστό του κάθε χρωμοσώματος ως προς τη συνολική καταλληλότητα. Η ρουλέτα γυρίζει n φορές (όσο και το μέγεθος του πληθυσμού) και σταματάει σε n θέσεις, καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί και σε ένα χρωμόσωμα. Τα n χρωμοσώματα στα οποία θα σταματήσει αποτελούν τα χρωμοσώματα που θα αναπαραχθούν στον επόμενο πληθυσμό. Είναι φανερό ότι όσο πιο μεγάλη είναι η καταλληλότητα ενός χρωμοσώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να επιλεγεί στον επόμενο πληθυσμό.
 - iii. Στη συνέχεια εκτελείται η λειτουργία της διασταύρωσης. Επιλέγεται τυχαία ένα ζεύγος χρωμοσωμάτων και διασταυρώνονται μεταξύ τους με πιθανότητα η οποία καθορίζεται από το χρήστη. Αν δεν υλοποιηθεί η διασταύρωση τότε προστίθενται στη νέα γενιά τα ίδια τα χρωμοσώματα, αλλιώς οι απόγονοι τους. Η μέθοδος της διασταύρωσης επιλέγεται επίσης από το χρήστη και μπορεί να είναι:
 - a. Διασταύρωση ενός σημείου
 - b. Διασταύρωση δύο σημείων
 - iv. Ακολουθεί η λειτουργία της μετάλλαξης όπου τα νεοσχηματισθέντα χρωμοσώματα μεταλλάσσονται βάσει μιας παραμέτρου που καθορίζει ο χρήστης. Η παράμετρος αυτή αντιπροσωπεύει την πιθανότητα κάθε γονίδιο του χρωμοσώματος να αλλάξει τιμή.
 - v. Η νέα γενιά αξιολογείται και αποτελεί τον πληθυσμό υπό επεξεργασία στην επόμενη επανάληψη του γενετικού αλγορίθμου.

Το αποτέλεσμα της εκτέλεσης του γενετικού αλγορίθμου είναι μια τιμή για κάθε παράμετρο του α . Στη συνέχεια εφαρμόζουμε το μοντέλο επιλογής για να βρούμε τα μερίδια αγοράς.

4.4 Υπολογισμός των μεριδίων αγοράς

Για τον υπολογισμό των μερικών και ολικών χρησιμοτήτων των εναλλακτικών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των μεριδίων αγοράς θα εφαρμόζουμε τη μέθοδο UTASTAR, η οποία μας δίνει τις μερικές χρησιμότητες σε κάθε ένα από τα κριτήρια, για κάθε πελάτη ξεχωριστά. Για κάθε προϊόν οι μερικές χρησιμότητες κανονικοποιούνται ώστε να αθροίζουν στη μονάδα και η ελάχιστη τιμή να είναι το μηδέν. Έτσι για τον πελάτη i έχουμε προσθετικές συναρτήσεις χρησιμότητας της μορφής:

$$U_{ji}(g) = u_1(g_1) + u_2(g_2) + \dots + u_n(g_n)$$

όπου U_{ji} η ολική χρησιμότητα που δίνει ο πελάτης i στην εναλλακτική j . Στη συνέχεια για κάθε καταναλωτή υπολογίζουμε το εύρος της κατανομής των ολικών χρησιμοτήτων ($\delta = U_{\max} - U_{\min}$), καθώς και το συντελεστή κύρτωσης κ και συμμετρίας λ της κατανομής. Εάν το δ είναι μικρότερο του 0,6 τότε στο συγκεκριμένο πελάτη

εφαρμόζουμε το μοντέλο $P_{ij} = \frac{U_{ij}^\alpha}{\sum_{k \in C} U_{ik}^\alpha}$, αλλιώς εφαρμόζουμε το $P_{ij} = \frac{e^{\alpha U_{ij}}}{\sum_{k \in C} e^{\alpha U_{ik}}}$. Ο

συντελεστής α υπολογίζεται για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά συναρτήσει των δ , κ , λ καθώς και τριών παραμέτρων κοινών για όλους τους καταναλωτές που προκύπτουν από την εφαρμογή του γενετικού αλγορίθμου.

Έτσι για κάθε καταναλωτή i δημιουργείται ένα διάνυσμα πιθανοτήτων επιλογής:

$$[P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{im}]$$

Η πιθανότητα επιλογής ενός προϊόντος j ισούται με:

$$S_j = \sum_{i=1}^k P_{ij}, \quad \text{όπου } k \text{ το πλήθος των καταναλωτών.}$$

Το μερίδιο αγοράς του προϊόντος j υπολογίζεται τελικά ως εξής:

$$MS_j = 100 * S_j / \sum_m S_m \%$$

4.5 Αντιμετώπιση του φαινομένου της ΠΑ

Τα μερίδια αγοράς που υπολογίζονται σε αυτό το σημείο πάσχουν από το πρόβλημα της ΠΑ. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού θα πραγματοποιήσουμε διορθώσεις στα αποτελέσματα των μοντέλων επιλογής μάρκας, έτσι ώστε να λαμβάνουν υπόψη τους τις ομοιότητες ανάμεσα στα προϊόντα. Οι διορθώσεις θα γίνουν ανά καταναλωτή (σε ατομικό επίπεδο), ενώ ο υπολογισμός της ομοιότητας θα γίνει βάσει των μερικών χρησιμοτήτων.

Για ένα συγκεκριμένο καταναλωτή ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ δύο προϊόντων δίνεται από τον τύπο:

$$S_{ij}=1-(\sum_k |U_{ik} - U_{jk}|)/2$$

όπου:

S_{ij} : ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ των προϊόντων i και j

$k=1, 2, \dots$: το πλήθος των χαρακτηριστικών στα οποία αξιολογούνται τα προϊόντα

U_{ik} : η μερική χρησιμότητα του χαρακτηριστικού k για το προϊόν i

Ο τύπος αυτός είναι όμοιος με αυτόν που χρησιμοποιεί ο Gutse (1994), με μοναδική διαφορά τη διαίρεση με το 2. Η τροποποίηση αυτή έγινε λόγω του ότι ο παράγοντας $\sum_k |U_{ik} - U_{jk}|$ παίρνει τιμές από 0 (για πανομοιότυπα προϊόντα) έως 2 (για εντελώς ανόμοια προϊόντα), άρα ο δείκτης ομοιότητας $1 - \sum_k |U_{ik} - U_{jk}|$ μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές. Ο δείκτης στη μορφή που χρησιμοποιεί ο Gutse δοκιμάστηκε εκτενώς στο μοντέλο δίνοντας μη ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ η διαίρεση του παράγοντα $\sum_k |U_{ik} - U_{jk}|$ με το 2 περιορίζει το βαθμό ομοιότητας στο διάστημα $[0,1]$ δίνοντας πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Υπολογίζοντας τους βαθμούς ομοιότητας για όλα τα ζεύγη εναλλακτικών δημιουργούμε τον πίνακα ομοιότητας. Ο συνολικός βαθμός ομοιότητας κάθε προϊόντος με όλα τα υπόλοιπα προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα αυτού (ο βαθμός ομοιότητας του πρώτου προϊόντος με όλα τα υπόλοιπα είναι το άθροισμα των στοιχείων της πρώτης στήλης κτλ).

Η διόρθωση επιτυγχάνεται διαιρώντας το μερίδιο αγοράς κάθε προϊόντος με το συνολικό βαθμό ομοιότητάς του. Τέλος τα διορθωμένα μερίδια αγοράς όλων των εναλλακτικών κανονικοποιούνται ώστε το άθροισμά τους να είναι ίσο με 100.

Όσον αφορά τα κριτήρια του Paffrath (1997), η παραπάνω μέθοδος είναι σύμφωνη με το πρώτο διότι, όταν εφαρμοστεί σε ένα νεοεισερχόμενο προϊόν αυτό κατακτά

μεγαλύτερα μερίδια αγοράς από τα σχετικά παρόμοια με αυτό προϊόντα και μικρότερα μερίδια από τα πιο ανόμοια. Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται σε ατομικό επίπεδο άρα πληροί το κριτήριο 2, όπως επίσης και τα κριτήρια 3 και 4, διότι οι μερικές χρησιμότητες που καθορίζουν τον βαθμό ομοιότητας εξαρτώνται τόσο από τη δομή προτιμήσεων του καταναλωτή όσο και από τις τιμές των χαρακτηριστικών των εναλλακτικών. Οι επιδόσεις της μεθόδου στο κριτήριο 5 είναι αρκετά καλές, διότι λόγω της γραμμικότητας στη μορφή της συνάρτησης υπολογισμού του βαθμού ομοιότητας, μικρές μεταβολές στην τιμή των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος δεν επιφέρουν δυσανάλογες αυξομειώσεις στο μερίδιο αγοράς του.

Για να μελετήσουμε τη συμπεριφορά της μεθόδου θα την εφαρμόσουμε στο παρακάτω παράδειγμα. Έστω τρία προϊόντα τα οποία έχουν αξιολογηθεί από ένα καταναλωτή σε δύο κριτήρια. Οι μερικές χρησιμότητες που προκύπτουν φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

	Κριτήριο 1	Κριτήριο 2
Προϊόν 1	0,95	0,05
Προϊόν 2	0,95	0,05
Προϊόν 3	0,05	0,95

Τα μερίδια αγοράς για ένα BTL μοντέλο με εφαρμογή της διορθωτικής μεθόδου της Sawtooth είναι:

Προϊόν 1	Προϊόν 2	Προϊόν 3
25	25	50

Για την προτεινόμενη μέθοδο ο πίνακας ομοιότητας για τα παραπάνω δεδομένα είναι:

1	1	0,1
1	1	0,1
0,1	0,1	1

Τα μερίδια αγοράς που προκύπτουν για ένα BTL μοντέλο με εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου είναι:

Προϊόν 1	Προϊόν 2	Προϊόν 3
26,67	26,67	46,66

Η διορθωτική μέθοδος λοιπόν μοντελοποιεί την ομοιότητα ανάμεσα στις εναλλακτικές αφού, παρόλο που όλα τα προϊόντα έχουν ίδια χρησιμότητα, το μερίδιο αγοράς του τρίτου είναι σημαντικά μεγαλύτερο των άλλων δύο. Παρατηρούμε επίσης ότι τα δύο πανομοιότυπα προϊόντα καταλαμβάνουν αθροιστικά μερίδιο αγοράς μεγαλύτερο του 50%, γεγονός το οποίο είναι θεμιτό και βρίσκεται σε συμφωνία με το φαινόμενο της έλξης που αναλύθηκε στην παράγραφο 2.3.6. Πετύχαμε λοιπόν να μοντελοποιήσουμε τις ομοιότητες ανάμεσα στα προϊόντα στην κατανομή των μεριδίων αγοράς, ενσωματώνοντας τόσο το φαινόμενο της αντικατάστασης όσο και της έλξης.

Εάν αλλάξουμε τη χρησιμότητα του κριτηρίου 1 για το προϊόν 2 από 0,95 σε 0,85 τα νέα μερίδια αγοράς για τη διορθωτική μέθοδο της Sawtooth είναι:

Προϊόν 1	Προϊόν 2	Προϊόν 3
32	28,8	39,2

Παρατηρούμε ότι παρόλο που μειώθηκε η χρησιμότητα του προϊόντος 2, το μερίδιο αγοράς του αυξήθηκε (το γνωστό πρόβλημα του κριτηρίου 6 του Paffrath).

Για την προτεινόμενη μέθοδο ο νέος πίνακας ομοιότητας είναι:

1	0,95	0,15
0,95	1	0,1
0,15	0,1	1

Τα νέα μερίδια αγοράς που προκύπτουν είναι:

Προϊόν 1	Προϊόν 2	Προϊόν 3
27,76	25,6	46,64

Η μείωση του συνολικού βαθμού ομοιότητάς του προϊόντος 2 από 2,1 σε 2,05 προκαλεί μια μικρή ή αύξηση στο μερίδιο αγοράς του λόγω του ότι γίνεται περισσότερο ανόμοιο από τα υπόλοιπα προϊόντα. Το μερίδιο αγοράς του όμως θα υποστεί μείωση λόγω της μείωσης της ολικής του χρησιμότητας από 1 σε 0,9. Παρατηρούμε ότι τελικά μετά την εφαρμογή της διόρθωσης το μερίδιο αγοράς του μειώνεται από 26,67 σε 25,6. Άρα η αύξηση λόγω της μεταβολής του βαθμού ομοιότητας είναι μικρότερη από τη μείωση λόγω της μικρότερης χρησιμότητας, οπότε το κριτήριο 6 ικανοποιείται.

4.6 Υλοποίηση των αλγορίθμων

Η υλοποίηση των αλγορίθμων έγινε με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic, μια γλώσσα τελευταίας γενιάς με ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε είναι η Visual Basic .NET 2005. Η επιλογή αυτή έγινε λόγω του ότι η υλοποίηση του γενετικού αλγορίθμου απαιτεί μια αντικειμενοστραφή γλώσσα βασισμένη σε κλάσεις. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκαν τρεις κλάσεις, για την αναπαράσταση του *γονιδίου*, του *χρωμοσώματος* και του *πληθυσμού*. Η εκτίμηση της συνάρτησης καταλληλότητας κάθε χρωμοσώματος στο γενετικό αλγόριθμο απαιτεί ιδιαίτερα πολύπλοκους υπολογισμούς, με μεγάλο κόστος στην ταχύτητα εκτέλεσης του αλγορίθμου. Για να μην υπάρξει επιπλέον επιβάρυνση στην ταχύτητα προτιμήθηκε μια υλοποίηση της UTASTAR στο ίδιο προγραμματιστικό περιβάλλον. Έτσι επιλέχθηκε η υλοποίηση σε Visual Basic .NET 2003 του φοιτητή του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Ταπόγλου Νικολάου.

5. Εφαρμογή του μοντέλου

Για την αξιολόγηση του αλγόριθμο, θα συγκριθούν τα αποτελέσματα της εφαρμογής του σε ένα πραγματικό πρόβλημα με τα αντίστοιχα τεσσάρων κλασσικών μοντέλων. Ως δεδομένα του προβλήματος θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα μιας έρευνας αγοράς για το Κρητικό Ελαιόλαδο, η οποία διεξήχθη στο Παρίσι το 1995 (Siskos, Matsatsinis, Baourakis 2001).

5.1 Η έρευνα αγοράς

Η έρευνα αφορούσε την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος παρθένου ελαιόλαδου για την Γαλλική αγορά και έγινε με τη χρήση ερωτηματολογίων. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 204 καταναλωτές απαντώντας συνολικά σε 115 ερωτήσεις σχετικά με 6 προϊόντα: Carapelli, Lerida, Kolymbari, Hediard, La Jarred'Or και Puget. Για την εφαρμογή του μοντέλου θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από τις κατάλληλες ερωτήσεις για τη δημιουργία των πολυκριτήριων πινάκων. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν οι απαντήσεις των εξής ερωτήσεων:

1. Σύμφωνα με αυτά που έχετε ακούσει, ποια είναι η γνώμη σας για τα προϊόντα;
2. Πως χαρακτηρίζετε το χρώμα των προϊόντων ελαιόλαδου της έρευνας;
3. Πως χαρακτηρίζετε το άρωμα των προϊόντων ελαιόλαδου της έρευνας;
4. Πως χαρακτηρίζετε τη γεύση των προϊόντων ελαιόλαδου της έρευνας;
5. Πως χαρακτηρίζετε τη συσκευασία των προϊόντων ελαιόλαδου της έρευνας;

Οι ερωτώμενοι είχαν να επιλέξουν από μια τετραβάθμια ποιοτική κλίμακα για τις ερωτήσεις 1 και 5 και από μια τριβάθμια ποιοτική κλίμακα για τις 2,3 και 4. Επίσης για το σχηματισμό της προδιάταξης των 6 προϊόντων χρησιμοποιήθηκε η ερώτηση:

6. Ποιο από τα παραπάνω παρθένα ελαιόλαδα θα επιλέγατε για αγορά;

Καθώς και η επαναλαμβανόμενη ερώτηση

7. Εάν δεν βρίσκατε το προϊόν της επιλογής σας, ποιο από τα υπόλοιπα θα επιλέγατε για αγορά;

5.2 Αξιολόγηση των εναλλακτικών

Απαντώντας στις πρώτες πέντε ερωτήσεις ο ερωτώμενος στην ουσία υλοποιεί την βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών των προϊόντων, η οποία αποτελεί την πρώτη μέθοδο αξιολόγησης των εναλλακτικών, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 4.1. Συγκεκριμένα αξιολογεί τα 6 ελαιόλαδα σε 5 κριτήρια (φήμη, χρώμα, άρωμα, γεύση και συσκευασία). Η δεύτερη μέθοδος αξιολόγησης, η κατάταξη δηλαδή των προϊόντων από το περισσότερο προς το λιγότερο προτιμητέο, υλοποιείται μέσω των ερωτήσεων 6 και 7.

Έχουμε λοιπόν ένα σύνολο προϊόντων $A = (a_1, a_2, \dots, a_6)$ για τα οποία 204 καταναλωτές έχουν εκφράσει τις προτιμήσεις του πάνω σε μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων g_1, g_2, \dots, g_5 , όπου κάθε κριτήριο g αναπαριστά μια μονότονη ποιοτική μεταβλητή. Έτσι, για κάθε $a_i \in A$, το διάνυσμα $g(a_i) = [g_1(a_i), g_2(a_i), \dots, g_5(a_i)]$ αναπαριστά την αποτίμηση του προϊόντος βάσει των κριτηρίων g_i . Ο πελάτης έχει επίσης προδιατάξει τα προϊόντα κατά σειρά επιλογής.

Με βάση τα δεδομένα αυτά, δημιουργούμε για κάθε καταναλωτή ένα πολυκριτήριο πίνακα της μορφής:

	<i>Φήμη</i>	<i>Χρώμα</i>	<i>Άρωμα</i>	<i>Γεύση</i>	<i>Συσκευασία</i>	<i>Προδιάταξη</i>
<i>Carapelli</i>	3	1	2	3	4	2
<i>Lerida</i>	2	2	1	2	3	5
<i>Kolymbari</i>	1	2	3	3	1	3
<i>Hediard</i>	2	3	2	1	2	4
<i>La Jarred'Or</i>	3	2	1	2	2	6
<i>Puget</i>	4	2	3	2	4	1

Πίνακας 5.1: Αξιολόγηση από ένα καταναλωτή των 6 προϊόντων στα 5 κριτήρια και κατάταξη τους με σειρά προτίμησης

Οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν σε μια κλίμακα 1-4 (1 η χειρότερη και 4 η καλύτερη τιμή) για τα κριτήρια *Φήμη* και *Συσκευασία*, ενώ για το *Χρώμα* το *Άρωμα* και τη *Γεύση* σε μια κλίμακα 1-3.

Για κάθε πελάτη ξεχωριστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο UTASTAR, η οποία μας δίνει τις μερικές χρησιμότητες σε κάθε ένα από τα 5 κριτήρια. Για κάθε προϊόν οι μερικές

χρησιμότητες κανονικοποιούνται ώστε να αθροίζουν στη μονάδα και η ελάχιστη τιμή να είναι το μηδέν. Έτσι για τον πελάτη i έχουμε 6 προσθετικές συναρτήσεις χρησιμότητας της μορφής:

$$U_{ji}(g) = u_1(g_1) + u_2(g_2) + \dots + u_5(g_5)$$

όπου U_{ji} η ολική χρησιμότητα που δίνει ο πελάτης i ($i=1\dots 204$) στην εναλλακτική j ($j=1\dots 6$). Στη συνέχεια για κάθε καταναλωτή υπολογίζουμε το εύρος της κατανομής αυτών των έξι ολικών χρησιμοτήτων ($\delta = U_{\max} - U_{\min}$), καθώς και το συντελεστή κύρτωσης κ και συμμετρίας λ της κατανομής. Τα πραγματικά μερίδια αγοράς των προϊόντων δεν ήταν διαθέσιμα τη στιγμή της έρευνας γιαυτό θα βελτιστοποιήσουμε το μοντέλο βάσει των μεριδίων που προκύπτουν αν θεωρήσουμε ότι κάθε ερωτώμενος αγόρασε το προϊόν το οποίο κατέταξε πρώτο στην προδιάταξη.

5.3 Υπολογισμός των παραμέτρων του μοντέλου

Σύμφωνα με τον Elrod (2001), για τη σωστή εκτίμηση των επιδόσεων ενός μοντέλου επιλογής μάρκας πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικό σύνολο καταναλωτών για τον υπολογισμό των παραμέτρων του μοντέλου από αυτό που θα χρησιμοποιήσουμε για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του. Εάν χρησιμοποιήσουμε το ίδιο δείγμα για την εκτίμηση και την αξιολόγηση του μοντέλου υφίσταται σοβαρός κίνδυνος παραγωγής εσφαλμένων συμπερασμάτων λόγω του ότι το μοντέλο «μαθαίνει» τα συγκεκριμένα δεδομένα. Για το λόγο αυτό από το δείγμα των 204 ερωτώμενων της έρευνας θα χρησιμοποιήσουμε τους 102 για την εκτίμηση των παραμέτρων d , c και l , και τους υπόλοιπους 102 για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματά του με αυτά άλλων μοντέλων.

Για την αναπαράσταση του προβλήματος στο Γενετικό Αλγόριθμο χρησιμοποιούμε δυαδική κωδικοποίηση με 7 ψηφία για την κάθε παράμετρο. Συγκεκριμένα το d αναπαρίσταται με τα γονίδια 1 έως 7, το c με τα 8 έως 14 και το l με τα 15 έως 21.

Το κάθε χρωμόσωμα δηλαδή αποτελείται από 21 γονίδια. Η διαδικασία της διασταύρωσης μεταξύ δύο χρωμοσωμάτων θα υλοποιείται είτε στο 8 είτε στο 14 γονίδιο (εάν έχουμε διασταύρωση ενός σημείου) είτε και στα δύο (εάν έχουμε διασταύρωση δύο σημείων), έτσι ώστε να μη χαλάνε οι τιμές των παραμέτρων. Ως μέγεθος του πληθυσμού σε κάθε γενιά χρησιμοποιούμε 20 χρωμοσώματα, ενώ τα χρωμοσώματα του αρχικού πληθυσμού δημιουργούνται με τυχαίο τρόπο. Ως

συνάρτηση αξιολόγησης χρησιμοποιούμε την Αθροιστική Απόκλιση, ενώ ως κριτήριο τερματισμού την αναπαραγωγή 200 γενεών (200 επαναλήψεις του αλγόριθμου).

Θα χρησιμοποιήσουμε διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων διαμόρφωσης του γενετικού αλγόριθμου για να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του. Δοκιμάζοντας και τα δύο είδη διασταύρωσης (ενός και δύο σημείων) παρατηρήθηκαν αμελητέες διαφορές στα αποτελέσματα του αλγόριθμου.

Για τη συνάρτηση $\alpha = d\delta + c\kappa + l\lambda$, σταθερή πιθανότητα Μετάλλαξης και δοκιμάζοντας διαφορετικές τιμές στην πιθανότητα Διασταύρωσης οι καλύτερες τιμές καταλληλότητας που προκύπτουν είναι:

Συνάρτηση		$\alpha = d\delta + c\kappa + l\lambda$			
Πιθανότητα Διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	d	c	l	Καταλληλότητα
0,6	0,08	17,45	-5,3	-2,2	70,07
0,7	0,08	19,6	-5,4	-2,03	70,35
0,8	0,08	18,25	-2,45	-1,74	69,1
0,9	0,08	17,85	-4,9	-4,24	70,01

Για τη συνάρτηση $\alpha = d\delta + c\kappa + l\lambda$, σταθερή πιθανότητα Διασταύρωσης και δοκιμάζοντας διαφορετικές τιμές στην πιθανότητα Μετάλλαξης οι καλύτερες τιμές καταλληλότητας που προκύπτουν είναι:

Συνάρτηση		$\alpha = d\delta + c\kappa + l\lambda$			
Πιθανότητα Διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	d	c	l	Καταλληλότητα
0,6	0,05	14,11	-4,21	3,35	67,56
0,6	0,07	19,73	-4,5	-2,9	70,28
0,6	0,08	17,45	-5,3	-2,2	70,07
0,6	0,09	17,99	-5,3	-4,48	70,15

Αλλάζουμε τη συνάρτηση σε $\alpha = \delta(d + c\kappa + l\lambda)$ και διατηρώντας σταθερή την πιθανότητα Μετάλλαξης, οι καλύτερες τιμές καταλληλότητας που προκύπτουν για διαφορετικές τιμές της πιθανότητας Διασταύρωσης είναι:

Συνάρτηση		$\alpha = \delta(d + c\kappa + l\lambda)$			
Πιθανότητα Διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	d	c	l	Καταλληλότητα
0,6	0,08	17,6	-5,6	-0,89	68,92
0,7	0,08	17,45	-3,9	-0,8	68,44
0,8	0,08	18,25	-2,45	-1,74	69,1
0,9	0,08	18,66	-5,4	-2,5	69,19

Για τη συνάρτηση $\alpha = \delta(d + c\kappa + l\lambda)$, σταθερή πιθανότητα Διασταύρωσης και δοκιμάζοντας διαφορετικές τιμές στην πιθανότητα Μετάλλαξης οι καλύτερες τιμές καταλληλότητας που προκύπτουν είναι:

Συνάρτηση		$\alpha = \delta(d + c\kappa + l\lambda)$			
Πιθανότητα Διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	d	c	l	Καταλληλότητα
0,6	0,06	19,59	-3,81	-4,01	69,05
0,6	0,07	18,66	-4,9	-1,84	69,04
0,6	0,08	17,6	-5,6	-0,89	68,92
0,6	0,09	19,59	-4,9	-0,61	69,13

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στους προηγούμενους πίνακες προέκυψαν από την εφαρμογή του γενετικού αλγορίθμου (χωρίς τη διορθωτική μέθοδο) για τους πρώτους 102 ερωτώμενους (δείγμα εκτίμησης). Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια προέκυψαν από την εφαρμογή των μοντέλων στους υπόλοιπους 102 ερωτώμενους (δείγμα αξιολόγησης).

Αρχικά υπολογίζουμε την καταλληλότητα των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των εξής τεσσάρων παραδοσιακών μοντέλων επιλογής μάρκας:

- Bradley Terry Luce
- Lesourne
- McFadden
- Τροποποίηση McFadden

Ως καταλληλότητα ορίζουμε τη διαφορά από το 100 του αθροίσματος των αποκλίσεων όλων των υπολογιζόμενων μεριδίων αγοράς από τα πραγματικά, δηλαδή:

$$\text{Καταλληλότητα} = 100 - \sum_{n=1}^6 |S_n - S_n'|$$

	<i>Carapelli</i>	<i>Lerida</i>	<i>Kolymbari</i>	<i>Hediard</i>	<i>La Jarred'Or</i>	<i>Puget</i>	<i>Καταλληλότητα</i>
<i>Πραγματικά Μερίδια</i>	11	5	10	17	4	53	100
<i>BTL</i>	15.3	14.86	14.46	20.48	10	24.9	43.8
<i>Lesourne</i>	13.78	14.64	12.56	22.4	7.38	29.24	52.48
<i>McFadden</i>	16.13	15.87	15.57	18.91	13.48	20.04	34.08
<i>McFadden2</i>	15.2	15.32	14.24	20.9	10.78	23.56	41.12

Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι οι επιδόσεις των 4 παραδοσιακών μοντέλων είναι σχετικά χαμηλές. Τα αδύναμα αυτά αποτελέσματα εξηγούνται εν μέρει από το γεγονός ότι τα μερίδια αγοράς με τα οποία τα συγκρίνουμε δεν είναι τα πραγματικά. Τα μερίδια αυτά προέκυψαν θεωρώντας ότι πάντα ο καταναλωτής επιλέγει το προϊόν το οποίο έχει κατατάξει πρώτο στην προδιάταξη, με αποτέλεσμα τα μερίδια αγοράς των προϊόντων που δεν βρίσκονται στις κορυφαίες επιλογές των πελατών να υποεκτιμώνται σημαντικά.

Είναι χαρακτηριστικό ότι το μερίδιο του Puget, το οποίο έχει της περισσότερες πρωτιές στις προδιατάξεις, είναι 53 ενώ τα τέσσερα μοντέλα το υπολογίζουν μεταξύ 20,04 και 29,24.

Εφαρμόζουμε στη συνέχεια το προτεινόμενο μοντέλο στο δείγμα αξιολόγησης, για τους καλύτερους συνδυασμούς των παραμέτρων d , c και l (χρωμοσώματα με την καλύτερη καταλληλότητα στον γενετικό αλγόριθμο) που προέκυψαν από το δείγμα εκτίμησης.

Αρχικά εφαρμόζουμε τη συνάρτηση $\alpha = d*\delta + c*\kappa + l*\lambda$. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα υπολογιζόμενα από το μοντέλο μερίδια αγοράς συναρτήσει των τριών παραμέτρων, καθώς και η καταλληλότητα πριν και μετά την εφαρμογή της διορθωτικής μεθόδου.

Συνάρτηση			Μερίδια Αγοράς						Καταλληλότητα (100-διαφορά από τα πραγματικά)	Καταλληλότητα μετά τη Διόρθωση
$\alpha = d*\delta + c*\kappa + l*\lambda$			11	5	10	17	4	53		
d	c	l	<i>Carapelli</i>	<i>Lerida</i>	<i>Kolymbari</i>	<i>Hediard</i>	<i>La Jarred'Or</i>	<i>Puget</i>		
17,45	-5,3	-2,2	4.7	3.64	4.81	36.37	2.38	48.1	61.26	65.24541
19,6	-5,4	-2,03	4.42	3.3	4.4	36.46	2.18	49.22	61.06	63.14965
18,25	-2,45	-1,74	4.27	3.4	4.42	36.67	2.24	48.97	60.63	63.22282
17,85	-4,9	-4,24	4.45	3.32	4.35	36.08	2.28	49.49	61.81	63.2922
14,11	-4,21	3,35	6.41	5.54	6.57	35.89	4.18	41.38	60.75	73.90989
19,73	-4,5	-2,9	4.26	3.18	4.26	36.54	2.14	49.59	60.89	62.37565
17,45	-5,3	-2,2	4.6	3.5	4.59	36.26	2.33	48.69	61.45	64.3681
17,99	-5,3	-4,48	4.58	3.42	4.41	35.68	2.4	49.49	62.62	63.95553

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε τη συνάρτηση $\alpha = \delta*(d + c*\kappa + l*\lambda)$. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα υπολογιζόμενα από το μοντέλο μερίδια αγοράς συναρτήσει των τριών παραμέτρων, καθώς και η καταλληλότητα πριν και μετά την εφαρμογή της διορθωτικής μεθόδου.

<i>Συνάρτηση</i>			<i>Μερίδια Αγοράς</i>						<i>Καταλληλότητα (100-διαφορά από τα πραγματικά)</i>	<i>Καταλληλότητα μετά τη Διόρθωση</i>
$\alpha = \delta*(d + c*\kappa + l*\lambda)$			11	5	10	17	4	53		
<i>d</i>	<i>c</i>	<i>l</i>	<i>Carapelli</i>	<i>Lerida</i>	<i>Kolymbari</i>	<i>Hediard</i>	<i>La Jarred'Or</i>	<i>Puget</i>		
17,6	-5,6	-0,89	4.59	3.59	4.64	36.62	2.34	48.19	60.73	64.64181
17,45	-3,9	-0,8	4.51	3.63	4.63	36.69	2.36	48.16	60.6	64.59406
18,25	-2,45	-1,74	4.35	3.48	4.47	36.8	2.3	48.57	60.37	63.6975
18,66	-5,4	-2,5	4.42	3.36	4.41	36.7	2.24	48.85	60.58	63.39435
19,59	-3,81	-4,01	4.23	3.2	4.27	36.81	2.2	49.27	60.36	62.49969
18,66	-4,9	-1,84	4.44	3.41	4.45	36.7	2.26	48.71	60.57	63.61962
17,6	-5,6	-0,89	4.59	3.59	4.64	36.62	2.34	48.19	60.73	64.64181
19.59	-4.9	-0.61	4.52	3.45	4.47	36.65	2.27	48.61	60.67	63.87208

Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε είναι τα εξής. Καταρχάς το μοντέλο υπερτερεί σημαντικά έναντι των τεσσάρων παραδοσιακών, δίνοντας τιμές καταλληλότητας πάνω από 60 για τους 16 παραπάνω συνδυασμούς των παραμέτρων του, όταν το καλύτερο από τα παραδοσιακά (Lesourne) φτάνει το 52,48. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι παρόλο που τα μερίδια δεν είναι τα πραγματικά, το μοντέλο καταφέρνει και προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα δεδομένα της έρευνας αγοράς. Τα παραδοσιακά μοντέλα καταμερισμού των προτιμήσεων έχουν την ίδια σταθερή συνάρτηση υπολογισμού των πιθανοτήτων επιλογής των προϊόντων για όλους τους καταναλωτές και για όλα τα προβλήματα. Αντίθετα το προτεινόμενο μοντέλο έχει την ικανότητα προσαρμογής σε κάθε πελάτη ξεχωριστά (δ , κ και λ) και σε κάθε πρόβλημα ξεχωριστά (d , c και l).

Καθοριστική είναι η συνεισφορά του εύρους των χρησιμοτήτων (δ) ως παράγοντα και στις δύο συναρτήσεις, με την τιμή του συντελεστή του (d) να παίρνει τιμές για τα καλές λύσεις (χρωμοσώματα), πάνω 17. Αντίθετα οι συντελεστές (c και l) της κύρτωσης (κ) και της λοξότητας (λ) κυμαίνονται σε πιο χαμηλά διαστήματα ($|c| < 6$, $|l| < 5$), με την πλειοψηφία των τιμών να είναι αρνητικές. Παρόλη τη μεγάλη βαρύτητα του δ η χρήση της συνάρτησης $\alpha = d*\delta + c*\kappa + l*\lambda$ δίνει έστω και ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα έναντι της $\alpha = \delta*(d + c*\kappa + l*\lambda)$.

Μια σημαντική διαπίστωση είναι ότι η χρήση της διορθωτικής μεθόδου βελτιώνει τις επιδόσεις σε όλες τις περιπτώσεις και μάλιστα περιορίζει τις διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο συναρτήσεων.

6. Συμπεράσματα – Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η σχεδίαση και ανάπτυξη νέων προϊόντων αποτελεί μια από τις πιο κρίσιμες αποφάσεις στο μάρκετινγκ. Ένα νέο προϊόν απαιτεί χρόνο, προσπάθεια και κόστος για να υλοποιηθεί, ενώ ακόμα μεγαλύτερο θα είναι το κόστος που θα υποστεί η επιχείρηση αν αυτό αποτύχει. Η υποστήριξη των αποφασιζόντων σε τέτοιες κρίσιμες αποφάσεις μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός Προσομοιωτή Αγοράς, ο οποίος επιτρέπει στον μάνατζερ να υλοποιεί υποθετικά σενάρια εισαγωγής ενός νέου προϊόντος σε μια δεδομένη αγορά. Στην εργασία αυτή αναπτύξαμε έναν αλγόριθμο, η χρήση του οποίου σε έναν Προσομοιωτή Αγοράς βοηθάει στην παραγωγή ακριβών αποτελεσμάτων (μερίδια αγοράς των προϊόντων). Ο αλγόριθμος αυτός αντιμετωπίζει δύο από τα σημαντικότερα προβλήματα των προσομοιώσεων αγοράς.

Το πρώτο από αυτά είναι η αποτελεσματική αναπαράσταση της ετερογένειας ανάμεσα στους καταναλωτές. Κάθε δυνητικός πελάτης έχει διαφορετικές ανάγκες, αξίες και προτιμήσεις. Για την ακριβέστερη προσομοίωση μια αγοράς, ενός συνόλου δηλαδή από καταναλωτές, το μοντέλο που προτείναμε αναπαριστά τις καταναλωτικές προτιμήσεις σε ατομικό επίπεδο. Για την εκτίμηση των προτιμήσεων κάθε πελάτη, υπολογίζουμε μια ξεχωριστή συνάρτηση χρησιμότητας με τη χρήση της μεθόδου αποσύνθεσης προτιμήσεων UTASTAR. Για την αξιολόγηση των προϊόντων από τον καταναλωτή, τα αποτελέσματα της οποίας αποτελούν τα δεδομένα εισόδου της UTASTAR, χρησιμοποιούνται συνδυαστικά δύο μέθοδοι. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών επί τη βάση ομάδας κριτηρίων και η κατάταξη τους από την περισσότερο προς τη λιγότερο προτιμητέα. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της UTASTAR σε κάθε πελάτη ξεχωριστά είναι οι μερικές χρησιμότητες των χαρακτηριστικών καθώς και οι ολικές χρησιμότητες κάθε προϊόντος.

Η καινοτομία της προτεινόμενης μεθόδου είναι ότι εκτός από τις προτιμήσεις κάθε πελάτη (χρησιμότητες), λαμβάνεται υπόψη και η δομή των προτιμήσεων αυτών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επιλογής του καταλληλότερου μοντέλου επιλογής μάρκας για κάθε καταναλωτή και όχι της χρήσης ενός ενιαίου μοντέλου για το σύνολο των καταναλωτών. Η αρχική επιλογή γίνεται ανάμεσα στους καταναλωτές που αισθάνονται σίγουροι για την εναλλακτική που θα διαλέξουν και σε αυτούς που εκφράζουν κάποια δυσκολία. Η διάκριση αυτή γίνεται βάσει των τιμών του εύρους της κατανομής των χρησιμοτήτων του πελάτη (συντελεστής δ). Μια ευρεία κατανομή

περιγράφει έναν καταναλωτή με σαφή δομή προτιμήσεων και ο οποίος αναπαρίσταται καλύτερα από ένα μοντέλο σταθερής χρησιμότητας (Pessemer), στο οποίο δεν γίνεται χρήση σφαλμάτων. Ένα στενό εύρος χρησιμοτήτων αναπαριστά έναν πελάτη με σχετικά ασαφή δομή προτιμήσεων, όπου η πρόβλεψη της τελικής του επιλογής καθίσταται δυσκολότερη και γιαυτό χρησιμοποιείται ένα μοντέλο τυχαίας χρησιμότητας (τροποποίηση του McFadden) όπου οι χρησιμότητες υφίστανται τυχαίες διακυμάνσεις, μέσω της χρήσης κατάλληλων σφαλμάτων στην κατανομή τους ανάμεσα στους πελάτες.

Η αρχική αυτή επιλογή ανάμεσα σε μοντέλο επιλογής μάρκας με ή χωρίς σφάλμα, επεκτείνεται στη συνέχεια μέσω της προσαρμογής του συντελεστή α του μοντέλου για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά. Η εκτίμηση του α γίνεται βάσει τριών στατιστικών μεγεθών της κατανομής των χρησιμοτήτων των εναλλακτικών (του εύρους των χρησιμοτήτων, της λοξότητας και της κύρτωσης της κατανομής). Το κριτήριο για την προσαρμογή της τιμής του α για κάθε πελάτη ξεχωριστά είναι η βέλτιστη δυνατή προσέγγιση των πραγματικών μεριδίων αγοράς από αυτά που υπολογίζονται από το μοντέλο. Η αντιμετώπιση αυτού του σύνθετου προβλήματος συνδυαστικής βελτιστοποίησης των τριών παραμέτρων οι οποίες λαμβάνουν πραγματικές τιμές, γίνεται με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων. Καθεμιά από τις παραμέτρους αναπαρίσταται από ένα καθορισμένο αριθμό γονιδίων, ανάλογα με την ακρίβεια με την οποία θέλουμε να την υπολογίσουμε (αριθμός δεκαδικών ψηφίων), ενώ επιλέγουμε δυαδική κωδικοποίηση για τους γόνους των χρωμοσωμάτων. Η αναπαράσταση των πραγματικών αριθμών γίνεται με τη χρήση κατάλληλης συνάρτησης μετατροπής από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα.

Το δεύτερο σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο προτεινόμενος αλγόριθμος είναι το φαινόμενο της Ανεξαρτησίας από τις Ασυσχέτιστες Εναλλακτικές, όπου ένα νεοεισερχόμενο προϊόν κατακτά μερίδια αγοράς από όλα τα υφιστάμενα με αναλογικό τρόπο. Για το σκοπό ενσωματώθηκε στα μοντέλα επιλογής μάρκας μια διορθωτική μέθοδος, έτσι ώστε ένα νέο προϊόν να κατακτά μερίδια αγοράς κυρίως από τα περισσότερα όμοια με αυτό προϊόντα της αγοράς. Η διόρθωση επιτυγχάνεται διαιρώντας το μερίδιο αγοράς κάθε προϊόντος, το οποίο προκύπτει ως αποτέλεσμα της εφαρμογής των μοντέλων επιλογής μάρκας, με το συνολικό 'βαθμό ομοιότητάς' του με όλα τα υπόλοιπα. Ο υπολογισμός του βαθμού ομοιότητας γίνεται βάσει των μερικών χρησιμοτήτων, ενώ η διορθώσεις γίνονται σε ατομικό επίπεδο (για κάθε καταναλωτή ξεχωριστά). Η μέθοδος καταφέρνει να μοντελοποιήσει την ομοιότητα

ανάμεσα στις εναλλακτικές, ενσωματώνοντας ταυτόχρονα το φαινόμενο της αντικατάστασης και της έλξης, ενώ εξαρτάται τόσο από τη δομή προτιμήσεων του καταναλωτή (σημαντικότητες κριτηρίων) όσο και από τις τιμές των χαρακτηριστικών των εναλλακτικών. Επίσης, το ποσοστό της διόρθωσης είναι ανάλογο των μεταβολών του προϊόντος, ενώ η μείωση της χρησιμότητας ενός προϊόντος σε καμία περίπτωση δεν προκαλεί αύξηση του μεριδίου αγοράς του, ένα σημαντικό πρόβλημα των περισσότερων διορθωτικών μεθόδων.

Η αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου αλγορίθμου δοκιμάστηκε από τη σύγκριση του με τέσσερα παραδοσιακά μοντέλα επιλογής μάρκας, σε ένα πραγματικό πρόβλημα. Τα αποτελέσματα υπήρξαν ενθαρρυντικά, μιας και ο αλγόριθμος υπερτερεί σημαντικά έναντι των τεσσάρων μοντέλων, λόγω της προσαρμογής του τόσο σε κάθε πελάτη όσο και σε κάθε ξεχωριστό πρόβλημα. Σημαντική επίσης και η συνεισφορά της διορθωτικής μεθόδου, η εφαρμογή της οποίας, πέρα από τη θεωρία, βελτιώνει και στην πράξη τα αποτελέσματα του αλγορίθμου.

Η χρήση του αλγορίθμου σε ένα προσομοιωτή αγοράς μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων του. Τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας μάνατζερ για να αποφασίσει, ανάμεσα από ένα περιορισμένο σύνολο προς ανάπτυξη προϊόντων, πιο τελικά θα προκρίνει. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις ο αριθμός των υποψηφίων προϊόντων, βάσει των εφικτών συνδυασμών τιμών των χαρακτηριστικών τους, μπορεί να φτάσει τις εκατοντάδες χιλιάδες, κάνοντας τη χρήση ενός απλού προσομοιωτή αγοράς αρκετά περιοριστική.

Οι σύγχρονες τάσεις στην επιστήμη του Μάρκετινγκ επιβάλλουν την ανάπτυξη πιο ‘ευφών’ συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, τα οποία εκτός από μια απλή προσομοίωση, υλοποιούν διαδικασίες βελτιστοποίησης των πιθανών συνδυασμών τιμών των χαρακτηριστικών ενός υπό ανάπτυξη προϊόντος, για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου. Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία μπορεί να αποτελέσει τη βάση της κατασκευής ενός Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων στο Μάρκετινγκ (Marketing Decision Support System – MDSS), για την επίλυση του προβλήματος του ‘βέλτιστου σχεδιασμού μιας γραμμής προϊόντων’. Το σύστημα αυτό εκτός από αλγόριθμους προσομοίωσης θα υλοποιεί προχωρημένες τεχνικές βελτιστοποίησης για το σχεδιασμό ενός ή περισσότερων προϊόντων. Εκτός από τη μεγιστοποίηση του μεριδίου αγοράς μια επιχείρηση μπορεί να θέσει ως στόχο

τη μεγιστοποίηση του κέρδους της. Για να υποστηρίξει το συγκεκριμένο κριτήριο, το σύστημα θα πρέπει να ενσωματώνει και το κόστος υλοποίησης του προϊόντος, συναρτήσει των τιμών των χαρακτηριστικών του. Επίσης, για μια ακριβέστερη μοντελοποίηση της αγοράς το σύστημα θα πρέπει να υλοποιεί δυναμικές προσομοιώσεις, ενσωματώνοντας μέσω της Θεωρίας Παιγνίων τις πιθανές αντιδράσεις του ανταγωνισμού.

Αναφορές

- Alander T. J. (1995), “An Indexed Bibliography of Genetic Algorithms in Economics”, Art of CAD Ltd, Vaasa, Finland.
- Alexouda G. and Paparrizos K. (2001), A genetic algorithm approach to the product line design problem using the seller’s return criterion: an extensive comparative computational study, *European Journal of Operational Research* 134 (1) 167–180.
- Alexouda G. (2004), An Evolutionary Algorithm Approach to the Share of Choices Problem in the Product Line Design, *Computers and Operational Research* Volume 31, Number 13, pp. 2215-2229.
- Axelrod R. (1984), “The Evolution of Cooperation”, Basic Books, New York.
- Balakrishnan, P.V. and Jacob V.S. (1996). Genetic algorithms for product design. *Management Science*, Vol. 42 (1), pp. 1105–1117.
- Balakrishnan, P.V., and Gupta, R (2004), Development of Hybrid Genetic Algorithms for Product Line Designs, *IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics – Part B*, 34(1), pp. 468-483.
- Ben-Akiva M. and Lerman S. R. (1985), “Discrete Choice Analysis”, Cambridge, MIT Press.
- Biethahn J., Nissen V. (1995), “Evolutionary algorithms in management applications”, Springer Verlag, Berlin.
- Bock R.D. and Jones L.V. (1968), “The Measurement and Prediction of Judgment and Choice”, San Francisco, Holden-Day.
- Bradley R. A. and M. E. Terry (1952), “Rank analysis of incomplete block designs I: The method of paired comparisons”, *Biometrika* 39, p. 324–345.
- Bunch D.S. and Batsell R.R (1989), “A Monte Carlo comparison of estimators for the Multinomial Logit model”, *Journal of Marketing Research* 26, p. 56-68.
- Cooper L.G. and Finkbeiner C.T. (1984), “A Composite MCI Model for Integrating Attribute and Importance Information,” *Advances in Consumer Research*, Association for Consumer Research, Provo, UT, 11, p. 109–113.

- Currim L. S. (1982), "Predictive testing of consumer choice models not subject to independence of irrelevant alternatives", *Journal of Marketing Research* 19, p. 208-222.
- Daganzo C. (1979), "Multinomial Probit: The Theory and Its Application to Demand Forecasting", Academic Press, New York.
- Davis L.D. (1991), "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold.
- Deb K. (1995), "Optimization for Engineering Design: Algorithms and Concepts", Prentice Hall, India.
- Desarbo et.al. (1997), "Representing Heterogeneity in Consumer Response Models", *Marketing Letters*, 8(3), p. 335-348.
- D'Souza, B. and Simpson, T.W (2003), A Genetic Algorithm Based Method for Product Family Design Optimization, *Engineering Optimization*, 35(1), pp. 1-18
- Elrod T. (2001), "Recommendations for Validation of Choice Models", *Sawtooth Software Conference Proceedings*, Sequim, WA, p. 225-243.
- Finkbeiner C.T. (1992), "Alternative Applications of Preference Models to Customer Satisfaction Research", *Sawtooth Software Conference Proceedings*, Sawtooth Software, Ketchum, ID, p. 127-159.
- Finkbeiner C.T. (1997), "Integrated Choice Likelihood (ICL) Model", *Sawtooth Software Conference Proceedings*, Sequim, WA, p. 291-330.
- Fruchter, G.; Fligler, A.; Winer, R. (2006), Optimal Product Line Design: Genetic Algorithm Approach to Mitigate Cannibalization, *Journal of Optimization Theory and Applications*, Volume 131, Number 2, pp. 227-244(18)
- Gaudry M.J.I & Dagenais M.G (1979), "The DOGIT model", *Transportation research* 12B/2, p. 105-112.
- Green P.E. and Wind Y. (1975), "New Ways to Measure Consumer Judgments," *Harvard Business Review*, 53 (July-August), p. 107-117.
- Green P.E., Carroll J.D. and DeSarbo W.S. (1979), "Estimating choice probabilities in multiattribute decision making", working paper, University of Pennsylvania.
- Green, P.E. and Krieger A.M. (1989), "Recent contributions to optimal product positioning and buyer segmentation", *European journal of operational research* 41, p. 127-141.

- Green, P.E., Krieger A.M., and Agarwal M.K. (1991), “Adaptive Conjoint Analysis: Some Caveats and Suggestions”, *Journal of Marketing Research* 28, p. 215–221.
- Gruca, T. S. and B. R. Klemz (2003), Optimal New Product Positioning: A Genetic Algorithm Approach, *Production Oper. Management*, 8(2), pp.163-182
- Gutse J. (1994), “Produktpräferenzanalyse”, Phd thesis, Berlin.
- Hausman J. A. and Wise D. A. (1978), “A conditional probit model for qualitative choice: Discrete decisions recognizing interdependence and heterogeneous preferences”, *Econometrica* 46, p. 403-426.
- Holland J. (1975), “Adaptation in Natural and Artificial Systems”, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.
- Holland J. (1992), “Adaptation in Natural and Artificial Systems”, MIT Press, Cambridge, MA.
- Huber J.C., Wittink D.R., Fiedler J.A. and Miller R. (1993), “The Effectiveness of Alternative Preference Elicitation Procedures in Predicting Choice”, *Journal of Marketing Research* 30, p. 105–114.
- Huber J. and Moore W. (1979), “A Comparison of Alternative Ways to Aggregate Individual Conjoint Analysis”, *Educators’ Conference Proceedings*, American Marketing Association, Chicago, p. 64–68.
- Jacquet-Lagrange E. & Siskos Y. (1982), “Assesing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method”, *European Journal of Operational Research* (10), p. 151-164.
- Johnson R.M. (1974), “Trade of analysis of consumer values” *Journal of Marketing Research* 11, p. 121-127.
- Johnson R.M. (1987), “Adaptive conjoint analysis”, *Sawtooth Software conference on perceptual mapping conjoint analysis and computer interviewing*, Sawtooth Software Ketchum ID, p. 253-266.
- Keuhn A. A. and Day R. L. (1962), “Strategy of product quality”, *Harvard Business Review* 40, p. 100–110.
- Krieger A.M. and Green, P.E. (2002), “A decision support model for selecting product/service benefit positionings”, *European journal of operational research* 142, p. 187-202.

- Leigh, T.W., D.B. MacKay and J.O. Summers (1984), "Reliability and Validity of Conjoint. Analysis and Self-Explicated Weights: A Comparison", *Journal of Marketing Research* 21, p. 456-462.
- Lesourne, J., (1977), *A theory of the Individual for Economic Analysis*, vol. 1. North- Holland, New York.
- Louivere J.J. & Woodworth G.G. (1983), "Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments: An approach based on aggregate data", *Journal of Marketing Research* 20, p. 350-367.
- Luce R.D. (1959), "Individual choice behavior: A theoretical analysis", Wiley, New York.
- Luce, R. D. (1977), "The choice axiom after twenty years", *Journal of Mathematical Psychology* 15, p. 215-233.
- Matsatsinis N. F. & Siskos Y. (1999), "MARKEX: An intelligent decision support system for product development decisions", *European Journal of Operational Research*.
- McFadden D. (1974) "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior", in Zarembka ed. *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, N.Y.
- McFadden D. (1976) "Quantal Choice Analysis: A Survey", *Annals of Economic and Social Measurement* 5 (4), p. 363-390.
- McFadden D. (1980), *Econometric Models for Probabilistic Choice among Products*, *Journal of Business*, vol. 53, no. 3, p. 13-29.
- Meyer R.J & Eagle T.C (1982), "Context-induced parameter instability in a disaggregate-stochastic model of store choice", *Journal of Marketing Research* 19, p. 62-71.
- Miller H. J. (1986), "A Genetic Model of Adaptive Economic Behavior", working paper, University of Michigan.
- Orme, B. (2006), *Getting Started with Conjoint Analysis: Strategies for Product Design and Pricing Research*. Madison, Wis., Research Publishers LLC.
- Oliphant, K., Eagle T.C., Louviere J.J. and Anderson D.A. (1992), "Cross-Task Comparison of Ratings-Based and Choice-Based Conjoint", *Sawtooth Software Conference Proceedings*, Sawtooth Software, Ketchum, ID, p. 383-404.
- Paffrath R. (1997), "Practical Ways to Minimize the IIA-bias in Simulation Models", *Sawtooth Software Conference Proceedings: Sequim, WA*, p. 91-116.

- Pessemier E. A., Burger P., Teach R. (1971), Using laboratory brand preference scales to predict consumer brand purchases, *Management Science* 17, p. 371-385.
- Silk A. J., and Urban G. L. (1978), "Pre-Test-Market Evaluation of New Package Goods: A Model and Measurement Methodology," *Journal of Marketing Research*, 15, 171-91.
- Siskos, J., Yannacopoulos, D., (1985), UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions. *Investigacao Operational* 5 (1), 39-53.
- Siskos, Y., N. F. Matsatsinis, G. Baourakis (2001), Multicriteria analysis in agricultural marketing: The case of French olive oil market, *European Journal of Operational Research*, vol. 130, no. 2, pp. 315-331.
- Steiner, W. and H. Hruschka (2003), Genetic Algorithms For Product Design: How Well Do They Really Work?, *International Journal of Market Research*, 45, 2, 229-240.
- Thurstone L.L. (1945), "The Prediction of Choice", *Psychometrika* 10, 237–253.
- Tversky A. (1972), "Elimination by aspects: A theory of choice", *Psychological Review* 79, p. 281–299.
- Ματσατσίνης Ν. (1995), "Ένα έμπειρο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων μάρκετινγκ: μεθοδολογία υποστήριξης και ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική", Διδακτορική Διατριβή, τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.