

ΠΑΝΤΕΙΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

PANTEION UNIVERSITY OF SOCIAL AND POLITICAL SCIENCES



**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

Εφαρμογές ασαφούς λογικής στη μέτρηση των στάσεων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αγγελική Καζάνη

Αθήνα, 2018

Τριμελής Επιτροπή

Μαρία Συμεωνάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Παντείου Πανεπιστημίου (Επιβλέπουσα)

Αικατερίνη Μιχαλοπούλου, Καθηγήτρια Παντείου Πανεπιστημίου

Χρυσίς Καρώνη-Ρίτσαρντσον, Καθηγήτρια Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου



Copyright © Αγγελική Καζάνη, 2018.

All rights reserved. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διδακτορικής διατριβής εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Αφιέρωση

Στους γονείς μου...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ήταν στο δεύτερο έτος των προπτυχιακών μου σπουδών όταν έκανα το πρώτο μου μάθημα Στατιστικής και κατάλαβα με τι ήθελα να ασχοληθώ στην πορεία των φοιτητικών μου ετών. Να συνδυάσω τη θεωρία με την πράξη, τη θεωρία με τους αριθμούς. Για αυτόν τον λόγο πρώτα και κύρια θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου την επιβλέπουσά μου, Επίκουρη Καθηγήτρια, κ. Μαρία Συμεωνάκη η οποία ήταν το κίνητρο και η αφορμή για να αγαπήσω τόσο πολύ τη Στατιστική. Η Μ. Συμεωνάκη όλα αυτά τα χρόνια είχε συνεχή παρακολούθηση των σπουδών μου και ήταν πάντα εκεί για μένα παρέχοντάς μου τις γνώσεις της, τις συμβουλές της αλλά και την υποστήριξη σε αυτό τον μοναχικό δρόμο που λέγεται διδακτορικό. Μου πρόσφερε τη δυνατότητα να εκπονήσω διδακτορική διατριβή μαζί της και η οποία ήταν μαζί μου και στις ευχάριστες αλλά και στις δύσκολες στιγμές. Εξίσου, πολλές ευχαριστίες οφείλονται και στα άλλα δύο μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής. Η Καθηγήτρια, κ. Μιχαλοπούλου ήταν διαρκώς εκεί όποτε τη χρειαζόμουν και μου παρείχε γενναϊόδωρα πολύτιμη βοήθεια σε δύσκολα σημεία της έρευνάς μου δείχνοντας μου εμπιστοσύνη. Ειδικά τον τελευταίο καιρό, μου στάθηκε πάρα πολύ και μου έδωσε δύναμη και κουράγιο για να ολοκληρώσω τη διατριβή μου. Επιπλέον, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Καθ. κ. Μιχαλοπούλου που μου παραχώρησε, για αυστηρά προσωπική μου χρήση, τη βάση δεδομένων της έρευνας «Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη» της οποίας ήταν επιστημονικά υπεύθυνη και η οποία διενεργήθηκε υπό την αιγίδα του Εθνικού Κέντρου Κοινωνικών Ερευνών, και που χωρίς αυτή τη βάση δεδομένων δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί η παρούσα διατριβή. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το τρίτο μέλος της συμβουλευτικής μου επιτροπής, την Καθηγήτρια, κ. Καρώνη-Ρίτσαρντσον η οποία με στήριξε από την πρώτη στιγμή ενθαρρύνοντάς με να μελετάω συστηματικά όσο δεν εργαζόμουν και ειδικά στο τέλος του δρόμου αυτού με στήριξε και με εμπύχωσε πάρα πολύ. Ευχαριστώ και τις τρεις για όλη αυτήν τη δύσκολη αλλά όμορφη διαδρομή όλων αυτών των ετών μέσα από την καρδιά μου. Ένα ευχαριστώ είναι πραγματικά λίγο.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου θα ήθελα να πω στην Κατερίνα, η οποία ήταν παρούσα στο τέλος της διατριβής και η οποία με στήριξε συνεχώς.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον παιδικό και παντοτινό μου φίλο Πάρη, ο οποίος, αν και μακριά, ήταν πάντα εκεί να μου δίνει συμβουλές και να με ακούει με τις ώρες μέσα από το Skype. Η παιδική μου φίλη, Ευαγγελία, επίσης μακριά, με στήριξε και με ενθάρρυνε στις δυσκολίες που προέκυπταν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αγαπημένο μου Παναγιώτη που πάντα ήταν εκεί από την αρχή, σαν αφανής ήρωας, χωρίς να μου δημιουργεί άγχος, που με έκανε να ξεχνάω και να γελάω και που με στήριξε ψυχολογικά και έμεινε μαζί μου ως το τέλος.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τον αδελφό μου Ανδρέα ο οποίος ξέχασε ότι έχει μια αδελφή στο σπίτι και την οποία δεν μπορούσε να «πειράξει» και να γελάσει μαζί της. Ανδρέα, σε ευχαριστώ που με υπέμεινες και με βοήθησες στην πράξη όταν το είχα ανάγκη.

Το πιο σημαντικό και πιο βαθύ ευχαριστώ είναι αυτό που θέλω και πρέπει να δώσω στους γονείς μου, Κωνσταντίνο και Φωτεινή. Μαμά και μπαμπά, χωρίς εσάς δεν θα είχα καταφέρει να φτάσω ως εδώ και να κάνω πράξη το όνειρό μου. Σας ευχαριστώ μέσα από την ψυχή μου που με βοηθήσατε τόσο ψυχικά όσο και οικονομικά και ήσασταν πάντα εκεί στις καλές και στις κακές μου στιγμές να με στηρίζετε όταν το είχα ανάγκη. Τα δάκρυα χαράς σας θα με ακολουθούνε πάντα στη ζωή μου και θα μου δίνουν δύναμη να συνεχίσω.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	12
ABSTRACT	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ασαφής Συλλογιστική.....	23
1.1.1 Ασαφής λογική	23
1.1.2 Ασαφή σύνολα και ασαφείς σχέσεις	29
1.1.3 Ασαφή συστήματα συλλογιστικής	41
1.2 Ασαφείς Κλίμακες Likert	52
1.2.1 Κλίμακες Likert.....	52
1.2.2 Ασαφείς κλίμακες Likert.....	61
1.2.3 Κίνητρο, συνεισφορά και περίληψη πρωτότυπου μέρους.....	70
1.3 Επεκτείνοντας τις κλίμακες Likert ή τις υπό κλίμακες	74
1.3.1 Επέκταση των κλιμάκων Likert.....	74
1.3.2 Μονοδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής	76
1.3.3 Πολυδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μια ασαφής κλίμακα Likert για τη μέτρηση της ξενοφοβίας.....	84
2.1 Το δείγμα	84
2.2 Η κλίμακα Likert	84
2.3 Ανάπτυξη του Ασαφούς Συστήματος Συλλογιστικής	88
2.4 Επικύρωση.....	105
2.5 Συμπεράσματα.....	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ανάλυση των προφίλ.....	112
3.1 Εισαγωγή	112
3.2 Μεθοδολογία	112
3.3 Κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert της ξενοφοβίας.....	113
3.4 Συμπεράσματα.....	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κατάταξη ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας με τη χρήση νευρωνικών δικτύων και ασαφών τεχνικών	117
4.1 Εισαγωγή	117

4.2 Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα.....	118
4.3 Μεθοδολογία	124
4.4 Ένα νευρο-ασαφές σύστημα για την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας.....	128
4.4.1 Σύστημα προσδιορισμού επιπέδου ξενοφοβίας ερωτώμενου: Μη αμφισβητούμενες απαντήσεις.....	128
4.4.2 Σύστημα προσδιορισμού επιπέδου ξενοφοβίας ερωτώμενου: Αμφισβητούμενες απαντήσεις.....	129
4.5 Προσδιορισμός τελικού επιπέδου ξενοφοβίας	143
4.6 Επικύρωση.....	144
4.7 Συμπεράσματα.....	148
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	149
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	153
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	162

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1 Τα κοινωνικό-δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτωμένων (N=1200) και ο ενήλικος γενικός πληθυσμός (Απογραφή 1991).....	85
Πίνακας 2.2 Οι ερωτήσεις-μονάδες της κλίμακας Likert που μετρά την ξενοφοβία.....	87
Πίνακας 2.3 Μεταβλητές για τη μέτρηση της ξενοφοβίας.....	90
Πίνακας 2.4 Οι μεταβλητές εισόδου του συστήματος και οι αντίστοιχες γλωσσικές τιμές.....	91
Πίνακας 2.5 Απόσπασμα της βάσης των ασαφών κανόνων για την ΞΕΝΟΦΟΒΙΑ.....	96
Πίνακας 2.6 Η είσοδος των βαθμών ξενοφοβίας για τους πρώτους 56 ερωτώμενους.....	101
Πίνακας 2.7 Δείκτες ξενοφοβίας.....	105
Πίνακας 2.8 Ξενοφοβία (κλασική και ασαφής) για τους πρώτους 56 ερωτώμενους.....	107
Πίνακας 2.9 Pearson's Correlation Coefficients.....	107
Πίνακας 2.10 Spearman's rho Correlation Coefficients.....	107
Πίνακας 2.11 Το δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert για την ξενοφοβία μετασχηματίζοντας τους πρωτογενείς βαθμούς με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες	109
Πίνακας 2.12 Το δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert για την ξενοφοβία μετασχηματίζοντας τους ασαφείς βαθμούς με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες.....	110
Πίνακας 3.1 Σύγκριση των εκατοστημορίων ως νόρμα των πρωτογενών και ασαφών βαθμών.....	111
Πίνακας 3.2 Το κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert της ξενοφοβίας για τους ερωτώμενους με ποσοστιαία διαφορά >10 (Ομάδα 1) και με ποσοστιαία διαφορά<10 (Ομάδα 2).....	112
Πίνακας 4.1 Μέρος της ταξινόμησης των μη αμφισβητούμενων απαντήσεων.....	124
Πίνακας 4.2 Ασαφείς κανόνες συλλογιστικής για τον βαθμό Εμπιστοσύνης.....	134

Πίνακας 4.3 Η έξοδος του βαθμού εμπιστοσύνης.....	137
Πίνακας 4.4 Ασαφείς κανόνες συλλογιστικής για το επίπεδο ξενοφοβίας.....	142
Πίνακας 4.5 Επίπεδα ξενοφοβίας (κλασική και νευρο-ασαφής) για τους πρώτους 56 ερωτώμενους.....	144
Πίνακας 4.6 Pearson's Correlation Coefficients.....	145
Πίνακας 4.7 Spearman's rho Correlation Coefficients.....	145
Πίνακας 4.8 Το δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert για την ξενοφοβία μετασχηματίζοντας τους νευρο-ασαφείς βαθμούς με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες.....	147
Πίνακας A1 Κανόνες συλλογιστικής μορφής για την ξενοφοβία.....	155
Πίνακας A2 Κώδικας MATLAB.....	167

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1 Ασαφές singleton.....	32
Σχήμα 1.2 Οι συναρτήσεις συμμετοχής του παραδείγματος για τα συνεχή ασαφή σύνολα.....	35
Σχήμα 1.3 Βασικά είδη συναρτήσεων συμμετοχής.....	38
Σχήμα 1.4 Τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής.....	39
Σχήμα 1.5 Τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής.....	40
Σχήμα 1.6 Αρχιτεκτονική απεικόνιση ενός έμπειρου συστήματος.....	44
Σχήμα 1.7 Η ηλικία σε εύρος [0,100] ως (α) ασαφής μεταβλητή και (β) ως παραδοσιακή (κλασική) μεταβλητή.....	45
Σχήμα 1.8 Αρχιτεκτονική απεικόνιση ενός τυπικού ασαφούς ελεγκτή.....	48
Σχήμα 1.9 Ασαφές σύστημα συλλογιστικής με τη χρήση του Fuzzy Logic Toolbox.....	50
Σχήμα 1.10 Απεικόνιση ενός τυπικού ασαφούς συστήματος Mamdani.....	51
Σχήμα 1.11 Ασαφής βαθμολογική κλίμακα.....	64
Σχήμα 1.12 Εφαρμογή μίας κλίμακας ασαφούς μετατροπής σε μια κλίμακα Likert πέντε σημείων.....	66
Σχήμα 1.13 Απόσπασμα λογισμικού για συμπλήρωση ερωτηματολογίων.....	69
Σχήμα 1.14 Μια ιδανική υποθετική μονοδιάστατη παραγοντική λύση που παράγεται με PCA και EFA για τον έλεγχο της συνοχής (εγκυρότητα	

κατασκευής της εννοίας) της κλίμακας χωρίς διασταυρούμενα φορτία (no cross-loadings).....	77
Σχήμα 1.15 Μια πραγματική υποθετική μονοδιάστατη παραγοντική λύση που παράγεται με PCA και EFA για τον έλεγχο της συνοχής (εγκυρότητα κατασκευής της εννοίας) της κλίμακας με διασταυρούμενα φορτία (with cross-loadings).....	78
Σχήμα 1.16 Η λειτουργία του συστήματος.....	81
Σχήμα 1.17 Μια ιδανική υποθετική πολυδιάστατη παραγοντική λύση που παράγεται με PCA και EFA για τον υπολογισμό της συνοχής (εγκυρότητα κατασκευής της εννοίας) της κλίμακας χωρίς φορτία.....	82
Σχήμα 2.1 Οι εισόδοι και η έξοδος του συστήματος.....	89
Σχήμα 2.2 Ασαφής διαμέριση της 1 ^{ης} εισόδου: Παρέμβαση από Δημόσιες Αρχές (IPA).....	91
Σχήμα 2.3 Ασαφής διαμέριση της 2 ^{ης} εισόδου: Στερεοτυπικός Στιγματισμός των Ξένων (SSF).....	92
Σχήμα 2.4 Ασαφής διαμέριση της 3 ^{ης} εισόδου: Προβολή του Εαυτού (PS).....	92
Σχήμα 2.5 Ασαφής διαμέριση της 4 ^{ης} εισόδου: Ηλικία (Age).....	92
Σχήμα 2.6 Ασαφής διαμέριση της 5 ^{ης} εισόδου: Εκπαίδευση (Education).....	93
Σχήμα 2.7 Ασαφής διαμέριση της 6 ^{ης} εισόδου: Φύλο (Sex).....	93
Σχήμα 2.8 Ασαφής διαμέριση της 7 ^{ης} εισόδου: Πολιτική στάση (Politics).....	93
Σχήμα 2.9 Ασαφής διαμέριση της 8 ^{ης} εισόδου: Συχνότητα εκκλησιασμού (ReligiousPractice).....	94
Σχήμα 2.10 Ασαφής διαμέριση της εξόδου: Ξενοφοβία (Xenophobia).....	94
Σχήμα 2.11 Αναπαράσταση των παραγόντων I, II και III, που παράχθηκαν με τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής μιας κλίμακας που μετράει την ξενοφοβία, ως ασαφείς μεταβλητές IPA, SSF και PS.....	95
Σχήμα 2.12 Οι κανόνες που διέπουν το σύστημα ασαφούς συλλογιστικής.....	99
Σχήμα 2.13 Το πεδίο ορισμού του συστήματος.....	103
Σχήμα 2.14 Η λειτουργία του συστήματος.....	104
Σχήμα 4.1 Αναπαράσταση της διαδικασίας Ερέθισμα – Απόκριση.....	118
Σχήμα 4.2 Γενική μορφή του τεχνητού νευρώνα.....	120
Σχήμα 4.3 Η δομή του υλοποιημένου νευρωνικού δικτύου.....	123

Σχήμα 4.4 Η δομή του προτεινόμενου συστήματος.....	125
Σχήμα 4.5 Οι εισοδοι και η έξοδος του συστήματος.....	130
Σχήμα 4.6 Ασαφής διαμέριση της 1 ^{ης} εισόδου: Ηλικία (Age).....	131
Σχήμα 4.7 Ασαφής διαμέριση της 2 ^{ης} εισόδου: Εκπαίδευση (Education).....	132
Σχήμα 4.8 Ασαφής διαμέριση της 3 ^{ης} εισόδου: Φύλο (Sex).....	132
Σχήμα 4.9 Ασαφής διαμέριση της 4 ^{ης} εισόδου: Πολιτική στάση (Politics).....	133
Σχήμα 4.10 Ασαφής διαμέριση της 5 ^{ης} εισόδου: Συχνότητα εκκλησιασμού (ReligiousPractice).....	133
Σχήμα 4.11 Ασαφής διαμέριση της εξόδου: Εμπιστοσύνη (Trust).....	134
Σχήμα 4.12 Οι κανόνες που διέπουν το σύστημα ασαφούς συλλογιστικής.....	136
Σχήμα 4.13 Το πεδίο ορισμού του συστήματος.....	139
Σχήμα 4.14 Οι εισοδοι και η έξοδος του συστήματος.....	139
Σχήμα 4.15 Ασαφής διαμέριση της 1 ^{ης} εισόδου: Εμπιστοσύνη (Trust).....	140
Σχήμα 4.16 Ασαφής διαμέριση της 2 ^{ης} εισόδου: Βαθμός ερωτώμενου RespondentScore).....	141
Σχήμα 4.17 Ασαφής διαμέριση της εξόδου: Επίπεδο Ξενοφοβίας (Xenophobia Level).....	141
Σχήμα 4.18 Οι κανόνες που διέπουν το δεύτερο σύστημα ασαφούς συλλογιστικής.....	142
Σχήμα 4.19 Το πεδίο τιμών του συστήματος.....	143

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής είναι η Ασαφής Λογική και τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, πεδία της Τεχνητής Νοημοσύνης και πιο συγκεκριμένα των έμπειρων συστημάτων, και η εφαρμογή αυτών στη μέτρηση των στάσεων με τη βοήθεια των κλιμάκων Likert. Οι κλίμακες Likert (ή υπό κλίμακες) συνήθως κατασκευάζονται με την άθροιση (ή τον μέσο όρο) των αντίστοιχων τιμών όταν η εκτίμηση των ψυχομετρικών ιδιοτήτων τους έχει ως αποτέλεσμα την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της κλίμακας. Η παρούσα διδακτορική διατριβή αρχικά παρουσιάζει μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη μιας λύσης συνδυάζοντας τη θεωρία της ασαφούς λογικής με τα στοιχεία της κλίμακας Likert σε μια ενιαία συνολική κλίμακα (ή υπό κλίμακες). Η προτεινόμενη μεθοδολογία συγκεντρώνει τις πληροφορίες που παράγονται από την κατασκευή της εγκυρότητας της εννοίας, τη στατιστική ανάλυση αλλά και τη γνώση των εμπειρών του συστήματος, η οποία παράγεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της θεωρίας, σε ένα ασαφές σύστημα συλλογιστικής με σκοπό να αναπτύξει μια πιο ακριβή μέτρηση για τη στάση. Ακόμα, στην παρούσα διατριβή προτείνεται μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη των «προφίλ» για κάθε άτομο η οποία θα βασίζεται στη σύγκριση των πρωτογενών με τους ασαφείς βαθμούς μιας κλίμακας Likert χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα. Στόχος είναι η διαπίστωση του κατά πόσο οι πρωτογενείς ή ασαφείς βαθμοί αφού μετασχηματιστούν χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα θα αντανακλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της υποκείμενης στάσης. Τέλος, στην παρούσα διατριβή προτείνεται μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη ενός νευρο-ασαφούς συστήματος που θα ταξινομεί τους ερωτώμενους στα επίπεδα της υποκείμενης στάσης λαμβάνοντας υπόψη έναν αριθμό παραγόντων που είναι σημαντικοί μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την αβεβαιότητα. Η αξιολόγηση των μεθοδολογιών που παρουσιάζονται δοκιμάζονται σε μια κλίμακα Likert που χρησιμοποιήθηκε σε μια δειγματοληπτική έρευνα μεγάλης κλίμακας για τη μέτρηση της ξενοφοβίας στη Βόρεια Ελλάδα και η οποία διενεργήθηκε υπό την αιγίδα του Εθνικού Κέντρου Κοινωνικών Ερευνών με επιστημονικά υπεύθυνη την Καθ. κ. Μιχαλοπούλου. Οι μεθοδολογίες μπορούν να εφαρμοστούν με μικρές τροποποιήσεις σε άλλα σύνολα δεδομένων.

Λέξεις κλειδιά: κλίμακες Likert, Τεχνητή Νοημοσύνη, θεωρία Ασαφούς Λογικής, Ασαφή Συστήματα Συλλογιστικής, ασαφείς κανόνες, συναρτήσεις συμμετοχής, αξιοπιστία, παραγοντική ανάλυση, ανάλυση των «προφίλ», Νευρωνικά Δίκτυα, νευρο-ασαφή συστήματα

ABSTRACT

The object of this doctoral thesis is Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks, domains of Artificial Intelligence, and their extension in Likert scales. Likert scales (or subscales) are usually constructed by summing up the items when the assessment of their psychometric properties has resulted in showing that the scale is both reliable and valid. This doctoral thesis presents a methodology for developing a fuzzy set theory solution to combine Likert items into a single overall scale (or subscales). The proposed methodology puts together information produced by construct validity assessment, statistical analysis and experts' knowledge produced during theory development, in a fuzzy inference system to develop a more accurate attitude measurement. Moreover, this thesis presents a methodology for developing individuals' profiles based on fuzzy Likert scale scores using percentile norms. The aim is the determination whether the normative or fuzzy data after their transformation using the percentile norms will better reflect the relative levels of the underlying attitude. Finally a neuro-fuzzy system is proposed that classifies the respondents into levels of the underlying attitude considering a number of crucial factors thereby reducing the uncertainty. The evaluation of the methodologies presented are tested on a Likert scale that was used in a large-scale sample survey for measuring xenophobia in Northern Greece conducted under the auspices of the National Centre for Social Research with scientifically responsible Prof. Michalopoulou. The methodologies can be applied with minor modifications to other data sets.

Keywords: Likert scales, Artificial intelligence, Fuzzy set theory, Fuzzy inference Systems, fuzzy rules, membership functions, reliability, exploratory factor analysis, Profile analysis, Neural Networks, Neuro-Fuzzy Systems

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα ευφυές σύστημα είναι ένα υπολογιστικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί μια διαθέσιμη εκτεταμένη βάση γνώσης σε ένα συγκεκριμένο πεδίο με σκοπό τη λήψη αποφάσεων. Η γνώση αυτή οργανώνεται υπό τη μορφή ενός συνόλου από κανόνες, οι οποίοι επιτρέπουν στο σύστημα να βγάζει συμπεράσματα από τα διαθέσιμα δεδομένα. Αυτή η «βασισμένη – στη – γνώση» μεθοδολογία για την επίλυση προβλημάτων και γενικότερα για τη σχεδίαση συστημάτων αποτέλεσε μία εξελικτική μεταβολή στην Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) με πολύ σημαντικές συνέπειες, γιατί αντικατέστησε την παραδοσιακή μορφή ενός προγράμματος (Δεδομένα + Αλγόριθμος = Πρόγραμμα) με μία καινούργια αρχιτεκτονική που έχει σαν πυρήνες μία βάση γνώσης (knowledge base) και μία μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων (inference engine) η οποία έχει τη μορφή:

$$\text{Γνώση} + \text{Εξαγωγή Συμπερασμάτων} = \text{Έμπειρο Σύστημα.}$$

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως ο Αριστοτέλης ήταν ο πρώτος που διατύπωσε ένα ακριβές σύνολο νόμων που διέπουν το ορθολογικό μέρος της νόησης. Ανάπτυξε δηλαδή ένα άτυπο σύστημα συλλογισμών για τη σωστή συλλογιστική, οι οποίοι θεωρητικά επέτρεπαν να παράγει κάποιος συμπεράσματα μηχανικά με δεδομένες κάποιες αρχικές υποθέσεις. Γενικά, η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: στα συστήματα που λειτουργούν και σκέφτονται και ενεργούν σαν τον άνθρωπο και στα συστήματα που λειτουργούν ορθολογικά. Ένα σύστημα είναι ορθολογικό αν κάνει το «σωστό» με βάση τα όσα γνωρίζει.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η περιοχή της πληροφορικής, η οποία περιλαμβάνει υπολογισμούς και συλλογιστική υπό συνθήκες ανακρίβειας, αβεβαιότητας και μερικής αλήθειας και πετυχαίνει σταθερότητα και χαμηλό κόστος λύσεων. Μέρη της Τεχνητής Νοημοσύνης αποτελούν η Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic), τα Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems), τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks) και οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetics Algorithms) καθώς και οι συνδυασμοί αυτών τα οποία ονομάζονται Υβριδικά Συστήματα και καθένα από τα οποία έχει ιδιαίτερες ιδιότητες και πλεονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, η ασαφής συλλογιστική επιτρέπει την εμφύτευση εμπειρικής γνώσης στο σύστημα, τα νευρωνικά δίκτυα επιτρέπουν στο

σύστημα να μαθαίνει και οι γενετικοί αλγόριθμοι καθιστούν το σύστημα ικανό για αυτό-βελτίωση.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω πεδία μπορούμε να σχεδιάσουμε και να κατασκευάσουμε υβριδικά (μεικτά) συστήματα υπολογιστικής νοημοσύνης, τα οποία είναι ικανά να επιλύουν με υψηλή απόδοση πολύπλοκα πρακτικά προβλήματα. Τα υβριδικά συστήματα υπολογιστικής νοημοσύνης συνδυάζουν τις ιδιότητες κάθε πεδίου και παρακάμπτουν τους περιορισμούς ή τα μειονεκτήματά τους. Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται στα νευρο-ασαφή συστήματα για να «μάθουν» τις συναρτήσεις συμμετοχής ή/ και να καθορίσουν τη δομή των ασαφών συστημάτων. Οι γενετικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται στα ασαφό-γενετικά συστήματα για την αναζήτηση μιας βέλτιστης δομής και ακολούθως για τη ρύθμιση των παραμέτρων. Αντίστροφα, η ασαφής λογική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της συμπεριφοράς των γενετικών αλγορίθμων. Οι γενετικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται στα νευρο-γενετικά συστήματα για την αυτοματοποίηση της σχεδίασης νευρωνικών δικτύων μέσω της γενετικής εκπαίδευσης ή μέσω της γενετικής επιλογής της τοπολογίας αυτών ή μέσω της βέλτιστης επιλογής των παραμέτρων μάθησης. Τέλος, συνδυάζοντας με διάφορους τρόπους τα νευρωνικά δίκτυα, την ασαφή συλλογιστική και τους γενετικούς αλγόριθμους μπορούμε να σχεδιάσουμε νευρο-ασαφή-γενετικά συστήματα τα οποία ολοκληρώνουν τα πλεονεκτήματα και τις ιδιότητες όλων αυτών με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσής τους.

Η περιοχή της Τεχνητής Νοημοσύνης που είναι γνωστή ως Ευφυής Έλεγχος χρησιμοποιείται σε πολύπλοκα συστήματα, στα οποία είναι δύσκολο ή ακόμα και αδύνατο να βρεθεί το μαθηματικό μοντέλο. Επιπλέον, ο Ευφυής Έλεγχος στηρίζεται στη μίμηση του ανθρώπου και την αναπαραγωγή της ανθρώπινης γνώσης, εμπειρίας και συλλογισμού και προσπαθεί να βρίσκει λύσεις στο πρόβλημα ελέγχου μιας διαδικασίας. Στα Ευφυή Συστήματα υπάρχει σαφής διαχωρισμός της γνώσης της ελεγχόμενης διαδικασίας από τον μηχανισμό συμπερασμού, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένας ευφυής ελεγκτής να έχει την ικανότητα να είναι ευέλικτος και να είναι δυνατή η χρήση του σε οποιαδήποτε διαδικασία με το να αλλάζει τη βάση γνώσης του. Στον Ευφυή Έλεγχο οι γλωσσικοί κανόνες (linguistic rules) αναπαριστούν τη γνώση με τη μορφή «AN (συνθήκη) TOTE (αποτέλεσμα)». Ο ευφυής ελεγκτής έχει την ικανότητα να

ανταπεξέλθει κάτω από ένα περιβάλλον ασάφειας και αβεβαιότητας, τόσο της ελεγχόμενης διαδικασίας όσο και του περιβάλλοντός του.

Τα πεδία της Τεχνητής Νοημοσύνης που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διατριβή είναι η Ασαφής Λογική και τα Ασαφή Συστήματα Συλλογιστικής καθώς και τα νευρο-ασαφή συστήματα.

Η αρχή της ασαφούς λογικής συμπυκνώνεται στη διαπίστωση ότι τα πάντα στον πραγματικό κόσμο είναι ζήτημα βαθμού. Στον πραγματικό κόσμο, μεταξύ του άσπρου-μαύρου επικρατεί-κυριαρχεί το γκρίζο σε όλες του τις αποχρώσεις, από το πιο ανοιχτό που προσεγγίζει το άσπρο (αλήθεια), μέχρι το πιο σκούρο που προσεγγίζει το μαύρο (ψεύδος).

Η μαθηματική θεμελίωση της ασαφούς λογικής (fuzzy set theory) βασίζεται στη θεωρία των ασαφών συνόλων, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως μια γενίκευση της κλασικής θεωρίας συνόλων. Η κλασική θεωρία συνόλων βασίζεται στη δίτιμη λογική (αληθές-ψευδές), δηλαδή στην κλασική (Αριστοτέλεια) λογική. Η έννοια της ασάφειας εμφανίζεται σε πολλούς τομείς της ζωής των ατόμων και αποτελεί ένα χαρακτηριστικό της γλώσσας αφού η ανακρίβεια που ενυπάρχει στη συντριπτική πλειονότητα (γλωσσικών) ορισμών και τη χρήση εννοιών και συμβόλων θεωρείται δεδομένη.

Το 1951, ο Jan Lukasiewicz (1951) υπήρξε ο πρώτος που συστηματοποίησε την έννοια της ασαφούς λογικής χρησιμοποιώντας μια πρώιμη ιδέα ασαφών συνόλων, στα οποία εκτός των δύο τιμών της κλασικής λογικής, προσέθεσε και την κατά το ήμισυ αληθή και κατά το ήμισυ ψευδή τιμή. Δηλαδή, εκτός των τιμών 0 και 1 (ψευδές-αληθές, είναι-δεν είναι) της κλασικής λογικής προσέθεσε και μια ενδιάμεση τιμή «είναι κατά το ήμισυ-δεν είναι κατά το ήμισυ» η οποία είναι ταυτόχρονα αληθής (είναι και δεν είναι) χωρίς να δημιουργεί αντίφαση. Από τη στιγμή που διαπιστώθηκε ότι δεν αίρεται η αρχή της αντίφασης, με την εμφάνιση και τρίτης τιμής μεταξύ 0 και 1, άνοιξε ο δρόμος για τη δυνατότητα πολλών, άπειρων τιμών μεταξύ των απόλυτων άκρων. Παρ' όλα αυτά, η «νέα» λογική δεν εκθρονίζει την κλασική λογική. Αντίθετα, τη διευρύνει καθιστώντας την ακριβέστερη δίνοντας τη δυνατότητα προσθήκης άπειρων τιμών μεταξύ του 0 και του 1 της κλασικής λογικής και επιτρέπει τη βαθμοποίηση της αλήθειας, η οποία έτσι κι αλλιώς σχεδόν ποτέ δεν είναι απόλυτη.

Η ασαφής λογική προσεγγίζει την ανθρώπινη λογική και τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης χρησιμοποιώντας ασαφείς έννοιες. Η προσέγγιση αυτή επιτυγχάνεται με την

επινόηση των ασαφών συνόλων, τα οποία είναι σύνολα χωρίς σαφή όρια. Η βεβαιότητα για τη συμμετοχή ενός στοιχείου σε ένα σύνολο στην κλασική θεωρία συνόλων αντικαθίσταται στην ασαφή λογική από τον βαθμό βεβαιότητας συμμετοχής ή αλλιώς τον βαθμό συμμετοχής. Η θεωρία των ασαφών συνόλων και της ασαφούς λογικής μάς βοηθάει στο να βρίσκουμε χρήσιμες και αποδοτικές λύσεις σε πολύπλοκα πρακτικά προβλήματα. Η θεωρία των ασαφών συνόλων θεμελιώθηκε από τον καθηγητή Lofti Zadeh το 1965, την οποία ονόμασε «αρχή του ασυμβίβαστου».

Τα ασαφή συστήματα συλλογιστικής είναι σταθερά και μπορούν να ελεγχθούν για την αξιοπιστία τους. Επίσης, μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας πολυεπίπεδα δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης, όπου κάθε επίπεδο υλοποιεί τους υπολογισμούς που απαιτούνται σε κάθε στάδιο ενός ασαφούς συστήματος. Το πρώτο επίπεδο υπολογίζει τις συναρτήσεις συμμετοχής (ασαφοποίηση), το δεύτερο υλοποιεί τους ασαφείς κανόνες και στη συνέχεια συνδυάζει αυτούς τους κανόνες χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση ελαχίστου. Το τρίτο επίπεδο συνδυάζει τις ασαφείς τιμές που προκύπτουν χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση μεγίστου και τέλος, το επίπεδο εξόδου υλοποιεί την από-ασαφοποίηση.

Από την άλλη, πρέπει να αναφέρουμε πως τα καθαρά συστήματα ασαφούς συλλογιστικής έχουν δύο μειονεκτήματα. Δεν διαθέτουν μια συγκεκριμένη μέθοδο για τον προσδιορισμό των συναρτήσεων συμμετοχής και επιπλέον δεν διαθέτουν μια συνιστώσα μάθησης ή προσαρμοστικότητας. Τα συγκεκριμένα μειονεκτήματα εξαλείφονται αν χρησιμοποιηθούν νευρωνικά δίκτυα για την καθοδήγηση της ασαφούς συλλογιστικής. Πράγματι, τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να εκπαιδευθούν ώστε να επιλέγουν τις συναρτήσεις συμμετοχής (δηλαδή τα ασαφή σύνολα) με αυτόματο τρόπο, όπως επίσης και να επιλέγουν τον αριθμό ή/ και τη μορφή των ασαφών κανόνων. Για τον σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ποικίλες τεχνικές με σχετικές διακυμάνσεις ως προς την απλότητα και εφαρμοστικότητα τους και ως προς τις ικανότητες γενίκευσης που έχουν.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον στην εφαρμογή της ασαφούς λογικής στον χώρο των κοινωνικών επιστημών. Ενδεικτικά αναφέρουμε τη σημαντική μελέτη του Ragin (2007), ο οποίος εισήγαγε τη θεωρία των fsQCA (Qualitative Comparative Analysis using Fuzzy Sets), τη θεωρία που ανέπτυξαν οι Gibilisco, Gowen, Albert, Mordeson, Wierman και Clark (2014),

δηλαδή τη θεωρία της ασαφούς κοινωνικής επιλογής (Fuzzy Social Choice Theory) και τη μελέτη του Badredine (2010), ο οποίος παρουσιάζει τη χρήση της ασαφούς λογικής και των ασαφών συνόλων τύπου-2 στις κοινωνικές επιστήμες με εφαρμογές στην ανάλυση των δεδομένων, στις πολιτικές επιστήμες και στον χώρο των διεθνών σχέσεων. Ασαφή σύνολα τύπου-2 (Zadeh, 1975) είναι ασαφή σύνολα, στα οποία κάθε τιμή της συνάρτησης συμμετοχής είναι πλέον ένα διάστημα και όχι ένα ζεύγος $(x, \mu(x))$. Τα ασαφή σύνολα τύπου-2 γνωρίζουν ιδιαίτερη ανάπτυξη ακόμα μετά το 2000, όταν ο Mendel (2001, 2003, 2007) ανέπτυξε γι' αυτά μία πλήρη μαθηματική θεωρία. Οι Ragin και Pennings (2005) παραθέτουν επιπλέον εφαρμογές της ασαφούς λογικής στις κοινωνικές επιστήμες, ενώ επικυρώνουν τις νέες μεθοδολογίες συγκρίνοντάς τις με τις κλασικές. Επιπλέον, οι Smithson και Verkuilen (2006) διατυπώνουν τις βασικές αρχές της χρήσης της ασαφούς λογικής στις κοινωνικές επιστήμες και παρουσιάζουν εφαρμογές από τον χώρο της ψυχολογίας και του προβλήματος της συννοσηρότητας, όπου δηλαδή κάποια σύνδρομα εμφανίζονται ταυτόχρονα. Αναφέρουμε επίσης, τις επεκτάσεις της θεωρίας των Μη Ομογενών Μαρκοβιανών Συστημάτων (Symeonaki, Stamou & Tzafestas (2002); Symeonaki & Stamou (2004) και Symeonaki (2015)), της εκπαιδευτικής αξιολόγησης (Biswas (1995)), εφαρμογών ψυχολογίας (Kochen (1975)) και των χρονοσειρών (Sah & Degtiarev (2005), Song & Chissom (1993a); (1993b); (1994)), μεταξύ άλλων. Σημαντική είναι επίσης η μελέτη των Betti, D'Adostino και Neri, (2011), όπου μελετάται με τη βοήθεια της ασαφούς λογικής η εκπαιδευτική αναντιστοιχία (educational mismatch), όπως επίσης και η χρήση της έννοιας της πιθανότητας ενός ασαφούς γεγονότος και του Μη Ομογενούς Μαρκοβιανού Συστήματος με ασαφείς καταστάσεις για την περιγραφή της εκπαιδευτικής εξέλιξης και προόδου των φοιτητών στα ελληνικά Πανεπιστήμια (Symeonaki και Kalamatianou, 2011).

Επιπλέον, έχει δοθεί σημαντική ώθηση στον συνδυασμό των ασαφών συστημάτων με τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, η οποία οδήγησε στα νευρο-ασαφή συστήματα (neuro-fuzzy systems) και τα ασαφή νευρωνικά δίκτυα (fuzzy neural networks) (Lin & Lee (1996); Buckley & Hayashi (1995); Halgamuge & Glesner (1994); Klawonn, Kruse, Nauck & Borgelt (2003), κ.ά).

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα χρησιμοποιούνται ευρέως τα τελευταία χρόνια σε διάφορους τομείς λόγω της υπολογιστικής τους ταχύτητας, της ικανότητας

αντιμετώπισης πολύπλοκων μη γραμμικών λειτουργιών και της ικανότητάς τους να αναγνωρίζουν τις σχέσεις μεταξύ ποσοτήτων, οι οποίες είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν. Η χρήση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων σε διάφορες εφαρμογές προσφέρει ευκολία ως προς την υλοποίηση, σχετικά αξιόπιστη λειτουργία και άμεση απόκριση κατά τη φάση της πραγματικής λειτουργίας, εφόσον το Νευρωνικό Δίκτυο υλοποιηθεί σε κάποιο λογισμικό. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν τον υπολογισμό συναρτήσεων, τη βελτιστοποίηση, την πρόβλεψη, τον αυτόματο έλεγχο κ.ά. Τα δεδομένα που εισέρχονται σε ένα νευρωνικό δίκτυο μπορούν να εκπαιδευτούν (training), να επαληθευτούν (validation) και στο τέλος να εφαρμοστούν (test).

Η συγκεκριμένη διατριβή θα συνδυάσει την περιοχή της ασαφούς λογικής και των ασαφών συστημάτων, όπως επίσης και των τεχνητών νευρωνικών δικτύων με τη μέτρηση των στάσεων και ειδικότερα με τη μέτρηση των στάσεων με τη χρήση των κλίμακων Likert. Στις κλίμακες Likert, για κάθε ερώτηση μονάδα, ο ερωτώμενος έχει να επιλέξει ανάμεσα σε διαφορετικές κατηγορίες απαντήσεων, καθεμιά από τις οποίες προσδιορίζει και διαφορετική ένταση συμφωνίας ή διαφωνίας του. Είναι φανερό ότι στα όρια των κατηγοριών αυτών δημιουργείται αβεβαιότητα, η οποία είναι καθοριστική για τη μέτρηση της στάσης του κάθε ατόμου.

Η παρούσα διατριβή έχει οργανωθεί κατά τον ακόλουθο τρόπο. Στο Κεφάλαιο 1 θα γίνει αναφορά στη θεωρία της Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic) και των Ασαφών Συστημάτων Συλλογιστικής (Fuzzy Inference Systems) όπως εισήχθη από τον Zadeh (1965). Θα δούμε πως ένα ασαφές σύστημα μπορεί να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εμπεριέχει τις ειδικές γνώσεις που απαιτούνται για την εκτίμηση ενός αντικειμένου και πώς αυτή η γνώση ή διαφορετικά η γνώση των εμπειρών του συστήματος μπορεί να κωδικοποιηθεί μέσα σε ένα σύστημα ασαφούς λογικής. Μέρος αυτής της κωδικοποίησης είναι οι συναρτήσεις συμμετοχής και οι κανόνες, της μορφής «Αν-Τότε», της ασαφούς συλλογιστικής που διέπουν το σύστημα. Επίσης, θα δούμε τη μέθοδο της από-ασαφοποίησης (defuzzification method), η οποία υπολογίζει την έξοδο του συστήματος και άρα έναν ασαφή βαθμό για τη στάση που μετράμε, δηλαδή στη συγκεκριμένη διατριβή την ξενοφοβία.

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου 1 θα αναφερθούν εν συντομία κάποια σημεία που σχετίζονται με τη μέτρηση των στάσεων στις κοινωνικές επιστήμες και θα παρουσιαστούν εκτενέστερα οι κλίμακες Likert (Likert, 1932), οι οποίες είναι οι πιο

διαδεδομένες κλίμακες που παρέχουν άμεση μέτρηση. Ακόμα, θα αναφερθούν τα προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν από τις συγκεκριμένες κλίμακες, οι προσπάθειες που έχουν γίνει ώστε να εφαρμοστεί η θεωρία της ασαφούς λογικής σε διάφορα κοινωνικά προβλήματα και έπειτα θα εξεταστεί το κίνητρο και οι στόχοι της διατριβής. Στο τέλος του Κεφαλαίου 1 θα παρουσιαστεί η προτεινόμενη μεθοδολογία, που θα εφαρμοστεί στο Κεφάλαιο 2 για τη μελέτη μιας στάσης, επεκτείνοντας τις κλίμακες Likert με τη χρήση της θεωρίας της ασαφούς λογικής. Δίνεται επίσης ο τρόπος με τον οποίο θα κατασκευαστεί το ασαφές σύστημα συλλογιστικής για τη μέτρηση της ξενοφοβίας. Στόχος είναι η ανάπτυξη μιας χρήσιμης μεθοδολογίας για τις κλίμακες Likert, η οποία θα λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας, επιπλέον στατιστικές αναλύσεις, καθώς και τη γνώση των εμπείρων στο πεδίο της στάσης που μετριέται. Επιπλέον, χρησιμοποιείται η γνώση των εμπείρων για την περιγραφή της υπάρχουσας γνώσης στον συγκεκριμένο τομέα της έρευνας και ειδικότερα της υπό μέτρηση στάσης και παρουσιάζεται με τη μορφή κανόνων ασαφούς συλλογιστικής.

Στο Κεφάλαιο 2 της διατριβής θα εφαρμοστεί η προτεινόμενη μεθοδολογία σε μια κλίμακα Likert, η οποία χρησιμοποιήθηκε σε μια μεγάλης έκτασης έρευνα που μετρά την ξενοφοβία στη Βόρεια Ελλάδα και που διενεργήθηκε από το Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών (Μιχαλοπούλου κλπ., 1998). Θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα της συγκεκριμένης έρευνας για μεθοδολογικούς λόγους, καθώς παρέχουν όλες τις απαραίτητες ερωτήσεις που χρειάζονται για την επικύρωση της μεθοδολογίας και οι οποίες χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία ως δείκτες της ξενοφοβίας. Επίσης, θα γίνει παρουσίαση των αποτελεσμάτων (Symeonaki, Michalopoulou και Kazani, 2015) της παραγοντικής ανάλυσης για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας (construct validity assessment), από όπου προέκυψαν τρεις παράγοντες που σχετίζονται με την ξενοφοβία. Στη συνέχεια, θα προσδιοριστούν οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου στο Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής και θα οριστεί το διάνυμα εισόδου για όλους τους ερωτώμενους. Αφού πραγματοποιηθεί ο προσδιορισμός των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, καθώς και το εύρος των τιμών τους, στη συνέχεια θα ασαφοποιηθούν οι είσοδοι, δηλαδή θα καθοριστεί ο βαθμός στον οποίο κάθε είσοδος ανήκει σε ένα ασαφές σύνολο μέσα από τις συναρτήσεις συμμετοχής. Θα επιλεγθούν γλωσσικές τιμές για κάθε μεταβλητή και θα αποτυπωθούν με τα κατάλληλα ασαφή σύνολα. Θα

οριστούν δηλαδή οι είσοδοι του συστήματος με σκοπό την πρόβλεψη του βαθμού ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο. Στη συνέχεια και αφού έχουν ασαφοποιηθεί οι είσοδοι, θα διατυπωθεί το σύνολο των ασαφών κανόνων συλλογιστικής «Αν-Τότε». Θα κατασκευαστεί επομένως ένα ασαφές σύστημα συλλογιστικής για τη μέτρηση της ξενοφοβία που θα μας δώσει ως έξοδο έναν ασαφή βαθμό για κάθε ερωτώμενο, συνδυάζοντας τη γνώση των εμπειρών με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Για να επικυρωθεί η προτεινόμενη μεθοδολογία, οι νέοι βαθμοί θα συσχετιστούν με έναν αριθμό μεταβλητών, είτε γνωστές από τη θεωρία είτε χρησιμοποιούμενες σε άλλες εμπειρικές μελέτες, ως μεταβλητές δείκτες για τη στάση που μετράται. Η ανάλυση θα δείξει πως οι ασαφείς βαθμοί (fuzzy scores) συσχετίζονται ισχυρότερα με όλους τους δείκτες της ξενοφοβίας, από ότι οι πρωτογενείς βαθμοί (crisp scores). Στόχος λοιπόν του κεφαλαίου, μέσα από την παραπάνω διαδικασία, είναι η δημιουργία μιας ασαφούς κλίμακας για την ξενοφοβία, η οποία θα δώσει μian άλλη προσέγγιση στη μέτρηση στάσης και συγκεκριμένα στη μέτρηση της ξενοφοβίας. Επιπλέον στόχος είναι η διερεύνηση του κατά πόσο οι ασαφείς κλίμακες Likert είναι ένα χρήσιμο και αξιόπιστο εργαλείο για τη μέτρηση στάσεων στις κοινωνικές επιστήμες.

Στο συνέχεια στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας διατριβής θα παρουσιαστεί μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη προφίλ στάσεων για κάθε άτομο, η οποία θα στηρίζεται στη σύγκριση των πρωτογενών βαθμών με τους ασαφείς βαθμούς, όπως αυτοί υπολογίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο ασαφές σύστημα συλλογιστικής για τη μέτρηση της ξενοφοβία στο Κεφάλαιο 2, χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα (percentile norms). Η ανάλυση των προφίλ (profile analysis) συνήθως ενδιαφέρεται να κατατάξει τα άτομα σύμφωνα με τους βαθμούς τους σε μία κλίμακα (scaling individuals). Στόχος του Κεφαλαίου είναι να διαπιστωθεί κατά πόσο οι πρωτογενείς ή ασαφείς βαθμοί, αφού μετασχηματιστούν χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα, αντανακλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της υποκείμενης στάσης στις εμπειρικές κοινωνικές διερευνήσεις.

Επιπλέον, στο Κεφάλαιο 4, θα υλοποιηθεί ένα νευρο-ασαφές σύστημα με σκοπό την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας (Symeonaki, Kazani και Michalopoulou, 2018). Θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο σύνολο δεδομένων αλλά και τα αποτελέσματα που αποτυπώθηκαν στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διατριβής. Ειδικότερα, το σύνολο των απαντήσεων των ερωτώμενων στις ερωτήσεις-μονάδες θα

χωριστεί σε δύο κατηγορίες, στις μη-αμφισβητούμενες απαντήσεις και στις αμφισβητούμενες απαντήσεις. Για τις μη αμφισβητούμενες απαντήσεις θα χρησιμοποιηθεί ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, το οποίο θα κατατάξει τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας. Στην περίπτωση των αμφισβητούμενων απαντήσεων θα υλοποιηθούν δύο ασαφή συστήματα, συνδυάζοντας την εμπειρική γνώση, τα οποία θα κατατάξουν τους ερωτώμενους που έχουν δώσει αμφισβητούμενες απαντήσεις σε επίπεδα ξενοφοβίας. Στη συνέχεια θα γίνει συνένωση των αποτελεσμάτων, αυτών του νευρωνικού δικτύου και αυτών των ασαφών συστημάτων με αποτέλεσμα την εκτίμηση του επιπέδου ξενοφοβίας για όλους τους ερωτώμενους. Τα αποτελέσματα αυτά θα συσχετιστούν με τις μεταβλητές δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την επικύρωση των αποτελεσμάτων στο Κεφάλαιο 2.

Στα συμπεράσματα θα δούμε πως η κλασική θεωρία των κλιμάκων Likert μπορεί να επεκταθεί και άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση μιας ακριβέστερης μέτρησης της υπό μελέτης στάσης, η οποία θα διατηρεί τον αρχικό βαθμό και ταυτόχρονα θα ενσωματώνει τις μεθόδους που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ασαφής Συλλογιστική

1.1.1 Ασαφής λογική

Η εισαγωγή της έννοιας της αβεβαιότητας (uncertainty) είναι μία από τις μεγάλες και σημαντικές αλλαγές που έγιναν στην επιστήμη και τα μαθηματικά κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα. Στην επιστήμη, η αλλαγή αυτή εκδηλώθηκε από μια σταδιακή μετάβαση από την παραδοσιακή άποψη, η οποία υποστηρίζει ότι η αβεβαιότητα είναι ανεπιθύμητη στην επιστήμη και πρέπει να αποφευχθεί με κάθε δυνατό μέσο, ενώ η εναλλακτική άποψη είναι ανεκτική ως προς την αβεβαιότητα και ισχυρίζεται ότι η επιστήμη δεν μπορεί να την αποφύγει. Σύμφωνα με την παραδοσιακή άποψη, στόχος της επιστήμης είναι η βεβαιότητα σε όλες τις εκφάνσεις της (ακρίβεια, ευκρίνεια, συνοχή κ.λπ.). Γι' αυτόν τον λόγο, η αβεβαιότητα (ασάφεια, αοριστία, ασυνέπεια κ.λπ.) θεωρείται ως αντιεπιστημονική. Σύμφωνα με τη σύγχρονη άποψη, η αβεβαιότητα θεωρείται απαραίτητη για την επιστήμη και δεν είναι μόνο μια αναπόφευκτη «πληγή», αλλά έχει πράγματι μεγάλη χρησιμότητα (Klir & Yuan, 1995).

Το πρώτο βήμα της μετάβασης από την παραδοσιακή άποψη στη σύγχρονη άποψη της αβεβαιότητας ξεκίνησε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα όταν οι φυσικοί επιστήμονες άρχισαν να ασχολούνται με τις διαδικασίες που διενεργούνται σε μοριακό επίπεδο.

Η ανάγκη για μια ριζικά διαφορετική προσέγγιση για τη μελέτη των φυσικών διαδικασιών σε μοριακό επίπεδο έδωσε το κίνητρο για την ανάπτυξη των σχετικών στατιστικών μεθόδων. Αποδείχθηκε, επίσης, ότι η προσέγγιση αυτή μπορούσε να εφαρμοστεί, όχι μόνο στη μελέτη μοριακών διαδικασιών (στατιστική μηχανική), αλλά σε πολλούς ακόμα τομείς, όπως στην αναλογιστική επιστήμη, στον σχεδιασμό μεγάλων τηλεφωνικών συνδιαλέξεων κ.ά. Στις στατιστικές μεθόδους, οι ειδικές εκδηλώσεις μικροσκοπικών οντοτήτων (μόρια κ.λπ.) αντικαταστήθηκαν με τους στατιστικούς μέσους, οι οποίοι συνδέονται με τις κατάλληλες μακροσκοπικές μεταβλητές. Ο ρόλος που παίζει η ανάλυση στη Νευτώνεια μηχανική, η οποία δεν σχετίζεται με την έννοια της αβεβαιότητας, αντικαταστάθηκε στη στατιστική μηχανική από τη θεωρία των πιθανοτήτων, μια θεωρία που έχει σκοπό να συλλάβει την αβεβαιότητα ενός συγκεκριμένου τύπου (Klir & Yuan, 1995).

Στη συνέχεια, το 1960 κάποιοι ερευνητές έκαναν το δεύτερο βήμα της μετάβασης από την παραδοσιακή στη σύγχρονη άποψη της αβεβαιότητας. Αυτό το δεύτερο βήμα χαρακτηρίστηκε από την εμφάνιση πολλών νέων θεωριών για την έννοια της

αβεβαιότητας, που διαφοροποιήθηκαν από τη θεωρία των πιθανοτήτων. Αυτές οι θεωρίες προκάλεσαν τη μοναδική σχέση μεταξύ αβεβαιότητας και θεωρίας πιθανοτήτων, η οποία θεωρείτο δεδομένη. Οι ερευνητές απέδειξαν ότι η θεωρία των πιθανοτήτων έχει τη δυνατότητα να επιλύει και να διαχειρίζεται μόνο έναν από τους διαφορετικούς τύπους της αβεβαιότητας (Klir & Yuan, 1995).

Σύμφωνα με τους Klir και Yuan (1995) η λογική είναι η μελέτη των μεθόδων και των αρχών του συλλογισμού σε όλες τις δυνατές μορφές της. Η κλασική λογική ασχολείται με προτάσεις που απαιτείται να είναι είτε αληθείς ή ψευδείς. Κάθε πρόταση έχει την αντίθετη πρότασή της, η οποία ονομάζεται άρνηση της πρότασης. Κάθε πρόταση, καθώς και η άρνησή της, καλούνται να υποθέτουν αντίθετες τιμές αληθείας. Μια περιοχή της λογικής, η οποία αναφέρεται ως προτασιακή λογική (propositional logic), μελετά τις λογικές προτάσεις (αν είναι αληθείς ή ψευδείς) που σχηματίζονται από άλλες προτάσεις, με τη χρήση των λογικών συνδέσμων. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται αποκαλούνται λογικές μεταβλητές (logic variables) ή προτασιακές μεταβλητές (propositional variables). Όπως κάθε μεταβλητή αντιπροσωπεύει την υποθετική πρόταση, έτσι μπορεί να αναλάβει μία από τις δύο τιμές αληθείας. Η μεταβλητή δεν έχει επομένως δεσμευτεί για κάθε τιμή αληθείας, εκτός αν μια συγκεκριμένη πρόταση έχει υποκατασταθεί για αυτήν. Ένα από τα σημαντικότερα θέματα που απασχολούν την προτασιακή λογική είναι η μελέτη των κανόνων με τους οποίους οι μεταβλητές της νέας λογικής μπορούν να παραχθούν ως λειτουργίες κάποιων δεδομένων μεταβλητών. Η προτασιακή λογική δεν ασχολείται με την εσωτερική δομή των προτάσεων που παρουσιάζεται από τη λογική των μεταβλητών.

Η ασαφής λογική όπως υποδηλώνει και το όνομά της σχετίζεται με έννοιες όπως η ασάφεια και η αβεβαιότητα. Η έννοια της ασάφειας (fuzziness) απαντάται σε πολλούς τομείς της ζωής μας και αποτελεί ακόμα περισσότερο ένα χαρακτηριστικό της γλώσσας, αφού η ασάφεια που ενυπάρχει στη συντριπτική πλειονότητα των γλωσσικών ορισμών καθώς και η χρήση εννοιών και συμβόλων θεωρείται δεδομένη. Τέτοια χαρακτηριστικά απαντώνται περισσότερο στον τρόπο σκέψης των ανθρώπων και λιγότερο στον τρόπο «σκέψης» των μηχανών και των υπολογιστών. Σύμφωνα με την Καζάνη (2010) «η γλώσσα και ο τρόπος σκέψης της επικοινωνίας των ανθρώπων έχουν εγγενή αυτά τα στοιχεία ως συνέπεια της διαδικασίας σκέψης που ακολουθεί ο εγκέφαλος». Μια τέτοια λογική, δηλαδή μια ασαφής λογική «ταιριάζει» περισσότερο

στον άνθρωπο και άρα με τη θεωρία της ασαφούς λογικής θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι γίνεται μια προσπάθεια να προσεγγίσει ο υπολογιστής την ανθρώπινη σκέψη.

Η προσέγγιση όσον αφορά την αβεβαιότητα στον συλλογισμό έχει διαπιστωθεί με την εφαρμογή της θεωρίας των πιθανοτήτων του Bayes. Στη θεωρία του ο Bayes χρησιμοποιεί μια διαδικασία με την οποία δίνει τις πιθανότητες τού να συμβεί ένα γεγονός πριν συμβεί, στη συνέχεια συλλέγονται τα δεδομένα και έπειτα τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για να αλλάξουν τις εκ των προτέρων πιθανότητες (a priori probabilities) σε εκ των υστέρων πιθανότητες (a posteriori probabilities). Αυτή η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί σε επανάληψη για το καινούργιο γεγονός και συνεπώς να τροποποιεί τις πιθανότητες ενός γεγονότος μέχρι να γίνει πραγματικότητα. Όλες οι αβεβαιότητες δηλώνονται ως ποσοστά της πιθανότητας ότι κάτι θα συμβεί.

Ο Αριστοτέλης θεωρείται γενικά ο δημιουργός της τυπικής λογικής γιατί διατύπωσε τα αξιώματα της λογικής, μελέτησε συστηματικά τη νόηση και τους νόμους της, ταξινόμησε τις κρίσεις, διατύπωσε τη θεωρία των συλλογισμών κ.λπ. Η Καζάνη (2010) αναφέρει πως «ο Νόμος του Αποκλειόμενου μέσου ή διαφορετικά ο νόμος της απόκλισης μάς λέει ότι μεταξύ δύο προτάσεων, που η μία βεβαιώνει κάτι και η άλλη το αρνείται, ορθή πρέπει να είναι είτε η μία είτε η άλλη. Κάθε τρίτη πρόταση αποκλείεται να είναι ορθή». Επιπλέον, η κατηγοριοποίηση, από την εποχή του Αριστοτέλη, διαπερνά τη σκέψη μας καθημερινά. Η κατηγοριοποίηση ή αλλιώς η ταξινόμηση καθιστά δυνατή τη δημιουργία κατηγοριών, οι οποίες γενικεύουν και απλοποιούν, αμβλύνοντας τις ατομικές ιδιαιτερότητες και τονίζοντας τα κοινά χαρακτηριστικά.

Όπως όμως σε κάθε τι καινούργιο επιστημονικά υπάρχει ένας αντίλογος, έτσι και στην περίπτωση της κλασικής λογικής των δύο τιμών ο Ηράκλειτος ισχυριζόταν ότι τα πράγματα μπορούσαν να είναι ταυτόχρονα αληθή και μη αληθή. Ο Πλάτωνας έθεσε τις βάσεις της ασαφούς λογικής λέγοντας ότι υπάρχει και μια τρίτη κατάσταση, εκτός της Αλήθειας και του Ψεύδους, στην οποία οι αντίθετες προτάσεις συγκρούονταν χωρίς καθαρό αποτέλεσμα. Με απλά λόγια, η ασαφής λογική υποστηρίζει ότι τα πράγματα συχνά δεν είναι «άσπρο-μαύρο» αλλά «αποχρώσεις του γκρι». Η ιδέα αυτή θεωρήθηκε ως επαναστατική ως προς τη θεωρία της λογικής γιατί ξέφυγε από το μοντέλο που κυριαρχούσε εδώ και 2.500 χρόνια, δηλαδή το μοντέλο του «0-1» («αληθές-ψευδές»). Η ασαφής λογική είναι ένα υπερσύνολο της κλασικής λογικής, η οποία έχει επεκταθεί

ώστε να μπορεί να χειριστεί τιμές αληθείας μεταξύ του «απολύτως αληθούς» και του «απολύτως ψευδούς».

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ασάφεια είναι μια ιδιότητα της γλώσσας. Η κύρια προέλευσή της είναι η αοριστία που υπάρχει στον ορισμό και τη χρήση συμβόλων. Σύμφωνα με τον Τζαφέστα (2002) «μαθηματικά, ο όρος ασάφεια σημαίνει πολλαπλότητα τιμών και πηγάζει από την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg». Για παράδειγμα, έστω ένα σύνολο από καρέκλες σε ένα δωμάτιο. Στη θεωρία συνόλων, το σύνολο από καρέκλες μπορεί να προσδιοριστεί δείχνοντας κάθε αντικείμενο στο δωμάτιο και κάνοντας την ερώτηση «Είναι αυτό μια καρέκλα;». Στην κλασική θεωρία συνόλων μας επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουμε μόνο δυο απαντήσεις: Ναι ή Όχι. Αν κωδικοποιήσουμε το ναι με "1" και το όχι με "0", οι απαντήσεις μας θα βρίσκονται στο ζεύγος $\{0,1\}$. Εάν η απάντηση είναι "1" το στοιχείο ανήκει στο σύνολο, ενώ, αν η απάντηση είναι "0", δεν ανήκει στο σύνολο. Στο τέλος, συλλέγουμε όλα τα αντικείμενα για τα οποία πήραμε την απάντηση "1" και βρίσκουμε το «σύνολο των καρεκλών σε ένα δωμάτιο». Αν υποθέσουμε τώρα ότι γίνεται η ερώτηση «Ποια αντικείμενα σε ένα δωμάτιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καρέκλα;». Και πάλι δείχνοντας κάθε αντικείμενο γίνεται η ερώτηση «μπορεί αυτό να χρησιμοποιηθεί σαν καρέκλα;». Η απάντηση εδώ μπορεί επίσης, τεχνικά να περιοριστεί στο $\{0,1\}$. Ακόμα, το σύνολο από αντικείμενα σε ένα δωμάτιο τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καρέκλα μπορεί να περιλαμβάνει όχι μόνο καρέκλες αλλά επίσης τραπέζια, κουτιά, τμήματα του πατώματος κ.λπ. δηλαδή είναι ένα σύνολο όχι μονοσήμαντα ορισμένο. Όλα εξαρτώνται από το τι εννοούμε με τη λέξη «χρήση». Λέξεις σαν τη «χρήση» έχουν διαφορετικές εννοιολογικές σημασίες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Το νόημα και η χρήση τους μπορεί να μεταβάλλεται από άνθρωπο σε άνθρωπο, ανά σκοπό και ανά περίπτωση. Αυτό εξαρτάται από τον ακριβή ορισμό μιας κατάστασης. Για τον λόγο αυτό θεωρούμε ότι το σύνολο των αντικειμένων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καρέκλες, είναι ένα ασαφές σύνολο (fuzzy set), με την έννοια ότι μπορεί να μην υπάρχουν συγκεκριμένα καθορισμένα κριτήρια για να αποφασίσουμε τη συμμετοχή ενός αντικειμένου στο σύνολο. Αντικείμενα όπως τραπέζια, κιβώτια, τμήματα του πατώματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καρέκλες σε ένα βαθμό (Καζάνη, 2010). Συχνά όταν ασχολούμαστε με την αβεβαιότητα, δεν

είμαστε απολύτως σίγουροι για ένα γεγονός, αλλά έχουμε έναν λόγο να πιστεύουμε ότι μπορεί να είναι πιθανά αληθής.

Στη συνέχεια, ο Jan Lukasiewicz, φιλόσοφος και μαθηματικός, πρότεινε μια λογική τριών τιμών έναντι της κλασικής λογικής, που όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιεί δύο τιμές $\{0, 1\}$. Ο Lukasiewicz (1951) θεώρησε ότι η τρίτη τιμή μπορούσε να ερμηνευθεί ως «πιθανώς» και έτσι της έδωσε μια αριθμητική τιμή ανάμεσα στο Αληθές και στο Ψευδές. Εξέφρασε δηλαδή την απροσδιοριστία ως ένα «συνεχές» μεταξύ των ακραίων τιμών αληθές-ψευδές, καθιστώντας την περιγραφή του πραγματικού κόσμου ζήτημα βαθμού προσέγγισης της αλήθειας και του ψευδούς. Επομένως, μεταξύ των ακραίων τιμών αληθές-ψευδές, ναι-όχι, υπάρχει ένα φάσμα τιμών, οι οποίες περιγράφουν τον πραγματικό κόσμο και συνιστούν τη βάση της ασαφούς λογικής. Η ασαφής λογική είναι αναλογική αντί να είναι διχοτομική και είναι πλειότιμη ή πολύ-τιμη, υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα η συμμετοχή σε ένα σύνολο να πάρει περισσότερες από δύο τιμές.

Αργότερα, ο μαθηματικός Knuth, βασιζόμενος στην ιδέα του Lukasiewicz χρησιμοποίησε το σύνολο $\{-1, 0, +1\}$ για τις τιμές της νέας λογικής, χωρίς όμως η θεωρία του να βρει ιδιαίτερη απήχηση.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο στην εξέλιξη της σύγχρονης έννοιας της αβεβαιότητας ήταν η δημοσίευση ενός κειμένου από τον Lofti Asker Zadeh το 1965, αν και κάποιες ιδέες είχαν ήδη παρουσιαστεί το 1937 από τον Αμερικανό φιλόσοφο, Max Black. Ο Zadeh (1965) στο κείμενό του περιγράφει τα μαθηματικά της θεωρίας των ασαφών συνόλων και κατ' επέκταση την Ασαφή Λογική. Ο Zadeh (1965) στην εργασία του «Fuzzy sets» συνέθεσε σε σύνολο οργανωμένο και κατέστησε εμφανή τη σημασία και τη σπουδαιότητα της ασαφούς λογικής. Η κύρια ιδέα στη θεωρία του Zadeh είναι η συγχώνευση της κλασικής λογικής του Lukasiewicz στην έννοια των ασαφών συνόλων. Ουσιαστικά, εισήγαγε τη δυνατότητα συμμετοχής μεταξύ των απολύτων τιμών 0 και 1 της κλασικής λογικής.

Στη θεωρία που διατύπωσε λοιπόν ο Zadeh (1965), εκτός από το γεγονός ότι αμφισβήτησε τη θεωρία των πιθανοτήτων ως αποκλειστικό εκπρόσωπο της αβεβαιότητας, αμφισβήτησε και τα θεμέλια πάνω στα οποία στηρίζεται η θεωρία των πιθανοτήτων, δηλαδή την κλασική λογική των δύο τιμών (Αληθές, Ψευδές), η οποία έχει τις βάσεις της στην Αριστοτέλεια λογική και την οποία αναφέραμε προηγουμένως.

Πρόκειται για τον Νόμο του Αποκλειόμενου μέσου που αναφέρει ότι «κάθε λογική πρόταση πρέπει να είναι είτε Αληθής είτε Ψευδής» αποκλείοντας κάθε ενδιάμεσο ενδεχόμενο.

Ο Treadwell (1995) θεωρεί ότι η θεωρία της ασαφούς λογικής επιτρέπει σε κάποιον να εκφράσει την αβεβαιότητά του μέσα από έναν κανόνα, τέτοιοι ώστε το αποτέλεσμα της ασαφούς λογικής να μην χαρακτηρίζεται ως αληθές ή ψευδές, αλλά πιθανά αληθές σε έναν βαθμό. Ο βαθμός της βεβαιότητας χαρακτηρίζεται ως «τιμή αληθείας». Η θεωρία των ασαφών συνόλων χρησιμοποιεί το αριθμητικό διάστημα από το 0 έως το 1. Δηλαδή:

- ΛΑΘΟΣ: τιμή αληθείας = 0
- ΣΩΣΤΟ: τιμή αληθείας = 1
- ΑΣΑΦΕΣ: $0 < \text{τιμή αληθείας} < 1$

Η πιθανότητα είναι συναφής με την αβεβαιότητα, η οποία χρησιμοποιείται για να περιγράψει ακόμα και την ασάφεια. Σε αντίθεση με άλλες μετρήσεις η πιθανότητα μετράει τον βαθμό στον οποίο συμβαίνει ένα γεγονός και όχι το πότε συμβαίνει. Η ασάφεια απεικονίζει αυτές τις σχέσεις με προοπτικές συνόλων. Ένα ασαφές σύνολο είναι ένα σημείο σε μια μονάδα υπερκύβου (hypercube) και ένα μη ασαφές σύνολο στη γωνία του υπερκύβου. Ο κύβος του Rubik είναι το κατάλληλο παράδειγμα για να κατανοήσουμε τον προσανατολισμό των ασαφών συνόλων του υπερκύβου (fuzzy sets-as-points hypercube) (Treadwell, 1995). Οι γωνίες του κύβου του Rubik αναπαριστούν τις τιμές της κλασικής Αριστοτέλειας λογικής και τα σημεία μέσα στον κύβο αντιστοιχούν στα ασαφή λογικά σύνολα.

Σύμφωνα με την κβαντική αρχή της απροσδιοριστίας ή της αβεβαιότητας του Zadeh, η ασαφής λογική δίνει μια ικανοποιητική λύση στη λεγόμενη αρχή του ασυμβίβαστου. Ο Zimmermann (2001) αναφέρει πως σύμφωνα με τον Zadeh «όσο η πολυπλοκότητα ενός συστήματος αυξάνει, τόσο η ικανότητά μας να προβαίνουμε σε ακριβείς και σημαντικές δηλώσεις για τη συμπεριφορά του μειώνεται, μέχρι που να φτάσουμε σε ένα όριο (κατώφλι) πέραν του οποίου η ακρίβεια και η σημαντικότητα (ή σχετικότητα) καθίστανται σχεδόν αμοιβαίως αποκλειόμενα χαρακτηριστικά».

Μερικά σημαντικά χαρακτηριστικά της ασαφούς λογικής σύμφωνα με τον Zadeh (1992) είναι τα εξής:

- Τα πάντα είναι θέμα βαθμού.
- Η γνώση ερμηνεύεται ως μια συλλογή ελαστικών, ασαφών περιορισμών σχετικά με τη συλλογή των μεταβλητών.
- Η συμπερασματολογία θεωρείται ως μια διαδικασία διάδοσης των ασαφών περιορισμών.
- Οποιοδήποτε λογικό σύστημα μπορεί να ασαφοποιηθεί.

Η θεωρία των ασαφών συνόλων παρέχει ένα αυστηρό μαθηματικό πλαίσιο (δεν υπάρχει τίποτε το ασαφές στη θεωρία των ασαφών συνόλων) στην οποία τα αόριστα εννοιολογικά φαινόμενα μπορούν να μελετηθούν με ακρίβεια και αυστηρότητα. Ο Zimmermann (2010) ισχυρίζεται ότι η συγκεκριμένη θεωρία μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως γλώσσα μοντελοποίησης, κατάλληλη για τις περιπτώσεις όπου υπάρχουν ασαφείς σχέσεις, κριτήρια και καταστάσεις.

1.1.2 Ασαφή σύνολα και ασαφείς σχέσεις

Η έννοια «σύνολο» κατέχει κεντρική θέση στην επιστήμη των Μαθηματικών και αποτελεί θεμελιώδη σύλληψη πάνω στην οποία δομείται το οικοδόμημα όλων των θετικών επιστημών. Τα σύνολα, όπως τα γνωρίζουμε, είναι συγκεκριμένα συλλογές διαφορετικών στοιχείων (αριθμών, συμβόλων, αντικειμένων κ.λπ.) και για αυτόν τον λόγο αποκαλούνται επίσης σύνολα διακριτών και αριθμήσιμων στοιχείων ή κλασικά (crisp) σύνολα.

Ο Zadeh (1965) παρατήρησε πως ο παραδοσιακός τρόπος περιγραφής ενός συστήματος, που στηρίζεται στην αυστηρή λογική ότι μια κατάσταση μπορεί να έχει μόνο δύο μορφές ύπαρξης ή μη ύπαρξης, συνεπάγεται απώλεια πληροφορίας όταν η πολυπλοκότητα του συστήματος αυξάνεται. Επιπλέον ο Zadeh (1965) θεωρεί πως ο πυρήνας του αδιεξόδου είναι ο δυαδικός τρόπος αναπαράστασης της πληροφορίας όπου η τιμή μιας μεταβλητής είτε ανήκει είτε δεν ανήκει σε ένα υποσύνολο του πεδίου ορισμού της. Επομένως, πρότεινε έναν διευρυμένο τρόπο αναπαράστασης όπου μια τιμή ανήκει ταυτόχρονα σε πολλά υποσύνολα, στο κάθε ένα με έναν βαθμό συμμετοχής. Κάθε τέτοιο υποσύνολο το οποίο περιλαμβάνει στοιχεία, όπου κάθε ένα έχει έναν βαθμό συμμετοχής, είναι ασαφές σύνολο.

Τα κλασικά σύνολα αποτελούν συλλογές στοιχείων τα οποία ορίζονται σε ένα πεδίο ορισμού U (universal set) ή αλλιώς σε ένα υπερσύνολο αναφοράς (universe of

discourse) και έχουν μια κοινή ιδιότητα. Τα κλασικά σύνολα ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να χωρίζουν τα άτομα που δίνονται σε ορισμένα υπερσύνολα αναφοράς σε δύο ομάδες: τα μέλη (αυτά που σίγουρα ανήκουν στο σύνολο) και στα μη μέλη (αυτά που σίγουρα δεν ανήκουν στο σύνολο) (Klir & Yuan, 1995). Στην κλασική θεωρία συνόλων ένα αντικείμενο είτε ανήκει είτε όχι σε ένα σύνολο, ενώ στην ασαφή θεωρία συνόλων ένα αντικείμενο ανήκει στο σύνολο σε έναν συγκεκριμένο βαθμό (Stoilos, Stamou, Pan, Tzouvaras & Horrocks, 2007). Τα στοιχεία ενός κλασικού συνόλου A , είτε ανήκουν είτε δεν ανήκουν στο A , μπορούν να παρασταθούν με τη χαρακτηριστική συνάρτηση του A που ορίζεται ως εξής:

$$X_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{iff } x \in A \\ 1 & \text{iff } x \notin A \end{cases} \quad (1.1)$$

όπου τα σύμβολα \in και \notin συμβολίζουν ότι το x ανήκει ή δεν ανήκει στο σύνολο A αντίστοιχα και το iff σημαίνει «εάν και μόνο εάν» (if and only if). Το ζεύγος των αριθμών $\{0,1\}$ ονομάζεται σύνολο τιμών. Ένας πιο συνηθισμένος τρόπος γραφής της παραπάνω σχέσης είναι:

$$X_A(x): X \rightarrow \{0,1\} \quad (1.2)$$

Η τελευταία σχέση μας δείχνει ότι υπάρχει μια συνάρτηση $X_A(x)$ που απεικονίζει κάθε στοιχείο του υπερσυνόλου αναφοράς (universe of discourse) στο $\{0,1\}$. Πρέπει να τονιστεί ότι η χαρακτηριστική συνάρτηση είναι ένας μηχανισμός για την απεικόνιση του υπερσυνόλου X στο σύνολο των τιμών $\{0,1\}$. Σημαντικές πράξεις στα κλασικά σύνολα είναι η ένωση και η τομή γνωστές από τα κλασικά μαθηματικά.

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι στα κλασικά σύνολα ακολουθείται η αριστοτελική αρχή ότι οι δύο ομάδες των στοιχείων που ανήκουν και δεν ανήκουν στο σύνολο A είναι αμοιβαία αποκλειόμενες. Ο ορισμός της συνάρτησης $X_A(x)$ υποδηλώνει ότι το όριο του κλασικού συνόλου είναι σαφές και συγκεκριμένο (crisp) διχοτομώντας κατά κάποιον τρόπο απόλυτα το πεδίο ορισμού στις δύο παραπάνω ομάδες. Για αυτόν τον λόγο τα κλασικά σύνολα ονομάζονται σαφή ή προσδιορισμένα σύνολα (crisp sets).

Ένα παράδειγμα για να κατανοήσουμε ακριβώς τα κλασικά σύνολα είναι το παρακάτω. Αν θεωρήσουμε ως πεδίο ορισμού τις ηλικίες $\{0, 1, \dots, 100\}$ και θέλουμε να δημιουργήσουμε το σύνολο των ηλικιών που έχουν την ιδιότητα «νέος άνθρωπος», η αριστοτελική προσέγγιση μας υποχρεώνει να καθορίσουμε το ηλικιακό κατώφλι του νέου με απόλυτο τρόπο (π.χ. τα 30 έτη), έτσι ώστε να οδηγηθούμε στο ακόλουθο εννοιολογικό παράδοξο:

- Οι ηλικίες 0 έως 30 υπάγονται στο σύνολο «νέος άνθρωπος» κατά 100%, δηλαδή δεν διαφέρουν μεταξύ τους ως προς αυτήν την ιδιότητα.
- Ένας άνθρωπος 31 ετών δεν είναι νέος και μάλιστα κατά το ίδιο ποσοστό που δεν είναι νέος και ένας άνθρωπος 75 ετών, δηλαδή η ιδιότητα της νεότητας χάνεται απότομα και με τρόπο παρόμοιο για όλες τις ηλικίες άνω του καθορισθέντος ορίου των 30 ετών.

Είναι προφανές ότι η υλοποίηση της έννοιας «νέος άνθρωπος» με τη χρήση κλασικών συνόλων απέχει από τον ανθρώπινο τρόπο αντίληψης σύμφωνα με τον οποίο η ιδιότητα της νεότητας χάνεται σταδιακά και όχι απότομα. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του Κεφαλαίου 1 ο άνθρωπος διαμορφώνει και χειρίζεται πλήθος εννοιών στην καθημερινότητά του, οι οποίες είναι σε μεγάλο βαθμό ασαφείς (vague) ή μη ακριβείς (imprecise). Ο πολύπλευρος ανθρώπινος τρόπος αντίληψης, ο οποίος μεταφέρεται στη γλώσσα με τη χρήση επιθέτων όπως «ψηλός», «όμορφος», «μικρός» κ.λπ., αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία θεμελιώθηκε η ασαφής λογική.

Επομένως, σύμφωνα με την κλασική θεωρία συνόλων υπάρχει μια μάλλον αυστηρή έννοια συμμετοχής ενός αντικειμένου σε ένα σύνολο, δηλαδή ένα στοιχείο ή θα ανήκει ή δεν θα ανήκει σε αυτό. Τα αντικείμενα της θεωρίας της ασαφούς λογικής, δηλαδή τα ασαφή σύνολα είναι σύνολα των οποίων τα όρια δεν είναι ακριβή (Symeonaki, Stamou, & Tzafestas, 2002).

Ο Zadeh (1965) στη θεωρία του για τα ασαφή σύνολα παρουσίασε μια πιο ευέλικτη έννοια της συμμετοχής. Εισήγαγε τη συνάρτηση συμμετοχής (membership function) που έχει ως σύνολο τιμών τους πραγματικούς αριθμούς στο διάστημα $[0,1]$ και το οποίο αντικαθιστούσε τις κλασικές τιμές «Αληθής» και «Ψευδής».

Ένα ασαφές σύνολο είναι μια κατηγορία αντικειμένων με μια συνέχεια της κλιμάκωσης της ιδιότητας του μέλους. Ένα τέτοιο σύνολο χαρακτηρίζεται από μια ιδιότητα μέλους που ορίζει σε κάθε αντικείμενο έναν βαθμό

ιδιότητας μέλους, ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ του μηδενός και της μονάδας. Οι πράξεις της ένωσης, της τομής, του συμπληρώματος, κ.λπ. επεκτείνονται σε τέτοια σύνολα και καθιερώνονται οι διάφορες ιδιότητές τους στα πλαίσια των ασαφών συνόλων» (Zadeh, 1965, σ. 338).

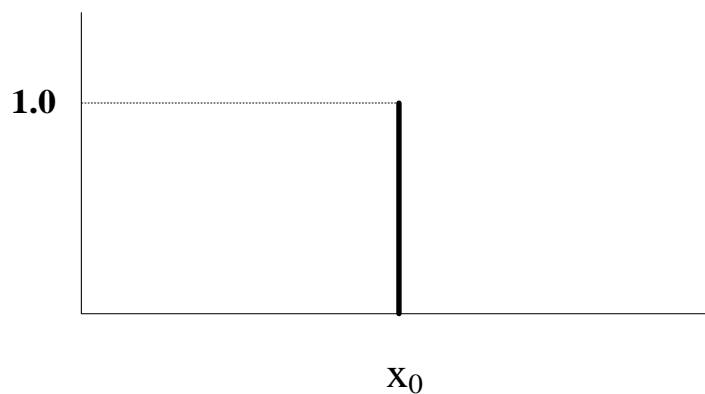
Η συμμετοχή ενός στοιχείου x στο ασαφές σύνολο A (ασαφές σύνολο τύπου-1) δίνεται από τη συνάρτηση συμμετοχής, η οποία συμβολίζεται με $\mu_x(x)$. Η τιμή $\mu_x(x)$ αναφέρεται επίσης και ως βαθμός συμμετοχής (membership degree) του x στο A , καθώς παρέχει τον βαθμό κατά τον οποίο το x ανήκει στο A . Σε αντίθεση με τη χαρακτηριστική συνάρτηση το πεδίο τιμών της συνάρτησης συμμετοχής είναι το διάστημα $[0,1]$. Επομένως, η συνάρτηση συμμετοχής απεικονίζει ένα πεδίο ορισμού U στο πεδίο τιμών $[0,1]$. Το ζεύγος $(x, \mu_A(x))$ ονομάζεται ασαφές singleton (fuzzy singleton).

Πιο αναλυτικά, το ασαφές singleton είναι ένα εκφυλισμένο ασαφές σύνολο (Klir & Yuan, 1995) καθότι αποτελείται από ένα στοιχείο με βαθμό συμμετοχής 1, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του πεδίου ορισμού έχουν τιμή 0:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x = x_0 \\ 0, & x \neq x_0, x \in U \end{cases} \quad (1.3)$$

Στην παρούσα διατριβή θα χρησιμοποιηθεί ο ορισμός του ασαφούς singleton καθώς επιτρέπει την ασαφοποίηση (fuzzification) των δεδομένων εισόδου σε ένα ασαφές σύστημα. Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζεται γραφικά το ασαφές singleton.

Σχήμα 1.1 Ασαφές singleton



Τα ασαφή σύνολα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στα διακριτά ασαφή σύνολα (discrete universe of discourse) και στα συνεχή ασαφή σύνολα (continuous universe of discourse).

Τα διακριτά ασαφή σύνολα αναπτύσσονται σε πεδίου ορισμού και περιγράφονται με ασυνεχείς συναρτήσεις συμμετοχής. Έστω ένα διακριτό πεδίο ορισμού $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Ένα ασαφές σύνολο A περιγράφεται από τα ζεύγη ασαφών singleton $(x_i, \mu_A(x_i))$, $i = 1, \dots, n$:

$$A = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\} \quad (1.4)$$

Η περιγραφή των διακριτών ασαφών συνόλων μέσω των ασαφών singleton γίνεται εναλλακτικά χρησιμοποιώντας τον συμβολισμό της άθροισης (summation notation):

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \quad \text{ή} \quad A = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (1.5)$$

Τα σύμβολα «+», « \sum » και «/» στην εξίσωση (1.14) δεν αντιπροσωπεύουν το αλγεβρικό άθροισμα και τη διαίρεση. Τα μεν «+», « \sum » υποδηλώνουν την ένωση των ασαφών singleton και το «/» υποδηλώνει το ασαφές singleton $(x_i, \mu_A(x_i))$. Τα στοιχεία του πεδίου ορισμού με μηδενικούς βαθμούς συμμετοχής συνήθως παραλείπονται.

Ένα παράδειγμα για να κατανοήσουμε ακριβώς τα διακριτά ασαφή σύνολα είναι το παρακάτω. Θεωρούμε το πεδίο ορισμού Χώρες = {Ελλάδα, Γερμανία, Ολλανδία, Σουηδία, Δανία} = $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ και το ασαφές σύνολο «καλύτερες χώρες για να ζει κάποιος». Το πεδίο ορισμού αποτελείται από μη διατεταγμένα στοιχεία και σύμφωνα με τα αποτελέσματα δημοσκοπήσεων οι προτιμήσεις του κοινού διαμορφώνουν το ακόλουθο ασαφές σύνολο:

$$A = \frac{0.8}{x_1} + \frac{0.7}{x_2} + \frac{0.6}{x_3} + \frac{0.9}{x_4} \quad (1.6)$$

Το στοιχείο Δανία απουσιάζει από τη Σχέση 1.6, γεγονός που υποδεικνύει ότι ο βαθμός συμμετοχής του είναι 0.

Τα συνεχή ασαφή σύνολα, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διατριβή, είναι η δεύτερη κατηγορία των ασαφών συνόλων. Τα συνεχή ασαφή σύνολα έχουν συνεχή πεδία ορισμού και περιγράφονται από συνεχείς συναρτήσεις συμμετοχής. Ένα συνεχές ασαφές σύνολο δηλώνεται ως εξής:

$$A = \int_U \frac{\mu_A(x)}{x} \quad (1.7)$$

Όπως και στη Σχέση 1.5 το σύμβολο \int_U δεν έχει την έννοια του αλγεβρικού ολοκληρώματος αλλά συμβολίζει την «ένωση» των ασαφών singleton.

Το παράδειγμα που δίνεται στη συνέχεια εξηγεί με ακρίβεια το συνεχές ασαφές σύνολο. Έστω το πεδίο ορισμού των ηλικιών $U=[0, 100]$, το οποίο θεωρείται συνεχές. Στον χώρο αυτόν περιγράφουμε τις έννοιες «νέος», «μεσήλικας» και «ηλικιωμένος» με βάση τα ακόλουθα ασαφή σύνολα:

$$A = \text{«νέος»} = \left\{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in U \right\}, \mu_A(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{30} \right)^6} \quad (1.8)$$

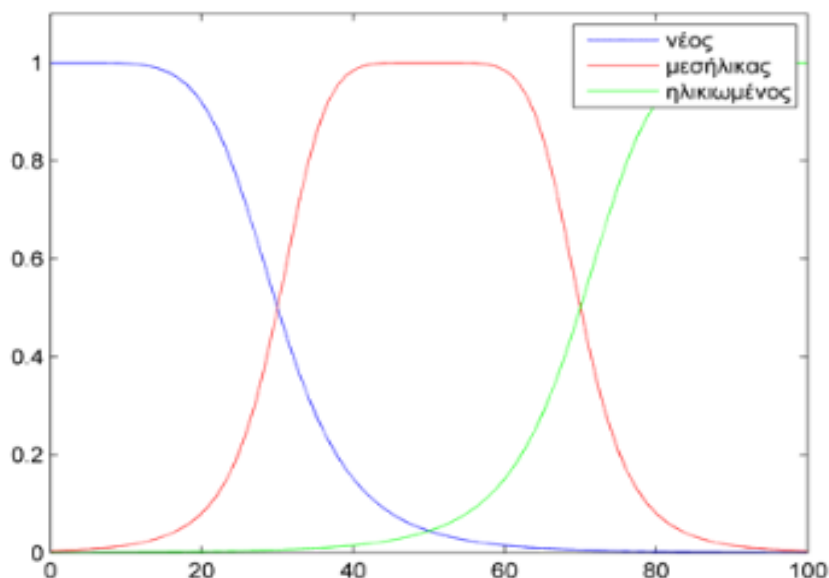
$$B = \text{«μεσήλικας»} = \left\{ (x, \mu_B(x)) \mid x \in U \right\}, \mu_B(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-50}{20} \right)^6} \quad (1.9)$$

$$C = \text{«ηλικιωμένος»} = \left\{ (x, \mu_C(x)) \mid x \in U \right\}, \mu_C(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-100}{30} \right)^6} \quad (1.10)$$

Στο Σχήμα 1.2 παριστάνονται γραφικά οι συναρτήσεις συμμετοχής των τριών ασαφών συνόλων, από όπου προκύπτει ότι το πεδίο ορισμού καλύπτεται πλήρως από τα

τρία ασαφή σύνολα, δηλαδή για κάθε ηλικία υπάρχει ένα τουλάχιστον ασαφές σύνολο με μη μηδενικό βαθμό συμμετοχής.

Σχήμα 1.2 Οι συναρτήσεις συμμετοχής του παραδείγματος για τα συνεχή ασαφή σύνολα



Η μετάβαση από το ένα ασαφές σύνολο στο άλλο γίνεται βαθμιαία. Κάθε σύνολο έχει μία ηλικιακή περιοχή με υψηλούς βαθμούς συμμετοχής. Αυτή η περιοχή χαρακτηρίζει πλήρως το νόημα του ασαφούς συνόλου. Καθώς οι τιμές του x πλησιάζουν στα όρια, τότε οι βαθμοί συμμετοχής σταδιακά μειώνονται. Για παράδειγμα, για το ασαφές σύνολο «νέος» οι τιμές του μέχρι τα 19 έτη δίνουν έναν βαθμό συμμετοχής μεγαλύτερο του 0,95 γεγονός που υποδηλώνει ότι έως και αυτήν την ηλικία περιγράφεται ξεκάθαρα το νόημα του συνόλου. Όσο πλησιάζουμε προς τις ηλικίες των 30 ετών, ο βαθμός συμμετοχής του συνόλου «νέος» μειώνονται αισθητά, ενώ αντίθετα οι βαθμοί συμμετοχής του συνόλου «μεσήλικας» αυξάνουν σταδιακά. Κατά συνέπεια, η ηλικιακή αυτή περιοχή καλύπτεται μεν από τα δύο σύνολα, ωστόσο άτομα με τέτοιες ηλικίες δεν μπορεί να καθορισθούν απόλυτα ότι είναι νέα ή μεσήλικες. Διαθέτουν και τις δύο ιδιότητες κατά ένα ποσοστό, δηλαδή κατά έναν βαθμό που καθορίζεται από τη συνάρτηση συμμετοχής του κάθε συνόλου. Ειδικά ένα άτομο με ηλικία τα 30 έτη εντάσσεται εξίσου στις κατηγορίες νέος και μεσήλικας από τη στιγμή που οι αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής έχουν τον ίδιο βαθμό 0,5. Στην

περίπτωση αυτή λέμε πως έχουμε κατάσταση μέγιστης ασάφειας, δηλαδή το άτομο δεν μπορεί να καταταχθεί σε σαφήνεια ούτε στη μία ούτε στην άλλη κατηγορία.

Συμπερασματικά για τα ασαφή σύνολα μπορούμε να αναφέρουμε κάποιες συνολικές παρατηρήσεις σε σχέση με το παραπάνω παράδειγμα. Στο πεδίο ορισμού της μεταβλητής «ηλικία» λειτούργησαν τρεις μαθηματικές συναρτήσεις. Κάθε μία από τις συναρτήσεις αυτές αντιστοιχεί σε ένα ασαφές σύνολο, δηλαδή σε έναν επιθετικό προσδιορισμό της μεταβλητής «ηλικία». Υπό αυτήν την έννοια η «ηλικία» αντιπροσωπεύει μια λεκτική ή γλωσσική μεταβλητή (linguistic variable) (Zadeh, 1975) η οποία μπορεί να πάρει διάφορες γλωσσικές τιμές (linguistic values) δηλαδή τις τιμές «νέος», «μεσήλικας» και «ηλικιωμένος». Επομένως, οι γλωσσικές μεταβλητές μπορούν να θεωρηθούν σαν γενικεύσεις των κλασικών. Το ζήτημα των γλωσσικών μεταβλητών θα εξετασθεί στη συνέχεια του Κεφαλαίου.

Εν γένει θα λέγαμε ότι η περιγραφή ενός συνόλου εξαρτάται από δύο παράγοντες: (α) την αναγνώριση του κατάλληλου πεδίου ορισμού και (β) τον καθορισμό της αντίστοιχης συνάρτησης συμμετοχής. Ο καθορισμός της συνάρτησης συμμετοχής γίνεται με υποκειμενικό τρόπο και εξαρτάται από το εκάστοτε πρόβλημα. Αυτό σημαίνει ότι οι συναρτήσεις συμμετοχής, οι οποίες δίνονται από διαφορετικά πρόσωπα και αφορούν την περιγραφή της ίδιας έννοιας, είναι πιθανό να διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους.

Η ασάφεια μιας έννοιας έγκειται στον καθορισμό της συνάρτησης συμμετοχής, η οποία περιγράφει με επάρκεια την έννοια. Από τη στιγμή που η συνάρτηση συμμετοχής ορίζεται ως μαθηματική συνάρτηση, δεν έχει από μόνη της κάποια μορφή ασάφεια. Κατά συνέπεια, αντίθετα με την αντίληψη που ορισμένες φορές επικρατεί, η ασαφής λογική αποτελεί ένα εργαλείο επίλυσης προβλημάτων όπου ενυπάρχει ασάφεια και απροσδιοριστία.

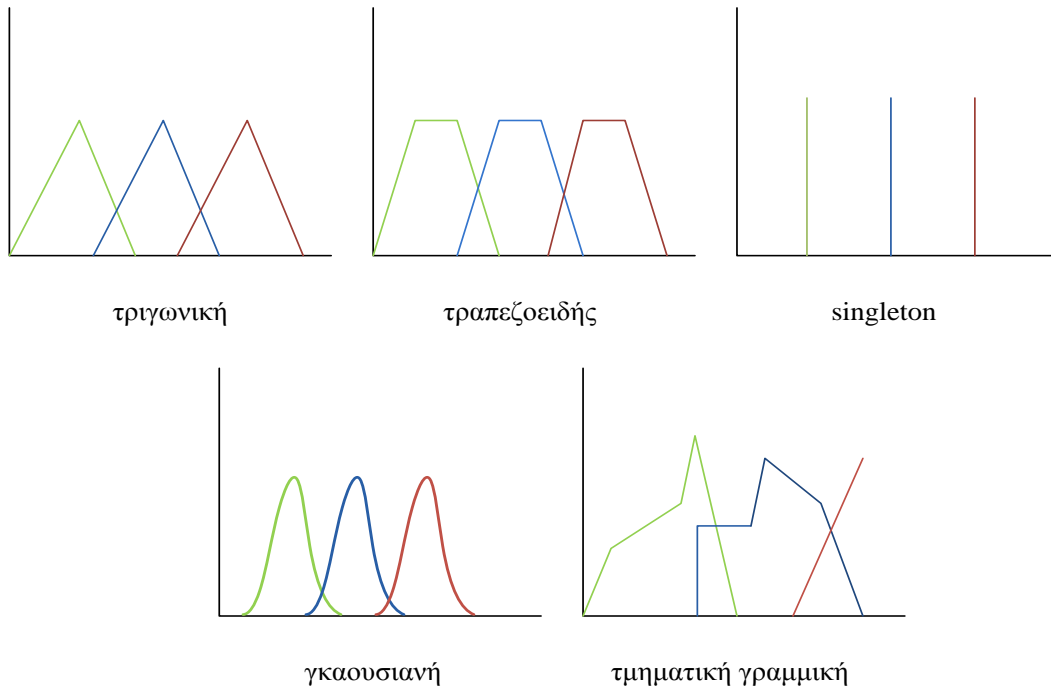
Γενικότερα, η συνάρτηση συμμετοχής είναι ένα απλό με πολλές χρήσεις μαθηματικό εργαλείο που μας βοηθά να ορίσουμε πιο ευέλικτα τη συμμετοχή ενός στοιχείου σε ένα σύνολο. Οι συναρτήσεις συμμετοχής μπορούν να αναπαραστήσουν την υποκειμενική ιδέα μιας αόριστης έκφρασης. Για παράδειγμα, αντικείμενα σε ένα δωμάτιο που μπορούν να λειτουργήσουν ως καρέκλες, επιθυμητή απόδοση, ελάχιστη βελτίωση, μεγάλη βελτίωση είναι αόριστες εκφράσεις, οι οποίες μπορούν να παρασταθούν με τη βοήθεια των συναρτήσεων συμμετοχής. Οι συναρτήσεις συμμετοχής μπορούν επίσης

να υπολογιστούν με βάση τα στατιστικά δεδομένα. Η μαθηματική επομένως περιγραφή των ασαφών συνόλων γίνεται μέσω των συναρτήσεων συμμετοχής (membership functions, MF). Για τις συνεχείς συναρτήσεις συμμετοχής είναι πρακτικά αδύνατη η περιγραφή μέσω των ζευγών ασαφών singleton. Κατά συνέπεια, χρησιμοποιούνται οι συνεχείς συναρτήσεις, οι οποίες είναι παραμετροποιημένες (parameterized functions). Καθορίζοντας τις παραμέτρους μιας συνάρτησης συμμετοχής μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά της. Διαφορετικές συναρτήσεις συμμετοχής είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικό πλαίσιο για τον χαρακτηρισμό των ασαφών συνόλων. Το συγκεκριμένο σχήμα καθορίζεται από το περιεχόμενο της κάθε εφαρμογής. Υπάρχουν διάφορα είδη συναρτήσεων συμμετοχής, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και παρέχονται ως επιλογές στο λογισμικό της MATLAB (λογισμικό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του ασαφούς συστήματος συλλογιστικής). Γενικά, μία συνάρτηση συμμετοχής μπορεί να είναι για παράδειγμα: τραπεζοειδής (trapezoidal), τριγωνική (triangular), τμηματικά γραμμική συνάρτηση (piecewise-linear function), γενικευμένη κωδωνοειδής (generalized bell-shaped), γκαουσιανή (Gaussian), δίπλευρη ή ασύμμετρη (two-sided), σιγμοειδής (sigmoidal), δισδιάστατη ή πολυδιάστατη συνάρτηση συμμετοχής (two-dimensional membership functions). Στην παρούσα διατριβή θα εφαρμοστούν οι τραπεζοειδείς και οι τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής που είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες συναρτήσεις συμμετοχής στη βιβλιογραφία. Οι Barga, Mudunuri και Kosheleva (2014) επιχειρούν μία θεωρητική εξήγηση αυτού του γεγονότος. Στο Σχήμα 1.3 παρουσιάζονται κάποια από τα βασικά είδη συναρτήσεων συμμετοχής.

Πιο συγκεκριμένα, η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής (trapezoidal membership function) αποτελεί μία τμηματικά γραμμική συνάρτηση. Περιγράφεται από μία τετράδα παραμέτρων $\{a, b, c, d\}$, οι οποίες καθορίζουν την ενεργό περιοχή και τον πυρήνα της καθώς παρέχουν τις συντεταγμένες των τεσσάρων κορυφών του τραπεζίου.

$$\text{trapezoidal MF}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x < d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (1.11)$$

Σχήμα 1.3 Βασικά είδη συναρτήσεων συμμετοχής



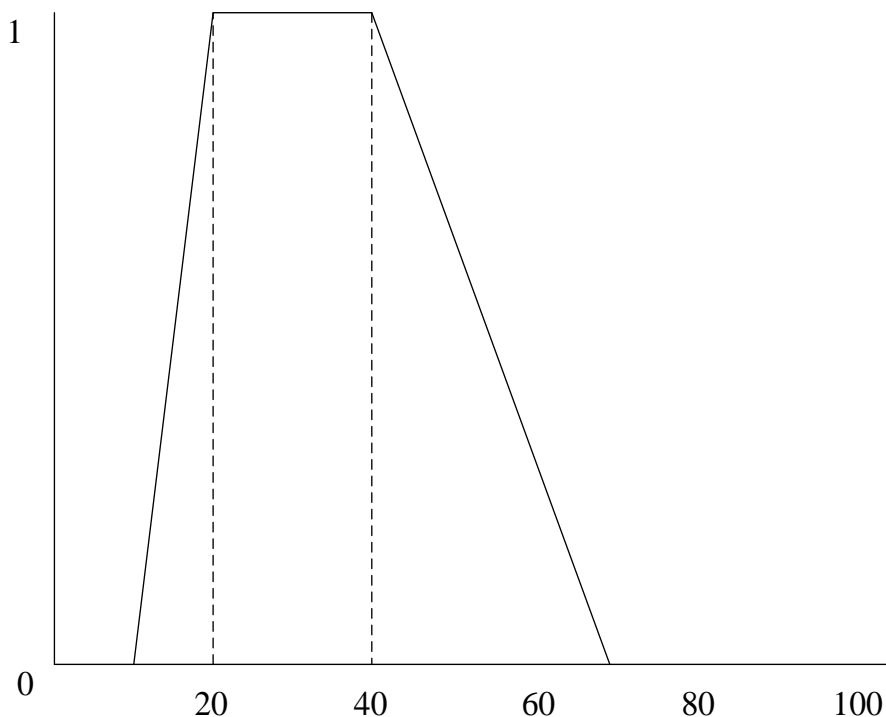
Η Σχέση 1.11 μπορεί να γραφτεί σε μια συμπαγή μορφή, άμεσα υλοποιήσιμη στο αντίστοιχο πρόγραμμα της MATLAB, ως εξής:

$$\text{trapezoidal MF}(x; a, b, c, d) = \max \left\{ \min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right\} \quad (1.12)$$

Η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής έχει την απλούστερη δυνατή μορφή συμμετοχής και απαιτεί μικρή υπολογιστική δύναμη για την υλοποίησή της, καθώς τμηματικά αποτελείται από πολυώνυμα πρώτης τάξης. Για τον λόγο αυτόν προτιμάται κυρίως σε ασαφή συστήματα πραγματικού χρόνου (real-time). Η γραφική απεικόνισή της δίνεται στο Σχήμα 1.4, όπου οι παράμετροι λαμβάνουν τιμές $\{a, b, c, d\} = \{10, 20, 40, 70\}$.

Όσον αφορά την τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής (triangular membership function) προέρχεται από την τραπεζοειδή συνάρτηση συμμετοχής, αν $b=c$, δηλαδή αν εξαλειφθεί ο οριζόντιος κλάδος που συνιστά τη μικρή βάση της τραπεζοειδούς συνάρτησης. Περιγράφεται από μία τριάδα παραμέτρων $\{a, b, c\}$, οι οποίες παρέχουν τις συντεταγμένες των τριών κορυφών του τριγώνου.

Σχήμα 1.4 Τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής



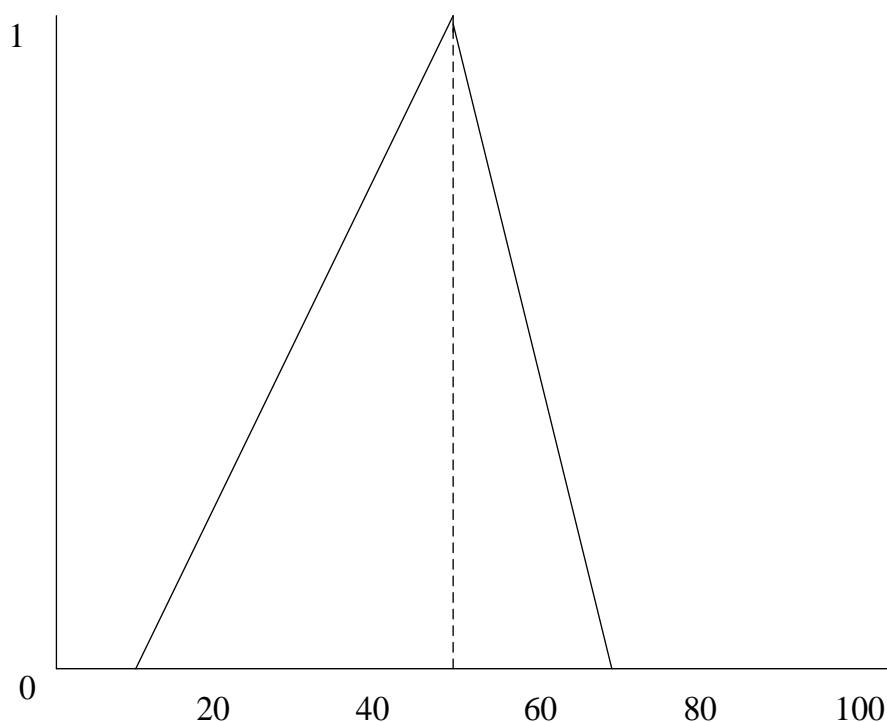
$$\text{triangular MF } (x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x < c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (1.13)$$

Σε συμπαγή μορφή, η οποία μπορεί να υλοποιηθεί στην MATLAB, η Σχέση 1.13 γράφεται ως εξής:

$$\text{triangular MF } (x; a, b, c) = \max \left\{ \min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right\} \quad (1.14)$$

Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά υλοποίησης με την τραπεζοειδή για αυτό προτιμάται και αυτή σε ασαφή συστήματα πραγματικού χρόνου (real-time). Ένα παράδειγμα της γραφικής της απεικόνισης δίνεται στο Σχήμα 1.5, όπου οι παράμετροι λαμβάνουν τις τιμές $\{a,b,c\}=\{10,50,70\}$.

Σχήμα 1.5 Τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής



Επομένως, οι συναρτήσεις συμμετοχής και τα ασαφή σύνολα αποτελούν έννοιες αλληλένδετες. Η συνάρτηση συμμετοχής ορίζει το ασαφές σύνολο και χρησιμοποιείται για να συνδέσει τον βαθμό συμμετοχής κάθε στοιχείου του υπερσυνόλου αναφοράς με το συγκεκριμένο ασαφές σύνολο. Επιπλέον, η συνάρτηση συμμετοχής είναι δείκτης ομοιότητας-συνάφειας που μετράει τον βαθμό στον οποίο ένα αντικείμενο x είναι στοιχείο ενός συγκεκριμένου συνόλου. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η κύρια διαφορά μεταξύ της κλασικής θεωρίας συνόλων και της ασαφούς θεωρίας συνόλων είναι ότι η τελευταία επιδέχεται βαθμό μερικής συμμετοχής (Smithson & Verkuilen, 2006).

Στη συνέχεια θα επικεντρωθούμε στα έμπειρα συστήματα (expert systems), τα οποία όπως είδαμε στην αρχή του Κεφαλαίου είναι ένα από τα πεδία της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ο Jackson (1998) αναφέρει ότι στην Τεχνητή Νοημοσύνη, ένα έμπειρο σύστημα είναι ένα υπολογιστικό σύστημα, το οποίο μιμείται την ικανότητα ενός εμπειρογνώμονα στη λήψη αποφάσεων. Αφού δούμε τι ακριβώς είναι ένα έμπειρο σύστημα θα προχωρήσουμε στην ανάλυση και περιγραφή της κατασκευής ενός ασαφούς συστήματος συλλογιστικής (fuzzy inference system). Είναι γεγονός ότι στην πράξη ένας κανόνας από μόνος του δεν επαρκεί για να περιγράψει ένα πολύπλοκο σύστημα. Αυτό που χρειαζόμαστε είναι περισσότεροι του ενός κανόνες, οι οποίοι να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η έξοδος κάθε κανόνα θα είναι ένα ασαφές σύνολο. Τα

ασαφή σύνολα που προκύπτουν σαν συνέπεια των κανόνων συγκεντρώνονται για να σχηματίσουν ένα ασαφές σύνολο εξόδου, από το οποίο μέσω της διαδικασίας της από-ασαφοποίησης (defuzzification) θα δίνουν το ζητούμενο αποτέλεσμα, δηλαδή τον ασαφή βαθμό για την ξενοφοβία.

1.1.3 Ασαφή συστήματα συλλογιστικής

Τα συστήματα που αναπαριστούν τη γνώση και την ανθρώπινη λογική, με βάση την Ασαφή Λογική, ονομάζονται Ασαφή Συστήματα Συλλογιστικής (Fuzzy Inference Systems). Ένα ασαφές σύστημα στην ουσία μπορεί να δημιουργηθεί με τέτοιον τρόπο ώστε να εμπεριέχει τις ειδικές γνώσεις που απαιτούνται για την εκτίμηση ενός αντικειμένου. Ουσιαστικά η «ειδική γνώση» κωδικοποιείται μέσα στο σύστημα ασαφούς λογικής. Για αυτόν τον λόγο τα ασαφή συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των έμπειρων συστημάτων. Ένα έμπειρο σύστημα είναι ένα σύστημα που υλοποιείται υπολογιστικά, το οποίο εξομοιώνει τη λογική διαδικασία της ανθρώπινης εμπειρίας μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο γνώσης. Τα έμπειρα συστήματα ως πρωταρχικό σκοπό της δημιουργίας τους είχαν να καταστούν η εμπειρία, η κατανόηση και η δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων, ενός έμπειρου σε ένα συγκεκριμένο πεδίο έρευνας, κατανοητά σε κάποιον μη-έμπειρο σε αυτό το συγκεκριμένο πεδίο έρευνας (Klir & Yuan, 1995). Τα έμπειρα συστήματα αποσκοπούν στην πραγματοποίηση υπολογιστικών συστημάτων με δυνατότητες αυτόματης επεξεργασίας των δεδομένων ενός προβλήματος και εξαγωγής συγκεκριμένων συμπερασμάτων. Χρησιμοποιούν προγραμματιστικές μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης σε συνδυασμό με τις γνώσεις των εμπειρών στο εκάστοτε πεδίο. Ένα έμπειρο σύστημα αποτελείται από τη βάση γνώσης (knowledge base) και τον μηχανισμό εξαγωγής συμπεράσματος (inference engine), ο οποίος μπορεί να έχει διάφορες μορφές, ανάλογα με την εφαρμογή.

Σύμφωνα με τους Klir και Yuan (1995) μια τυπική αρχιτεκτονική ενός έμπειρου συστήματος είναι αυτή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.6. Αρχικά θα πρέπει να πούμε ότι ο πυρήνας του κάθε έμπειρου συστήματος αποτελείται από μια βάση γνώσης (ονομάζεται επίσης και μακροπρόθεσμη μνήμη), μια βάση δεδομένων (που ονομάζεται επίσης βραχυπρόθεσμη μνήμη) και μια μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων. Αυτές οι τρεις μονάδες, σε συνδυασμό με κάποια διασύνδεση για την επικοινωνία με τον

χρήστη, αποτελούν την ελάχιστη διαμόρφωση που εξακολουθεί να ονομάζεται έμπειρο σύστημα.

Η βάση γνώσης περιέχει γενικές γνώσεις σχετικά με το πρόβλημα του συγκεκριμένου τομέα. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα ασαφή συστήματα συλλογιστικής, η γνώση συνήθως αναπαρίσταται από ένα σύνολο ασαφών κανόνων, οι οποίες συνδέουν τις αιτίες με τα αποτελέσματα, τις υποθέσεις με τα συμπεράσματα και τις συνθήκες με τις πράξεις. Συχνά έχουν τη μορφή «Αν Α, τότε Β» όπου Α και Β είναι τα ασαφή σύνολα, τα οποία παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Από την άλλη, επιδίωξη της βάσης δεδομένων είναι να αποθηκεύουν τις πληροφορίες για κάθε πιθανό σκοπό για τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται το έμπειρο σύστημα. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να ληφθούν μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των εμπειρογνομώνων και του χρήστη. Συνήθως, οι πληροφορίες αυτές είναι παράμετροι του προβλήματος ή άλλα συναφή γεγονότα. Επιπλέον, άλλα δεδομένα μπορούν να αποκτηθούν από το συμπέρασμα ενός έμπειρου συστήματος.

Η μηχανή συλλογιστικής ενός ασαφούς έμπειρου συστήματος λειτουργεί με μια σειρά από κανόνες παραγωγής και δημιουργεί ασαφή συμπεράσματα. Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την αξιολόγηση των σχετικών κανόνων παραγωγής. Στην πρώτη περίπτωση τα διαθέσιμα δεδομένα παρέχονται στο έμπειρο σύστημα, το οποίο στη συνέχεια τα χρησιμοποιεί για να αξιολογήσει σχετικούς κανόνες παραγωγής, έτσι ώστε να αντληθούν όλα τα πιθανά συμπεράσματα. Στη δεύτερη περίπτωση, το έμπειρο σύστημα ψάχνει για δεδομένα που αναφέρονται στις ρήτρες IF των κανόνων παραγωγής και τα οποία θα οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου. Τα στοιχεία αυτά βρίσκονται είτε στη βάση γνώσης, είτε ρωτώντας τον χρήστη.

Η μηχανή συλλογιστικής μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει τη γνώση σχετικά με τους ασαφείς κανόνες παραγωγής στη βάση γνώσεων. Αυτό το είδος της γνώσης ονομάζεται μετά-γνώση. Αυτή η μονάδα περιέχει κανόνες σχετικά με τη χρήση των κανόνων παραγωγής στη βάση γνώσεων. Οι κανόνες αυτοί, ή διαφορετικά μετά-κανόνες, προδιαγράφουν, για παράδειγμα, κριτήρια τερματισμού (stopping criteria), επίσης, απαιτούν προηγούμενες εφαρμογές συγκεκριμένης παραγωγής κανόνων που βρίσκονται σε διάφορες συνθήκες. Ο αρχικός σκοπός της βάσης της μετά-γνώσης είναι η απλοποίηση του υπολογισμού με τον «αποκλεισμό» περιττών διαδρομών στον χώρο αναζήτησης.

Από την άλλη, η επεξηγηματική διασύνδεση διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του εμπειρογνώμονα. Αυτό σημαίνει ότι δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να καθορίσει με ποιον τρόπο το έμπειρο σύστημα απέκτησε διάφορα ενδιάμεσα τελικά συμπεράσματα ή γιατί συγκεκριμένες πληροφορίες ζητούνται από τον χρήστη. Η δυνατότητα αυτή είναι ζωτικής σημασίας για την οικοδόμηση της εμπιστοσύνης των χρηστών στο έμπειρο σύστημα. Επίσης, είναι πολύ σημαντική για τον εντοπισμό των λαθών, ανακολουθιών κ.λπ. κατά τη διάρκεια εντοπισμού σφαλμάτων της βάσης γνώσης ή της συλλογιστικής μηχανής.

Όσον αφορά τη μονάδα απόκτησης γνώσης, η οποία περιλαμβάνεται μόνο σε ορισμένα έμπειρα συστήματα, αυτή καθιστά δυνατή την ενημέρωση της βάσης γνώσης της μετά-γνώσης μέσα από την αλληλεπίδραση των σχετικών εμπειρογνομώνων. Σε γενικές γραμμές, αυτή η μονάδα μπορεί να εφαρμόζει κατάλληλους αλγόριθμους για την εκμάθηση της μηχανής, όπως είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι ή τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, μέσω των οποίων μπορούν να παραχθούν οι ασαφείς κανόνες με τη βοήθεια των εμπειρών του συστήματος. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στον έμπειρο του συστήματος να επεκτείνει ή να τροποποιήσει τη βάση γνώσης ή τη μετά-γνώση μέσω της ανατροφοδότησης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

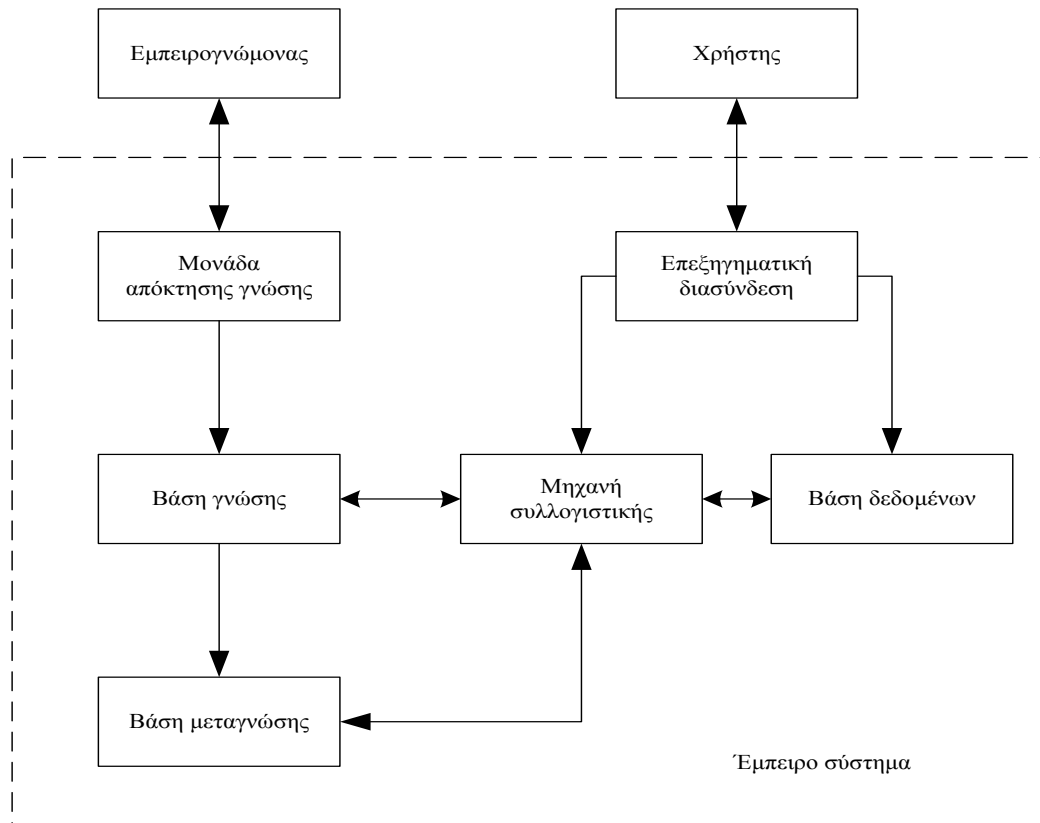
Όταν ο τομέας της γνώσης απομακρύνεται από ένα έμπειρο σύστημα, η υπόλοιπη δομή συνήθως αναφέρεται ως ένα κελυφωτό (shell) έμπειρο σύστημα. Η δυνατότητα εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος δεν περιορίζεται αναγκαστικά σε ένα συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο. Μια συλλογιστική μηχανή ενσωματωμένη σε κατάλληλα έμπειρα συστήματα είναι επομένως, κατά κύριο λόγο, επαναχρησιμοποιήσιμη για διάφορους τομείς της γνώσης και, ως εκ τούτου, για διάφορα έμπειρα συστήματα.

Αφού αναλύσαμε την αρχιτεκτονική απεικόνιση ενός έμπειρου συστήματος στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στην ανάλυση των Ασαφών Συστημάτων Συλλογιστικής, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διαδικασία του ασαφούς λογισμού. Τα Ασαφή Συστήματα Συλλογιστικής περιλαμβάνουν κάθε σύστημα απόφασης και ελέγχου που λειτουργεί σε αβέβαιο περιβάλλον και μοντελοποιείται με ασαφείς μεταβλητές και επιπλέον ανήκουν στην κατηγορία των ευφυών συστημάτων τα οποία βρίσκουν συνεχώς εφαρμογή σε όλο και περισσότερα πρακτικά προβλήματα.

Τα ασαφή συστήματα είναι τα συστήματα των οποίων οι μεταβλητές έχουν ως πεδίο τιμών ασαφή σύνολα (Spyrou, Stamou, Avrithis και Kollia, 2005). Τα συγκεκριμένα

συστήματα έχουν την ικανότητα να κωδικοποιούν δομημένη, εμπειρική (ευρετική) ή γλωσσική γνώση σε ένα αριθμητικό πλαίσιο (Klir & Yuan, 1995).

Σχήμα 1.6 Αρχιτεκτονική απεικόνιση ενός έμπειρου συστήματος



Η έννοια του ασαφούς αριθμού (fuzzy number) διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στη διαμόρφωση των ποσοτικών ασαφών μεταβλητών (quantitative fuzzy variables). Αυτές οι μεταβλητές είναι μεταβλητές των οποίων οι καταστάσεις (states) είναι ασαφείς αριθμοί. Επιπλέον, όταν οι ασαφείς αριθμοί αντιπροσωπεύουν γλωσσικές έννοιες, όπως χαμηλό, μεσαίο, υψηλό κτλ., οι κατασκευές που προκύπτουν συνήθως ονομάζονται γλωσσικές μεταβλητές (linguistics variables) (Klir & Yuan, 1995). Για παράδειγμα, στο Σχήμα 1.7(α) η ηλικία στο εύρος [0,100] χαρακτηρίζεται ως ασαφής μεταβλητή ενώ στο Σχήμα 1.7(β) ως κλασική μεταβλητή. Οι καταστάσεις της ασαφούς μεταβλητής είναι ασαφή σύνολα που συμβολίζουν πέντε γλωσσικές έννοιες: πολύ νέος, νέος, μεσήλικας, ηλικιωμένος, πολύ ηλικιωμένος. Οι 5 γλωσσικές έννοιες ορίζονται από συναρτήσεις συμμετοχής από το διάστημα $[0,100] \rightarrow [0,1]$. Τα γραφήματα αυτών των συναρτήσεων έχουν τραπεζοειδή (trapezoidal) μορφή, όπου μαζί με τα τριγωνοειδή

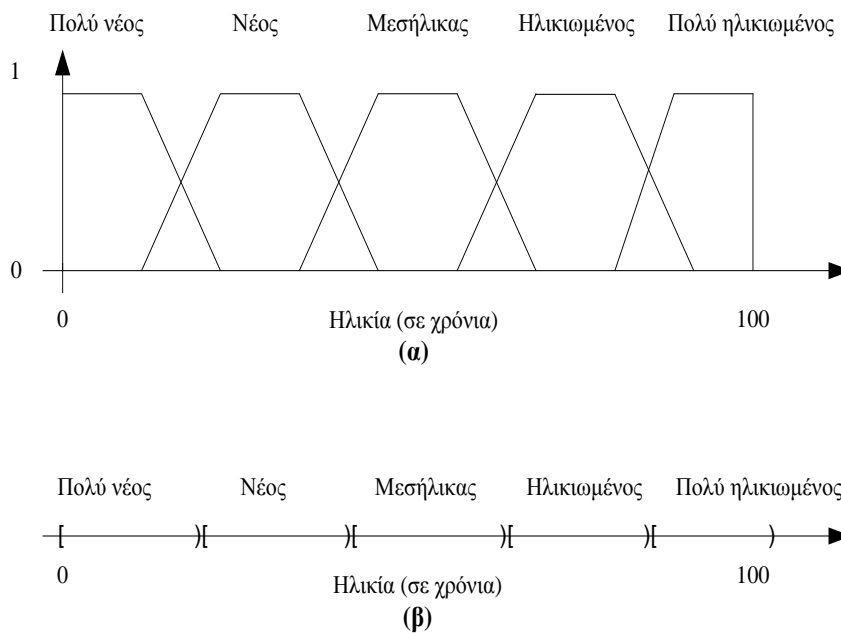
(triangular) σχήματα είναι, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα πιο διαδεδομένα σε πραγματικές εφαρμογές (Klir & Yuan, 1995).

Η διαμέριση που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.7(α) είναι μια ασαφής διαμέριση στο πεδίο $[0,100]$ ορισμού, όπου $d=5$, δηλαδή το πλήθος των γλωσσικών τιμών. Οι καταστάσεις των αντίστοιχων παραδοσιακών μεταβλητών είναι κλασικά σύνολα, τα οποία ορίζονται από τα ανοιχτά από τα δεξιά διαστήματα των πραγματικών αριθμών όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.7(β).

Σύμφωνα με τον Zadeh (1965) η σημαντικότητα των ασαφών μεταβλητών είναι ότι διευκολύνουν τις σταδιακές μεταβάσεις μεταξύ των καταστάσεων (states). Επιπλέον, κατέχουν μια φυσική ικανότητα να εκφράζουν αλλά και να ασχολούνται με την παρατήρηση και τη μέτρηση της αβεβαιότητας. Οι κλασικές μεταβλητές, σε αντίθεση με τις ασαφείς, δεν έχουν αυτήν την ικανότητα.

Η σχέση του κλασικού συνόλου αναφοράς παρουσιάζεται με γλωσσικούς κανόνες που ορίζουν μία απεικόνιση των ασαφών διαμερίσεων της εισόδου στις ασαφείς διαμερίσεις της εξόδου. Αυτή η απεικόνιση είναι ασαφής ένωση και αντιπροσωπεύει τους γλωσσικούς κανόνες (Symeonaki, 2006).

Σχήμα 1.7 Η ηλικία σε εύρος $[0,100]$ ως (α) ασαφής μεταβλητή και (β) ως παραδοσιακή (κλασική) μεταβλητή



Τα ασαφή συστήματα είναι ικανά να περιγράψουν τη λειτουργία ενός συστήματος σε φυσική γλώσσα με τη βοήθεια κανόνων της μορφής AN-TOTE (IF-THEN RULES) (Zadeh, 1992; Zadeh, 1994). Οι προτάσεις AN-TOTE χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν τις συνθήκες εκείνες που συνιστούν την ασαφή λογική. Ωστόσο, δεν παρέχουν τα υψηλά και επιθυμητά χαρακτηριστικά της γνώσης και της προσαρμογής (Spyrou κ.ά., 2005). Εννοιολογικά, ο ασαφής κανόνας είναι ένας μηχανισμός αναπαράστασης της γνώσης, ο οποίος προσομοιώνει τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Τα ασαφή σύνολα που εκφράζουν λεκτικούς όρους συνδυάζονται μεταξύ τους και δημιουργούν ασαφείς κανόνες που αναπαριστούν τη γνώση που έχουμε για το σύστημα. Στην ασαφή λογική υπάρχουν δύο σημαντικοί κανόνες εξαγωγής συμπεράσματος: ο GMP (Generalized modus ponens) και ο GMT (Generalized modus tollens). Ο κανόνας εξαγωγής GMP θα χρησιμοποιηθεί για το προτεινόμενο ασαφές σύστημα συλλογιστικής και έχει τη μορφή που παρουσιάζεται στη Σχέση 1.15.

$$\text{Αν } x \text{ είναι } A \text{ τότε } y \text{ είναι } B \quad (1.15)$$

όπου A και B είναι οι γλωσσικές μεταβλητές που προσδιορίζονται από ασαφή σύνολα με πεδίο αναφοράς X και Y αντίστοιχα. Όπως φαίνεται από τη Σχέση 1.15 ένας ασαφής κανόνας αποτελείται από δύο βασικά μέρη α) το μέρος της υπόθεσης (antecedent ή premise part) και β) το μέρος του συμπεράσματος (consequent ή conclusion part). Στα ασαφή συστήματα δηλαδή, η δυναμική συμπεριφορά χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο ασαφών κανόνων. Αυτοί οι κανόνες βασίζονται στη γνώση και την εμπειρία του σχεδιαστή του συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, οι ασαφείς κανόνες είναι εκφράσεις της μορφής AN x είναι A TOTE y είναι B , όπου A και B είναι τα ασαφή σύνολα, τα οποία χαρακτηρίζονται από τις ανάλογες συναρτήσεις συμμετοχής. Το μέρος AN x είναι A είναι το μέρος της υπόθεσης και το TOTE y είναι B το μέρος του συμπεράσματος, όπου A και B είναι ασαφή σύνολα. Η τιμή μιας μεταβλητής εισόδου είναι το x , η οποία ασαφοποιείται δηλαδή αποκτά έναν βαθμό συμμετοχής στο ασαφές σύνολο A . Η έξοδος του συστήματος είναι το y , το οποίο εκφράζει το συμπέρασμα του κανόνα και παρέχεται από τον μηχανισμό του συμπεράσματος (inference) σε ασαφή μορφή. Στη συνέχεια το ασαφές συμπέρασμα από-ασαφοποιείται με τον μηχανισμό της από-ασαφοποίησης

(defuzzification) και προκύπτει μια κλασική (crisp) τιμή που είναι το τελικό αριθμητικό συμπέρασμα που μπορεί να χειριστεί η υπολογιστική μηχανή ή ένας αισθητήρας. Ένα παράδειγμα ενός κανόνα είναι:

$$\text{AN η ταχύτητα είναι μεγάλη TOTE η δύναμη είναι χαμηλή} \quad (1.16)$$

όπου οι λέξεις ταχύτητα και δύναμη είναι οι γλωσσικές μεταβλητές (linguistic variables) και οι λέξεις «μεγάλη» και «χαμηλή» είναι οι γλωσσικές τιμές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τις αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής. Σύμφωνα με τον Zadeh (1975) οι γλωσσικές μεταβλητές είναι μεταβλητές που αποτελούνται από ασαφείς αριθμούς ή γενικότερα λέξεις που αντιπροσωπεύονται από ασαφή σύνολα. Η τιμή λογικής αληθείας του κανόνα δηλαδή είναι συνήθως ένα ασαφές σύνολο, με την αντίστοιχη συνάρτηση συμμετοχής. Οι ασαφείς κανόνες μαζί με τα ασαφή σύνολα αποτελούν τη βάση γνώσης (knowledge base) ενός συστήματος ασαφούς συλλογιστικής.

Οι ασαφείς κανόνες αποτελούν τον πυρήνα του Ασαφούς Συστήματος Συλλογιστικής. Η έξοδος των ασαφών κανόνων είναι ένα ασαφές σύνολο του οποίου η συνάρτηση συμμετοχής καθορίζεται από τη γλωσσική μεταβλητή που το συνοδεύει. Συγκεκριμένα στον ασαφή κανόνα της Σχέσης 1.16 η έξοδος είναι το ασαφές σύνολο «δύναμη» του οποίου η συνάρτηση συμμετοχής καθορίζεται από τη γλωσσική μεταβλητή «χαμηλή». Ο κανόνας της Σχέσης 1.16, του οποίου, όπως αναφέραμε η έξοδος είναι ένα ασαφές σύνολο, ονομάζεται κανόνας τύπου Mamdani προς τιμή του Ebrahim Mamdani (1974) που ήταν από τους πρώτους που εφάρμοσε την ασαφή λογική στην κατασκευή ενός συστήματος αυτόματου έλεγχου μέτρησης της ταχύτητας μιας ατμομηχανής.

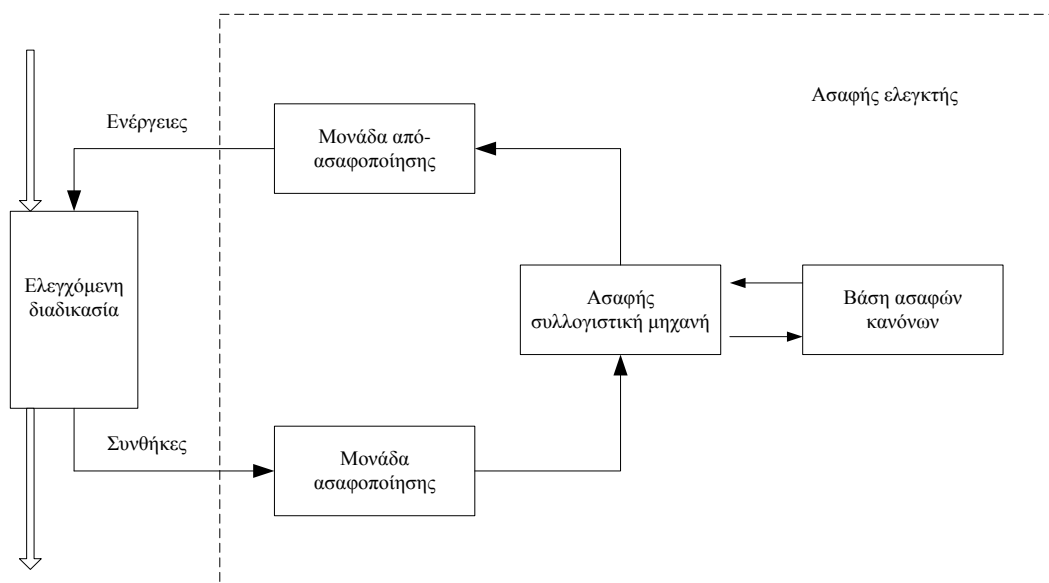
Ένας τυπικός ασαφής ελεγκτής (fuzzy controller) (Klir & Yuan, 1995) περιλαμβάνει τις μονάδες που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.8 όπου παρατηρούνται οι διασυνδέσεις μεταξύ αυτών των μονάδων αλλά και της ελεγχόμενης διαδικασίας.

- Μια βάση ασαφών κανόνων της μορφής AN-TOTE (ασαφής βάση γνώσης). Η ασαφής βάση γνώσης περιέχει συνήθως εκτός από ασαφείς γλωσσικούς κανόνες και ένα τμήμα βάσης αριθμητικών δεδομένων, τα οποία απαιτούνται για τη διαδικασία εξαγωγής των συμπερασμάτων. Οι κανόνες της βάσης γνώσης

λαμβάνονται συνήθως από έμπειρους του συστήματος (system experts) και από διαδικασίες προσομοίωσης. Η ασαφής συλλογιστική μηχανή αποτελεί τον πυρήνα του ασαφούς συστήματος και περιέχει τη λογική λήψης αποφάσεων.

- Μια ασαφή συλλογιστική μηχανή (έναν μηχανισμό εξαγωγής ασαφών συμπερασμάτων). Δηλαδή όταν έχουν οριστεί τα ασαφή σύνολα είναι δυνατή η μετάφραση των γλωσσικών κανόνων της βάσης γνώσης σε μαθηματικούς κανόνες.
- Μια μονάδα ασαφοποίησης (ασαφοποιητική μονάδα διεπαφής), η οποία μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε ασαφή σύνολα. Οι είσοδοι σε έναν ασαφή ελεγκτή είναι σήματα και επομένως ασαφείς μεταβλητές, για αυτό και απαιτείται σαν πρώτο βήμα η ασαφοποίησή τους. Η ασαφοποίηση μπορεί να γίνει είτε με χρήση πίνακα τιμών, είτε μέσα από μια αποτίμηση μιας συνάρτησης.
- Μια μονάδα μηχανισμού εξαγωγής συμπεράσματος όπου εκεί παράγονται μέσω συνεπαγωγών τα ασαφή σύνολα των συμπερασμάτων.
- Μια μονάδα από-ασαφοποίησης (από-ασαφοποιητική μονάδα διεπαφής), η οποία μετατρέπει τα ασαφή σύνολα/συμπεράσματα/αποφάσεις σε σαφώς καθορισμένη μορφή ή διαφορετικά σε πραγματικούς αριθμούς, έτσι ώστε να είναι η δυνατή η μετάδοση της δράσης ελέγχου στη διαδικασία.

Σχήμα 1.8 Αρχιτεκτονική απεικόνιση ενός τυπικού ασαφούς ελεγκτή



Ο ασαφής ελεγκτής λειτουργεί επαναλαμβάνοντας έναν κύκλο από τα ακόλουθα βήματα. Αρχικά, αυτές οι μετρήσεις που λαμβάνονται από όλες τις μεταβλητές αντιπροσωπεύουν τις σχετικές καταστάσεις της ελεγχόμενης διαδικασίας. Έπειτα, αυτές οι μετρήσεις μετατρέπονται σε κατάλληλα ασαφή σύνολα τα οποία, εκφράζουν τις αβεβαιότητες της μέτρησης. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ασαφοποίηση (fuzzification). Η ασαφοποίηση είναι η διαδικασία μετατροπής μιας συγκεκριμένης τιμής που λαμβάνουμε για την υπό μετασχηματισμό ασαφή μεταβλητή σε μια ασαφή τιμή που δίνεται από την αντίστοιχη συνάρτηση συμμετοχής. Κατά την ασαφοποίηση, η λαμβανόμενη τιμή του φυσικού μεγέθους που μετράμε από την αντίστοιχη μέτρηση μετατρέπεται σε ασαφή τιμή της ασαφούς μεταβλητής που μετράμε. Οι ασαφοποιημένες μετρήσεις στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από τη μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων με στόχο την αξιολόγηση του ελέγχου των κανόνων που βρίσκονται στην ασαφή βάση κανόνων. Το αποτέλεσμα αυτής της εκτίμησης είναι ένα ασαφές σύνολο (ή μερικά ασαφή σύνολα) που ορίζεται στον κόσμο των πιθανών πράξεων. Η μονάδα ασαφοποίησης δηλαδή μετράει (παραλαμβάνει) τις (μη ασαφείς) τιμές των εισόδων του συστήματος, απεικονίζει τις περιοχές μεταβολής των τιμών εισόδου σε κατάλληλα υπερσύνολα αναφοράς και τέλος ασαφοποιεί τις εισερχόμενες τιμές των εισόδων, δηλαδή τις μετατρέπει σε ασαφή γλωσσική μορφή. Αυτό το ασαφές σύνολο στη συνέχεια μετατρέπεται σε μία μοναδική (κλασική) τιμή (ή σε ένα διάλυμα τιμών), το οποίο κατά κάποιο τρόπο είναι ο καλύτερος εκπρόσωπος του ασαφούς συνόλου (ή των ασαφών συνόλων). Όλη αυτή η διαδικασία ονομάζεται από-ασαφοποίηση (defuzzification). Οι από-ασαφοποιημένες τιμές αντιπροσωπεύουν δράσεις, οι οποίες έχουν ληφθεί από τον ασαφή ελεγκτή σε επιμέρους κύκλους ελέγχου. Η μονάδα από-ασαφοποίησης απεικονίζει δηλαδή τις περιοχές των μεταβλητών εξόδου σε αντίστοιχα υπερσύνολα αναφοράς και στη συνέχεια από-ασαφοποιεί τα αποτελέσματα που δίνει η ασαφής συλλογιστική μηχανή, δηλαδή τα μετατρέπει σε μη ασαφή μορφή για περαιτέρω χρήση από επόμενα συστήματα ή διεργασίες απόφασης. Να σημειωθεί πως για την από-ασαφοποίηση χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Μία από αυτές, η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διατριβή, είναι η από-ασαφοποίηση κεντρικής τιμής ή του κέντρου βαρύτητας (centroid defuzzification method ή center of area, COA), όπου υπολογίζεται το κέντρο της κατανομής του ασαφούς συνόλου της εξόδου. Θα χρησιμοποιήσουμε την παρούσα μέθοδο εξαιτίας της ικανότητάς της να παρουσιάζει το

πιο μικρό σφάλμα σε σχέση με άλλες μεθόδους. Άλλες επίσης γνωστές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η μέση τιμή, η μέγιστη θέση του μεγίστου και η ελάχιστη θέση του μεγίστου. Το Σχήμα 1.9 αναπαριστά την κατασκευή ενός συστήματος ασαφούς συλλογιστικής με τη χρήση του Fuzzy Logic Toolbox της MATLAB.

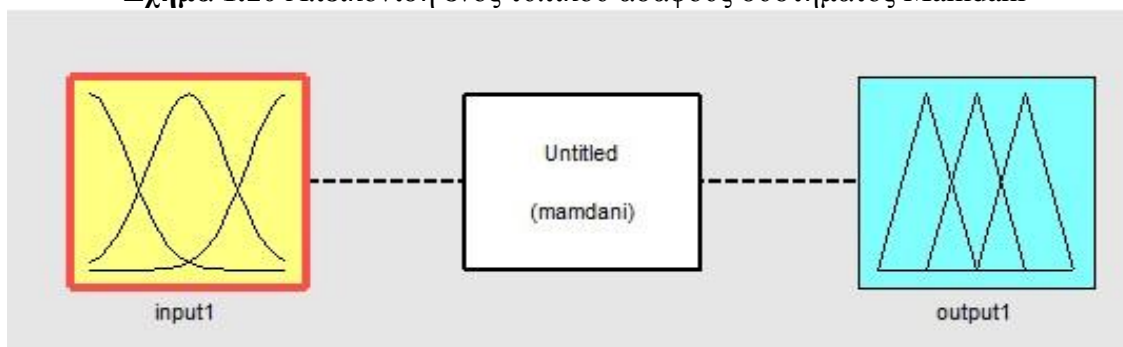
Σχήμα 1.9 Ασαφές σύστημα συλλογιστικής με τη χρήση του Fuzzy Logic Toolbox



Ένας ασαφής ελεγκτής ή ένα σύστημα ασαφούς συλλογιστικής χρησιμοποιεί δηλαδή ασαφείς κανόνες, οι οποίοι είναι συνθήκες AN-TOTE για γλωσσικές μεταβλητές που αφορούν ασαφή σύνολα, συναρτήσεις και συλλογισμούς. Επομένως, οι ασαφείς κανόνες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αναπαράσταση της γνώσης και της εμπειρίας του σχεδιαστή αλλά και στον συσχετισμό των μεταβλητών εισόδου του ελεγκτή στις μεταβλητές εξόδου. Τα ασαφή συστήματα συλλογιστικής διαφέρουν ως προς τον τρόπο που οι έξοδοι τους καθορίζονται και αυτό προκύπτει από τα δύο είδη ελεγκτών που έχουν αναπτυχθεί οι οποίοι είναι ο ελεγκτής Mamdani και ο ελεγκτής Sugeno (Mamdani & Assilian, 1975; Sugeno, 1985). Ο ελεγκτής Mamdani ακολουθεί τα βήματα (Sivanandam, Sumathi & Deepa, 2007; Takagi & Sugeno, 1985) που

περιγράφηκαν παραπάνω, δηλαδή με βάση τους ασαφείς κανόνες, τις γλωσσικές μεταβλητές και τις συναρτήσεις συμμετοχής καταλήγει σε κάποιον συλλογισμό. Στον ελεγκτή Sugeno η διαδικασία είναι περίπου η ίδια με τη διαφορά πως οι μεταβλητές εισόδου που εμπλέκονται είναι διαφορετικές. Για το δικό μας ασαφές σύστημα συλλογιστικής θα χρησιμοποιηθεί, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, ο ελεγκτής Mamdani καθώς θεωρείται ως η πιο κατάλληλη μέθοδος για την εξέταση πολύπλοκων συστημάτων και για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Zadeh, 1973). Για παράδειγμα, στο Σχήμα 1.10 απεικονίζεται ένα τυπικό ασαφές σύστημα Mamdani, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του Ασαφούς Συστήματος Συλλογιστικής για την ξενοφοβία με τη χρήση του Fuzzy Toolbox του προγράμματος MATLAB R2012b.

Σχήμα 1.10 Απεικόνιση ενός τυπικού ασαφούς συστήματος Mamdani



Η ασαφής συλλογιστικής επομένως είναι η διαδικασία κατά την οποία σχηματίζεται η απεικόνιση από μία δεδομένη είσοδο σε μία έξοδο με χρήση της θεωρίας της ασαφούς λογικής. Τα ασαφή σύνολα που θα προκύψουν σαν συνέπεια των κανόνων συγκεντρώνονται για να σχηματίσουν ένα ασαφές σύνολο εξόδου μέσω της διαδικασίας της από-ασαφοποίησης από την οποία θα προκύψει μια μοναδική τιμή. Στην περίπτωσή μας, θα έχουμε ως αποτέλεσμα, ως έξοδο δηλαδή, μια τιμή ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο.

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στη θεωρία των κλιμάκων Likert για να εξεταστεί πώς μπορεί να επεκταθεί η θεωρία της ασαφούς λογικής στις συγκεκριμένες κλίμακες μέτρησης στάσεων. Η υλοποίηση περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός ασαφούς συστήματος συλλογιστικής για την ξενοφοβία.

1.2 Ασαφείς Κλίμακες Likert

1.2.1 Κλίμακες Likert

Η μέτρηση των στάσεων επιλέγεται από τους επιστήμονες και τους ερευνητές όταν αυτοί επιθυμούν να μετρήσουν τη στάση των ερωτώμενων απέναντι στην πολιτική, στη θρησκεία, στην ξενοφοβία κ.λπ. Η Μιχαλοπούλου (1992) ισχυρίζεται πως «μία στάση θεωρείται ως κάποια εσωτερική συναισθηματική τάση που μπορεί να ερμηνεύσει τις πράξεις ενός ατόμου» (σ. 11). Ο όρος «στάση» θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι είναι κάπως ρευστός και σύμφωνα με τον Robson (2007) «ανήκει στην ίδια εννοιολογική σφαίρα όπως οι όροι γνώμη, πεποίθηση ή αξία, αλλά οι απόψεις ποικίλλουν σχετικά με το πώς οι διάφοροι αυτοί όροι συσχετίζονται μεταξύ τους» (σ. 348). «Ο Thurstone το 1928 ανέφερε πως οι στάσεις είναι δυνατόν να μετρηθούν αλλά και πως είναι ουσιαστικά υποκειμενικές εμπειρίες που είτε μπορούν να διαμορφώνονται (conform) με εμφανή δράση είτε όχι» (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 14).

Ο Thurstone ουσιαστικά θεμελίωσε τη μέτρηση των στάσεων κάνοντας μία σημαντική διάκριση ανάμεσα στις έννοιες της γνώμης ή αντίληψης (opinion) και της στάσεως. Για τον Thurstone η έννοια της στάσεως υποδεικνύει «το συνολικό άθροισμα των διαθέσεων και συναισθημάτων προκαταλήψεων ή επιρροών, προλήψεων, ιδεών, φόβων, απειλών και πεποιθήσεων ενός ατόμου για κάποιο συγκεκριμένο θέμα. Από την άλλη η έννοια της γνώμης (ή αντίληψης) σημαίνει την προφορική έκφραση μιας στάσης. Κατά συνέπεια, η ερμηνεία που προσδίδεται στην εκφρασμένη γνώμη (ή αντίληψη) ενός ατόμου υποδεικνύει και τη στάση του. Άρα μια γνώμη (ή αντίληψη) χρησιμοποιείται για να συμβολίζει μια στάση (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 14).

Η παραπάνω διάκριση ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη δύο διαφορετικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται στις έρευνες αντιλήψεων και στάσεων. Στη μία προσέγγιση «ο ερευνητής επιθυμεί μια απάντηση σε μια ερώτηση για να μπορέσει να μετρήσει τον αριθμό των ερωτώμενων που αντιδρούν με ορισμένο τρόπο σε συγκεκριμένο ερέθισμα» (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 14) και στη δεύτερη προσέγγιση «ο ερευνητής προσπαθεί να μετρήσει τη στάση του ερωτωμένου, δηλαδή να συνδυάσει τις απαντήσεις του σε ένα σύνολο από ερωτήσεις αντιλήψεων σε κάποιο είδος βαθμού» (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 14). Η Μιχαλοπούλου (1992) συνεχίζει λέγοντας πως «στην ορολογία των εμπειρικών ερευνών αυτή είναι και η διαφορά μεταξύ του «να ρωτάς ζητώντας γνώμες» και «να μετράς στάσεις» (σ. 14)

Επομένως, όταν σε μια εμπειρική κοινωνική έρευνα επιχειρείται να αντιμετωπιστεί κάποιο θέμα το βασικό ενδιαφέρον δεν έγκειται τόσο στην απαρίθμηση των ερωτωμένων, οι οποίοι επέλεξαν να εκφράσουν τις πεποιθήσεις τους στο ερωτηματολόγιο, όσο στην προσπάθεια να συνδυαστούν οι απαντήσεις που έδωσε κάθε ερωτώμενος σε μια ποσοτική μέτρηση της συνολικής του στάσης για το υπό έρευνα θέμα. Χρησιμοποιώντας επομένως την κατάλληλη κλίμακα μέτρησης μπορούμε να διαπιστώσουμε που τοποθετείται μια μεμονωμένη στάση κατά το μήκος μιας κλίμακας η οποία εκτείνεται από την ακραία συμπάθεια έως την ακραία αντιπάθεια. Αυτή η διαδικασία συνιστά μέτρηση στάσεων. Οι κλίμακες στάσεων είναι δηλαδή οι τεχνικές που τοποθετούν τους ερωτωμένους σε μια συνεχή σειρά, συσχετίζοντάς τους με κάποια συγκεκριμένη στάση. Επομένως, για να θεμελιωθεί μια ποσοτική μέτρηση στάσεων πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια σειρά ερωτήσεων, εφόσον πρόκειται για έννοια γενικότερη από εκείνη που μπορεί να προσδιορίσει η απάντηση σε μία και μόνη ερώτηση (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 15).

Η απάντηση σε μία ερώτηση υπονοεί κάποια γενικότερη στάση αλλά δεν επαρκεί όμως για να την προσδιορίσει με ακρίβεια. Η ευκολία με την οποία προκύπτουν μεγάλες μεταβολές σε ποσοστά απαντήσεων αν αλλάξει ο τύπος μιας ερώτησης οδήγησε τους ερευνητές να εγκαταλείψουν τις εκτιμήσεις στη βάση μεμονωμένων ερωτήσεων και να προσφύγουν στις κλίμακες μέτρησης στάσεων (Μιχαλοπούλου, 1992). Στις έρευνες αντιλήψεων και συμπεριφοράς χρησιμοποιούνται συχνά μεμονωμένες ερωτήσεις για να επιτευχθεί ένας κατά προσέγγιση δείκτης ατομικών στάσεων. Όμως οι ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι αποτέλεσμα πολλών εμπειρικών δοκιμών και εφόσον χρησιμοποιούνται κατ' επανάληψη στις διάφορες έρευνες, οι συσχετίσεις τους είναι γνωστές (Μιχαλοπούλου, 1992, σσ. 15-16).

Οι διάφορες μέθοδοι που υπάρχουν στη βιβλιογραφία για τη μέτρηση των στάσεων μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την άμεση μέτρηση και την έμμεση μέτρηση. Οι κλίμακες Likert είναι οι πιο διαδεδομένες κλίμακες που παρέχουν την άμεση μέτρηση. Η κλίμακα Likert είναι μία ψυχομετρική κλίμακα που χρησιμοποιείται ευρύτατα σε ερωτηματολόγια και είναι η πιο διαδεδομένη κλίμακα στις κοινωνικές έρευνες. Η κλίμακα Likert επινοήθηκε αρχικά από τον ψυχολόγο Rensis Likert το 1932 και γι' αυτό και ονομάστηκε κλίμακα Likert (Likert scale).

Κάνοντας μια μικρή ιστορική αναδρομή θα δούμε πως ο Likert στη διδακτορική του διατριβή με τίτλο «Μια τεχνική για τη μέτρηση των στάσεων» εξέτασε ουσιαστικά τα προβλήματα που είχαν δημιουργηθεί από την πρώτη τεχνική για τη μέτρηση των στάσεων απέναντι στη θρησκεία από τον Thurstone (1887-1955). Η κλίμακα αυτή,

γνωστή και ως κλίμακα Thurstone, αποτελεί την πρώτη τεχνική μέτρησης στάσεων. Ο Thurstone επιχείρησε να κατασκευάσει μια κλίμακα διαστήματος. Ένας μικρός αριθμός από ερωτήσεις-μονάδες σχηματίζουν την τελική κλίμακα, ενώ καθεμία τους αντιπροσωπεύει μια ξεχωριστή τιμή της κλίμακας σε σχέση με τη στάση, η οποία εκτείνεται από την υψηλά ευνοϊκή και μέσω της ουδέτερης ως την υψηλά δυσμενή. Οι κλίμακες Thurstone ορίζονται και ως διαφορικές κλίμακες (differential scales) όπου δεδομένης μιας αξιόπιστης κλίμακας ο ερωτώμενος θα συμφωνήσει μόνο με τις ερωτήσεις που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τη θέση του στην κλίμακα και θα διαφωνήσει με τις πιο ακραίες αντίστοιχες ερωτήσεις. Ο Likert παρουσίασε για πρώτη φορά μέσω εμπειρικών συγκρίσεων μια τόσο απλή μέθοδο μέτρησης στάσεων, όπου ζητούνταν από τον ίδιο τον ερωτώμενο να τοποθετηθεί σε μια κλίμακα συμπάθειας/αντιπάθειας με μια ουδέτερη ενδιάμεση τιμή.

Σύμφωνα με τον Likert (1932) «μέρος της δυσκολίας των τεχνικών για τη μέτρηση ιδιαίτερων γνωρισμάτων του χαρακτήρα και της προσωπικότητας οφειλόταν στις στατιστικές δυσκολίες που προέκυπταν από τη μαθηματική επεξεργασία των καθημερινών διαστάσεων της κοινωνικής συμπεριφοράς» (σ. 5).

Ο Likert αναγνώρισε την προσπάθεια του Thurstone να μετρήσει τις κοινωνικές συμπεριφορές ως σημαντική και αξιόλογη και προσπάθησε να διερευνήσει το ζήτημα της μέτρησης των στάσεων. Ειδικότερα, επεδίωξε να διερευνήσει αν οι κλίμακες Thurstone έχουν καλύτερα αποτελέσματα από τις απλές κλίμακες μέτρησης στάσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αν είναι δυνατόν να κατασκευαστούν αξιόπιστες κλίμακες μέτρησης στάσεων χωρίς την ύπαρξη περιττών στατιστικών υποθέσεων.

Ο Likert (Likert, 1932) στη συνέχεια ανέπτυξε μια κλίμακα για τη μέτρηση των στάσεων, η οποία στηρίζεται σε μια σειρά προτάσεων που μετρούν τον βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας με ένα ουδέτερο μέσο σημείο που αντιστοιχεί συνήθως σε «ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ». Η κλίμακα Likert παρουσιάζεται ως μια ευθεία γραμμή με σταθερές διαιρέσεις (συνήθως 5), αν και μερικές φορές μπορεί να συναντήσουμε κλίμακες με επτά, εννέα ή και έντεκα σημεία. Οι ερωτώμενοι επομένως καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε διαφορετικές κατηγορίες απαντήσεων καθεμία από τις οποίες υποδεικνύει διαφορετικό βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας. Συνήθως οι πέντε (5) κατηγορίες περιγράφονται ως εξής: «συμφωνώ απόλυτα» (επιδοκιμάζω ή εγκρίνω απόλυτα), «συμφωνώ» (αποδοκιμάζω ή εγκρίνω), «ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ»,

«διαφωνώ» (αποδοκιμάζω ή δεν εγκρίνω), «διαφωνώ απόλυτα» (αποδοκιμάζω ή δεν εγκρίνω απόλυτα). Οι κατηγορίες αυτές βαθμολογούνται συνήθως από το 1 έως 5 ή αντίστροφα από το 5 έως 1. Η επιλογή μεταξύ των δύο διατάξεων βαθμών εξαρτάται από το αν η κατηγορία «συμφωνώ απόλυτα» υποδεικνύει ευνοϊκή ή μη στάση. Έτσι, μερικές από τις ερωτήσεις-μονάδες πρέπει να διατυπώνονται θετικά ώστε η κατηγορία «συμφωνώ απόλυτα», να υποδεικνύει ευνοϊκή, δηλαδή θετική, στάση και οι υπόλοιπες ερωτήσεις-μονάδες αρνητικά, οπότε η απάντηση «συμφωνώ απόλυτα» θα δηλώνει αρνητική στάση. Σύμφωνα με τη Μιχαλοπούλου (1992) «για να έχει σημασία ο συνολικός βαθμός, οι θετικές ερωτήσεις πρέπει να βαθμολογούνται σύμφωνα με κάποια διάταξη και οι αρνητικές σύμφωνα με την αντίστροφη διάταξη» (σσ. 45-46).

Οι ερωτώμενοι επομένως καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε διαφορετικές κατηγορίες απαντήσεων καθεμία από τις οποίες υποδεικνύει διαφορετικό βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας. Οι κατηγορίες των απαντήσεων βαθμολογούνται (Hartley & Betts, 2009; Lozano, García-Cueto & Muñiz, 2008) και η στάση του ερωτώμενου καθορίζεται από την τελική βαθμολογία, η οποία είναι το άθροισμα των βαθμών των κατηγοριών που υπέδειξε σε κάθε ερώτηση. Ένα παράδειγμα μιας ερώτησης-μονάδας που βρίσκεται στην κλίμακα της ξενοφοβίας που θα μελετήσουμε στη συνέχεια είναι η παρακάτω:

«Θα πρέπει να διευκολύνουμε τους ξένους που θέλουν να εγκατασταθούν στην χώρα μας».

1	2	3	4	5
Απολύτως συμφωνώ	Συμφωνώ	Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	Διαφωνώ	Απολύτως διαφωνώ

Κατά τη συγκέντρωση των αρχικών ερωτήσεων πρέπει να αποφύγουμε τις ακραίες, ουδέτερες ή αδιάφορες ερωτήσεις. Η κλίμακα πρέπει να περιέχει ισάριθμες θετικά και αρνητικά διατυπωμένες ερωτήσεις. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως αν στην κλίμακα εναλλάσσονται οι θετικές και οι αρνητικές ερωτήσεις, ο ερωτώμενος αναγκάζεται να παρατηρεί τις απαντήσεις του σε κάθε ερώτηση και επομένως να μην απαντά αυτόματα. Σύμφωνα με τη Μιχαλοπούλου (1992) «η εναλλαγή των ερωτήσεων ελαχιστοποιεί επί

του συνόλου των απαντήσεων τις επιδράσεις προς την κατεύθυνση των θετικών ή αρνητικών απαντήσεων» (σ. 45-46).

Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι πλευρές της υπό μέτρηση στάσης. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, ερευνών κ.ο.κ. που έχουν σχέση με την υπό μέτρηση στάση.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως σύμφωνα με τους Moser and Kalton (1971), για την κατασκευή της αρχικής συγκέντρωσης των ερωτήσεων-μονάδων των κλιμάκων Likert πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι βασικοί παράγοντες:

Πρέπει να αποφεύγονται οι ακραίες ερωτήσεις-μονάδες στις οποίες οι ερωτώμενοι θα αντιδράσουν με τον ίδιο τρόπο. Πρέπει να αποφεύγονται οι ουδέτερες ερωτήσεις-μονάδες οι οποίες έχουν βρεθεί ότι δεν λειτουργούν όπως θα έπρεπε στις κλίμακες Likert. Πρέπει να περιέχεται ίσος αριθμός θετικών και αρνητικών ερωτήσεων-μονάδων. Θα πρέπει να υπάρχει εναλλαγή θετικής και αρνητικής ερώτησης-μονάδας, καθώς ο ερωτώμενος δίνει προσοχή στο περιεχόμενο των ερωτήσεων-μονάδων, και επομένως μειώνεται με αυτόν τον τρόπο ο κίνδυνος να απαντά αυτόματα (σ. 362).

Σύμφωνα με τη Βασιλοπούλου (2010) «όταν είναι πλέον έτοιμο το αρχικό σύνολο προτάσεων ή ερωτήσεων, ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του πληθυσμού της έρευνας καλείται να απαντήσει σε κάθε ερώτηση, επιλέγοντας την κατηγορία που τον αντιπροσωπεύει» (σ. 22). Με αυτόν τον τρόπο θα επιλεγούν στη συνέχεια οι ερωτήσεις μονάδες που θα χρησιμοποιηθούν στην τελική κλίμακα.

Για να επιχειρήσουμε ανάλυση ερωτήσεων (item analysis), ώστε να αποφασιστεί ποιες θα απορριφθούν, πρέπει να εξετάσουμε τη συνέπεια των απαντήσεων σε διαφορετικές ερωτήσεις. Ένας τρόπος να εξετάσουμε τη συνοχή (internal consistency) της κλίμακας είναι να συσχετίσουμε τους βαθμούς κάθε ερώτησης με τον συνολικό βαθμό (ή τον συνολικό βαθμό αφαιρούμενου του βαθμού της συγκεκριμένης ερώτησης που εξετάζεται) οι ερωτήσεις που αποτυγχάνουν να συσχετιστούν επαρκώς με το συνολικό βαθμό απορρίπτονται (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 46).

Επιπλέον, σύμφωνα με τη Μιχαλοπούλου (1992) ένας ακόμα τρόπος για να εξετάσουμε τη συνοχή της κλίμακας είναι με το να απορρίπτονται «οι ερωτήσεις που αποτυγχάνουν να διακρίνουν μεταξύ των ερωτωμένων με υψηλούς και των ερωτωμένων με χαμηλούς βαθμούς» (σ. 46). Οι ερωτήσεις με υψηλές συσχετίσεις ή καλή διακριτική ισχύ επιλέγονται για να σχηματίσουν την τελική κλίμακα.

Χρησιμοποιούνται συνήθως 20 ερωτήσεις, οι οποίες πρέπει να έχουν ομοιογένεια αλλά και το επιθυμητό επίπεδο αξιοπιστίας.

Οι κλίμακες Likert επειδή συγκεντρώνουν περισσότερες πληροφορίες για κάθε ερώτηση, φαίνεται να έχουν μεγαλύτερο επίπεδο αξιοπιστίας απ' ότι οι κλίμακες Thurstone. Όταν οι ερωτήσεις έχουν επιλεγεί το μόνο που απομένει, εκτός από το να εξετάσουμε την αξιοπιστία και την εγκυρότητα, είναι να ζητήσουμε από τους ερωτωμένους να αναφέρουν τη στάση τους επιλέγοντας μια κατηγορία συμφωνίας ή διαφωνίας για κάθε ερώτηση, οπότε και βγαίνει η τελική βαθμολογία. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι βαθμοί κατανέμονται σύμφωνα με την ένταση της γνώμης και όχι ανάλογα με το περιεχόμενο της ερώτησης (Moser και Kalton, 1971, σ. 364).

Οι κλίμακες Likert έχουν μονοδιάστατο χαρακτήρα, δηλαδή όλες οι ερωτήσεις μετρούν την ίδια γενική στάση και με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουν την εσωτερική συνέπεια της κλίμακας.

Όσον αφορά την ικανότητα αναπαραγωγής της κλίμακας, θα μπορούσε να υφίσταται πλήρως αν ήταν τέλειες (δηλαδή ίσο με 1) οι συσχετίσεις μεταξύ του συνολικού βαθμού και των βαθμών κάθε ερώτησης (συνήθως όμως υπολείπονται κατά πολύ αυτής της τιμής). Έτσι οι Likert, όπως και οι κλίμακες Thurstone, δεν έχουν αυτή την ιδιότητα (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 47).

Η κλίμακα Likert χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα σε μελέτες που αφορούσαν την ηθική, τις στάσεις απέναντι στους έγχρωμους ανθρώπους, στον διεθνισμό κ.λπ. Σύμφωνα με τους Grawitz, Brimo και Jahoda (2003) η κλίμακα Likert έχει και κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την κλίμακα Thurstone. Επιτρέπει τη χρήση των προτάσεων που δεν είναι φανερά συνδεδεμένες με τη στάση που μελετάται ενώ στην κλίμακα Thurstone η ανάγκη της συμφωνίας μεταξύ των κριτών τείνει να περιορίσει τις μονάδες σε εκείνες με περιεχόμενο που καταφανώς συνδέεται με την ερευνώμενη στάση.

Η αξιοπιστία της κλίμακας αυξάνει καθώς ο αριθμός των δυνατών εναλλακτικών απαντήσεων αυξάνεται. Στις εφαρμογές, όταν αυτός ο αριθμός των δυνατών εναλλακτικών για κάθε μία ερώτηση-μονάδα είναι μεγαλύτερος ή ίσος με πέντε, τότε σύμφωνα με τους Bartholomew, Steele, Moustaki και Galbraith (2008), οι τακτικές αυτές κατηγορίες μπορούν να θεωρούν ως διαστήματος, οπότε είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση χρησιμοποιώντας αυτές τις ψευδο-μεταβλητές διαστήματος.

Σύμφωνα με τους Grawitz, Brimo και Jahoda (2003) «το κύριο μειονέκτημα της κλίμακας Likert είναι ότι συχνά η τελική βαθμολογία του ατόμου δεν έχει ξεκάθαρο νόημα, μια που πολλά διαφορετικά πρότυπα απάντησης μπορούν να παράγουν την ίδια τελική βαθμολογία» (σ. 173). Για παράδειγμα, ένα άτομο μπορεί να πάρει τελική βαθμολογία (-3), σε 3 προτάσεις, με το να δείξει (α) λίγη αντίθεση και στις τρεις προτάσεις, ή (β) ισχυρή υποστήριξη στη μία πρόταση και ισχυρή αντίθεση στις άλλες δύο προτάσεις, ή (γ) άλλους συνδυασμούς των απαντήσεων. Άρα, αν και οι τελικές βαθμολογίες είναι οι ίδιες, η σημασία τους πιθανότατα είναι σημαντικά διαφορετική. Οι Grawitz κ.ά. (2003) επίσης αναφέρουν ότι «ακόμα και όταν μια χονδρική κατάταξη φαίνεται κατορθωτή, η κλίμακα Likert δεν επιτρέπει κανέναν ισχυρισμό για την ισότητα των διαστημάτων π.χ. ότι η διαφορά μεταξύ των βαθμολογιών 20 και 25 είναι ίση με τη διαφορά μεταξύ των 5 και 10» (173). Είναι δηλαδή μια τακτική κλίμακα και όχι κλίμακα διαστήματος.

Οι κλίμακες Likert είναι κλίμακες κατατάξεως (rating scales) και ως εκ τούτου σημαντική παράμετρο αποτελεί ο αριθμός των κατηγοριών των αποκρίσεων που θα χρησιμοποιηθούν. Αν σε μια κλίμακα υπάρχουν πολλές κατηγορίες αποκρίσεων, τότε ο ερωτώμενος δεν θα μπορέσει να επιλέξει τη στάση που τον εκφράζει, ενώ αν οι κατηγορίες είναι πιο ευρείες, τότε δεν θα είναι ευδιάκριτη η στάση που θα επιλέξει. Συνήθως, χρησιμοποιούνται πέντε ή επτά κατηγορίες, αν και υπάρχουν περιπτώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί και περισσότερες κατηγορίες. Η επιλογή του άρτιου ή περιττού αριθμού κατηγοριών για την κλίμακα σχετίζεται με το αν θέλουμε ή όχι να αποφασίσει ο ερωτώμενος για την κατεύθυνση της στάσης του. Χρησιμοποιώντας περιττό αριθμό κατηγοριών, υπάρχει μια ενδιάμεση ουδέτερη κατηγορία, ενώ στην περίπτωση του άρτιου αριθμού κατηγοριών ο ερωτώμενος θα πρέπει να αποφασίσει σε ποια μεριά της ενδιάμεσης στάσης τοποθετείται (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 46).

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας στην επιλογή των κατηγοριών σχετίζεται με το ότι οι ερωτώμενοι αποφεύγουν να επιλέγουν τις δύο ακραίες κατηγορίες, με αποτέλεσμα να μειώνονται και οι κατηγορίες που επιλέγονται. Σύμφωνα με τη Μιχαλοπούλου (1992) «η αποφυγή των ακραίων κατηγοριών είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται συχνά στις κλίμακες κατατάξεως και ορίζεται ως σφάλμα κεντρικής τάσεως (error of central tendency)» (σ. 34). Επιπλέον, υπάρχουν και άλλα προβλήματα που προκύπτουν και τα οποία σύμφωνα με τη Μιχαλοπούλου (1992) «σχετίζονται με

θέματα επιείκειας και αυστηρότητας, τα οποία αφορούν ερωτώμενους που έχουν κριτική στάση και ερωτώμενους που θέτουν υψηλές προδιαγραφές αντίστοιχα» (σ. 34).

Μέσω των κλιμάκων μέτρησης στάσεων ενδιαφερόμαστε κυρίως να μάθουμε τη στάση που έχει ο ερωτώμενος, αν είναι δηλαδή θετικά ή όχι διακείμενος στο θέμα το οποίο ερευνούμε. Μέσω λοιπόν των αποκρίσεων σε συγκεκριμένες ερωτήσεις-μονάδες, προκύπτει ένα μέτρο της έντασης της συνολικής στάσης του για το υπό έρευνα θέμα. Αυτό που προσπαθεί ένας ερευνητής να μετρήσει είναι οι διαφοροποιήσεις σε επίπεδο βαθμού (Moser & Kalton, 1971, σ. 358).

Αφού ελεγχθεί η αξιοπιστία και η εγκυρότητα της κλίμακας το επόμενο βήμα αφορά στην κατασκευή της τελικής κλίμακας. Στις κλίμακες Likert, ο βαθμός του ερωτώμενου στην τελική κλίμακα είναι το άθροισμα των βαθμών του στις μεμονωμένες ερωτήσεις-μονάδες. Επιπλέον, τα δεδομένα της κλίμακας Likert συνοψίζονται και κατασκευάζονται εμπειρικά κατηγορίες διαστημάτων. Οι ομαδοποιήσεις αυτές χρησιμοποιούνται για να δοθεί μια συνολική εικόνα της κατανομής των περιπτώσεων σε μια πιο απλή μορφή ώστε να καθίσταται δυνατή η ανάλυση και η τελική επομένως κλίμακα παρέχει μια συνολικότερη εκτίμηση των στάσεων του κοινού απέναντι στο αντικείμενο που ερευνάται.

Όταν πραγματοποιηθεί αυτό η στάση των ερωτώμενων συνήθως μετράται αθροίζοντας τη συνολική τους βαθμολογία για κάθε ένα από τα στοιχεία. Για αυτόν τον λόγο οι κλίμακες Likert είναι γνωστές και ως προσθετικές κλίμακες (summated scales) ή προσθετικές κλίμακες κατατάξεων (summated rating scales) (Moser & Kalton, 1971). Καλούν δηλαδή τον ερωτώμενο να δηλώσει τον βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας σε μια σειρά προτάσεων σχετικά με το αντικείμενο του ενδιαφέροντος.

Ανάλογα με το περιεχόμενο και την εφαρμογή, οι προσθετικές αυτές κλίμακες μπορούν επίσης να κατασκευαστούν βασιζόμενες στα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης (factor analysis).

Η ανάλυση παραγόντων χρησιμοποιείται κυρίως διερευνητικά με ερωτήσεις τύπου Likert και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κατά τη διεξαγωγή της δοκιμαστικής έρευνας. Στο ερωτηματολόγιο της δοκιμαστικής έρευνας μπορούμε να συμπεριλάβουμε πολλές ερωτήσεις αναφερόμενες σ' όλη την έκταση μιας περιοχής των υπό έρευνα στάσεων· η υποκείμενη δομή αυτής της περιοχής στάσεων μπορεί να διερευνηθεί αν χρησιμοποιήσουμε την ανάλυση παραγόντων. Ο ερευνητής προσπαθεί να προσδιορίσει τους

παράγοντες και επιλέγει όσους πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην κυρίως έρευνα· επιλέγει ερωτήσεις από την αρχική συγκέντρωση ερωτήσεων για να σχηματίσει τις υπό κλίμακες για καθέναν από τους παράγοντες που τον ενδιαφέρουν. Έτσι, αντί να μελετά μια μεμονωμένη διάσταση της υπό έρευνα στάσης, εξετάζει βάσει εμπειρικών δεδομένων το διαστατό (dimensionality) της περιοχής στάσεων και διατηρεί για την κυρίως έρευνα όσες διαστάσεις επιθυμεί (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 53).

Σύμφωνα με τη Συμεωνάκη (2008) «η παραγοντική ανάλυση χρησιμοποιείται κυρίως για την απλοποίηση ενός συνόλου πολύπλοκων δεδομένων (data reduction) ή για την ανίχνευση μιας υπάρχουσας δομής στα δεδομένα (structure detection)». Η παραγοντική ανάλυση χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας (construct validity assessment), εφαρμόζοντας μία από τις τέσσερις μεθόδους: τη μέθοδο της παλινδρόμησης (regression), τη μέθοδο Bartlett, τη μέθοδο Anderson-Rubin και τη μέθοδο του Thompson για τους παραγοντικούς βαθμούς (Thompson, 2005). Στις περισσότερες διερευνητικές περιπτώσεις υπολογίζονται οι βαθμοί των παραγόντων (factor scores) (Thompson, 2005) και έπειτα χρησιμοποιούνται σε μεταγενέστερες αναλύσεις. Οι παραγοντικοί βαθμοί είναι δηλαδή προσθετικές μεταβλητές που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την τοποθέτηση ενός ατόμου σε κάποιο παράγοντα (DiStefano, Zhu & Míndrilă, 2009).

Ωστόσο, οι σύνθετες αυτές κλίμακες δεν διατηρούν τη διακύμανση στα αρχικά δεδομένα όπως συμβαίνει με τη μέθοδο της άθροισης των στοιχείων (DiStefano κ.ά., 2009). Στις περισσότερες περιπτώσεις διερευνητικής ανάλυσης, η άθροιση των μονάδων είναι ευρέως διαδεδομένη και όταν η παραγοντική ανάλυση αποδεικνύει ότι η απλή κατασκευή είναι παρούσα τότε η εφαρμογή είναι άμεση (DiStefano κ.ά., 2009). Επομένως, όταν χρησιμοποιείται η κλασική μεθοδολογία εκτιμάται η στάση του ερωτώμενου εξετάζοντας τις κατηγορίες των απαντήσεων που αυτός επιλέγει σε μια σειρά από ερωτήσεις-μονάδες. Ωστόσο, οι κλίμακες αυτές υπόκεινται σε μεροληψία που δημιουργούνται στα όρια των κατηγοριών απαντήσεων. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι ερωτώμενοι μπορεί να αποφύγουν να απαντήσουν χρησιμοποιώντας τις ακραίες κατηγορίες (central tendency bias), μπορεί να τείνουν να συμφωνήσουν με τις προτάσεις όπως αυτές παρουσιάζονται (acquiescence response bias) ή μπορεί να θελήσουν να παρουσιάσουν μια βελτιωμένη εικόνα για τον εαυτό τους ή την ομάδα τους (social desirability bias). Επιπλέον, τίθεται ένα θέμα υποκειμενικότητας ειδικότερα στη διερεύνηση πολύπλοκων κοινωνικών στάσεων, όπου ο ερωτώμενος ενδέχεται να

μην μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια τη στάση του (Moser & Kalton, 1971). Επομένως, υπάρχει ανάγκη διερεύνησης νέων μεθόδων για τη μέτρηση των στάσεων, γεγονός που συνιστά το κίνητρο για να ληφθεί υπόψη η θεωρία των ασαφών συνόλων και της ασαφούς συλλογιστικής στη μέτρηση των στάσεων με τις κλίμακες Likert.

1.2.2 Ασαφείς κλίμακες Likert

Η συμβολή του Likert υπήρξε καθοριστική για την ανάπτυξη των κλιμάκων μέτρησης στάσεων. Ωστόσο η μέτρηση των στάσεων αποτελούσε και εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο διαφωνιών ανάμεσα στους επιστημονικούς κύκλους. Οι κλίμακες Likert, εφόσον η θεωρία τους εφαρμόζεται σωστά, επιτυγχάνουν σε μεγάλο βαθμό να αποτυπώσουν τη στάση των ερωτώμενων για σημαντικά κοινωνικά ζητήματα, καθώς και να διερευνήσουν τις ψυχολογικές αντιδράσεις του ατόμου απέναντι σε διάφορα κοινωνικά ερεθίσματα. Η εφαρμογή τους σήμερα είναι ευρεία και αποτελούν σημαντικό εργαλείο στον χώρο των κοινωνικών επιστημών και στην επιστήμη της ψυχολογίας.

Γενικότερα, τα πλεονεκτήματα των κλιμάκων Likert αφορούν στο ότι είναι λειτουργικά απλές, στο ότι απαιτείται μικρή προσπάθεια τόσο από τους ερωτώμενους όσο και από τους συνεντευκτές και στις περιπτώσεις της γραφικής συμπλήρωσης μειώνεται ο κίνδυνος της προφορικής μεροληψίας. Επίσης, παρέχουν καλύτερη πληροφόρηση για το υπό έρευνα θέμα συγκριτικά με απαντήσεις του τύπου Ναι/Όχι. Σύμφωνα με τους Moser και Kalton (1971) «η παράμετρος της υποκειμενικότητας μπορεί να έχει μικρή σημασία όταν το υπό έρευνα θέμα είναι ξεκάθαρο αλλά στις περιπτώσεις όπου διερευνώνται σύνθετα και ευαίσθητα ζητήματα» (σ. 359), όπως π.χ. η ξενοφοβία, υπάρχει πιθανότητα να μην μπορέσει ο ερωτώμενος να εκτιμήσει αντικειμενικά τη στάση του.

Είναι προφανές ότι μια κλίμακα Likert δεν είναι κλίμακα διαστήματος για αυτό και δεν μπορούμε να συμπεράνουμε τίποτα για τις αποστάσεις ανάμεσα στις διαφορετικές θέσεις της κλίμακας. Οι Moser και Kalton (1971) ισχυρίζονται πως «οι κλίμακες Likert είναι τακτικές, απλούστερες στην κατασκευή τους και πιθανόν περισσότερο αξιόπιστες από τις κλίμακες Thurstone» (σ. 364). Οι κλίμακες Likert χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μέτρηση τακτικών (ordinal) δεδομένων. Επιπλέον, η Μιχαλοπούλου (1992) ισχυρίζεται πως «η τακτική κλίμακα προκύπτει από τη λειτουργία της διατάξεως κατά

βαθμό και πως εξ ορισμού τακτικά δεδομένα είναι τα δεδομένα που «διατηρούν τη διάταξη» αλλά τα διαστήματα μεταξύ των δεδομένων δεν είναι σταθερά» (σ. 86)

Με την κλίμακα διαστήματος (interval scale) όλα σχεδόν τα συνήθη στατιστικά μέτρα είναι εφαρμόσιμα εκτός εάν ανήκουν στο είδος που προϋποθέτει γνώση ενός «αληθούς» σημείου μηδέν. Το σημείο μηδέν σε μια κλίμακα διαστήματος είναι ένα θέμα σύμβασης ή ευκολίας, όπως αποδεικνύεται από το γεγονός ότι η μορφή της κλίμακας παραμένει αμετάβλητη όταν προστίθεται μια σταθερά (Μιχαλοπούλου, 1992, σ. 87).

Η κλίμακα Likert μπορεί να παρουσιαστεί συμβολικά χρησιμοποιώντας στοιχεία όπως Α, Β, Γ, Δ, Ε. Τα στοιχεία αυτά ταξινομήθηκαν χρησιμοποιώντας το σύμβολο > δηλαδή «μεγαλύτερο από». Έτσι μια τυπική αναπαράσταση της κλίμακας Likert θα μπορούσε να είναι Α>Β>Γ>Δ>Ε. Αυτή η συμβολική αναπαράσταση της κλίμακας Likert τοποθετεί τα αντικείμενα σε κατηγορίες. Ένα παράδειγμα των κλιμάκων κατατάξεως που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί μια κλίμακα Likert θα μπορούσε να είναι:

Η γυμναστική είναι καλή για την υγεία.

- A. Συμφωνώ απόλυτα
- B. Συμφωνώ
- Γ. Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
- Δ. Διαφωνώ
- Ε. Διαφωνώ απόλυτα

Από το παραπάνω παράδειγμα είναι σαφές ότι δεν υπάρχει καμία σωστή απάντηση. Η επιλογή των στοιχείων αντιπροσωπεύει την επιλογή του ατόμου. Στις περισσότερες εφαρμογές της κλίμακας Likert τα στοιχεία Α, Β, Γ, Δ, Ε αντιπροσωπεύονται από έναν ακέραιο αριθμό. Για παράδειγμα, μία τέτοια αντιστοίχιση θα μπορούσε να είναι η εξής:

$$A \rightarrow 1, B \rightarrow 2, \Gamma \rightarrow 3, \Delta \rightarrow 4 \text{ και } E \rightarrow 5.$$

Με αυτήν την αναπαράσταση υπογραμμίζεται η αριθμητική φύση της τακτικής κλίμακας. Η αντιστοίχιση με χρήση ακέραιων αριθμών προτείνει μια τακτική ταξινόμηση με σταθερό διάστημα. Αυτή η διαδικασία του «εξαναγκασμού» του ερωτώμενου να επιλέξει μία λέξη έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές, κυρίως στη στατιστική ανάλυση.

Η μετατροπή της ποιοτικής αναπαράστασης της κλίμακας Likert σε αναπαράσταση με χρήση ακέραιων αριθμών οδηγεί σε ένα σύνολο ερωτημάτων.

- Η κλίμακα Likert μπορεί να θεωρηθεί ως συνεχής;
- Η κλίμακα Likert συμπεριφέρεται σαν μια κλίμακα διαστήματος;
- Το αποτέλεσμα συνδέεται μονοσήμαντα με μια ακέραια τιμή; (Καζάνη, 2010, σ. 35)

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία θέτει στην πραγματικότητα πολλά ερωτήματα. Η παρουσία ή απουσία μιας ουδέτερης θέσης που δηλώνεται από επιλογές του τύπου: «Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ», «Το ίδιο όπως τώρα», «Ούτε σωστό, ούτε λάθος», «Ούτε σημαντικό, ούτε ασήμαντο» είναι ένα θέμα προς συζήτηση. Η απουσία του ουδέτερου σημείου πιέζει τους ερωτώμενους να διαλέξουν μια εναλλακτική, θετική ή αρνητική, αντί να καταφύγουν σε μια μέση θέση. Ωστόσο, σε μια κλίμακα όπου δεν υπάρχει μια ενδιάμεση επιλογή (δεν υπάρχει καμία θέση ίση με «μηδέν») οι εναλλακτικές δεν είναι πλέον σε ίση απόσταση. Επιπλέον, το κλειστού τύπου ερωτηματολόγιο υποχρεώνει τους ερωτωμένους να επιλέξουν μόνο μεταξύ των διαθέσιμων επιλογών, οι οποίες μπορεί να μην ανταποκρίνονται με ακρίβεια στις πραγματικές απόψεις ή στάσεις τους.

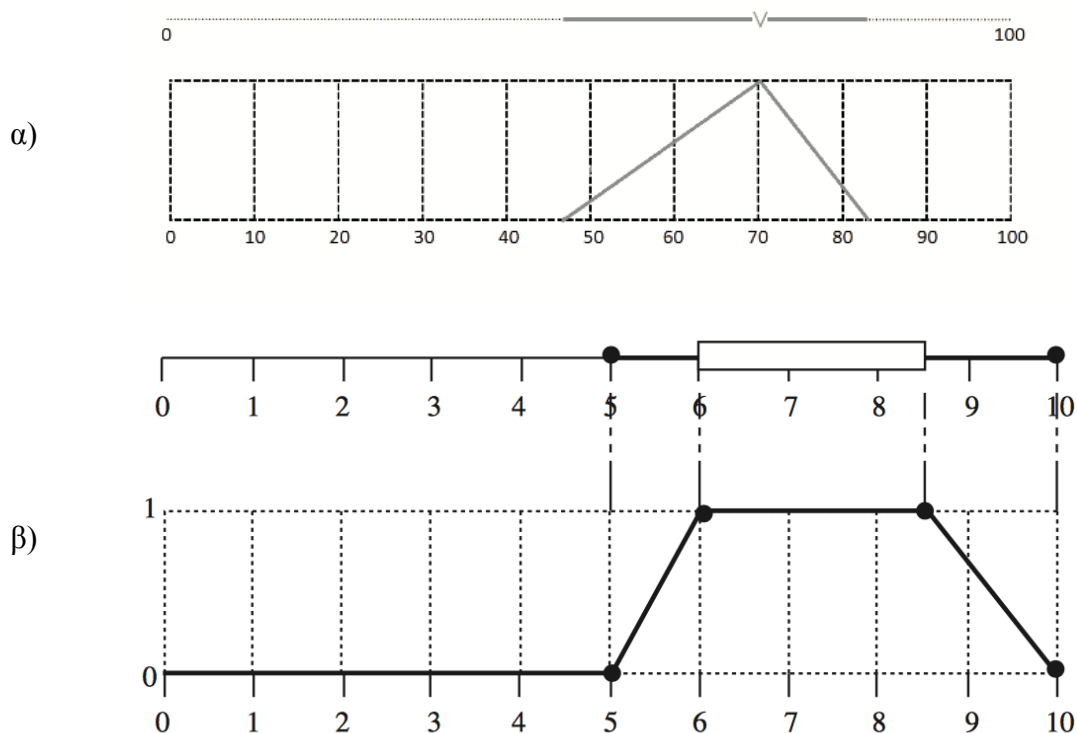
Μία πρώτη προσπάθεια συνδυασμού της ασαφούς λογικής και των κλιμάκων Likert έγινε από τους Hesketh, Pryor και Hesketh (1988). Στο συγκεκριμένο άρθρο οι ερευνητές αυτοί περιέγραψαν την ιδέα της *ασαφούς βαθμολογικής κλίμακας* (fuzzy rating scale), η οποία εκμεταλλεύεται τρεις βασικές ιδιότητες των ασαφών συνόλων:

- την ικανότητα που έχουν να διατυπώνουν με μαθηματικό φορμαλισμό «ανακριβείς» μετρήσεις,
- τη δυνατότητά τους να τις κάνουν πιο «ακριβείς» (“precisiate”) χρησιμοποιώντας συνεχή κλίμακα τιμών, επιτρέποντας κατά συνέπεια άπειρες εναλλακτικές, και τέλος
- τη δυνατότητα να αναπτύσσουν μαθηματικές πράξεις με τις εναλλακτικές αυτές.

Σε αντίθεση με τις απαντήσεις στις ερωτήσεις-μονάδες που συνθέτουν μία κλίμακα Likert, οι οποίες είναι προκαθορισμένες, οι απαντήσεις στις ερωτήσεις-μονάδες στην ασαφή βαθμολογική κλίμακα έχουν ελεύθερη μορφή. Πιο συγκεκριμένα, οι Hesketh κ.ά. (1988) πρότειναν μία ασαφή βαθμολογική κλίμακα, η οποία έδινε την ευκαιρία στους ερωτώμενους να επισημαίνουν μια προτεινόμενη κατηγορία καθώς και το

αντίστοιχο πλάτος αποδοχής της κάθε πλευράς. Οι ερωτώμενοι, δηλαδή, μπορούσαν να αναπαραστήσουν γραφικά τις επιλογές τους χρησιμοποιώντας τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς, σημειώνοντας την επιλογή τους με ένα «V», καθώς επίσης και το πόσο προς τα αριστερά και πόσο προς τα δεξιά θεωρούσαν ότι μπορεί να επεκτείνεται αυτή η επιλογή (το πλάτος δηλαδή της αποδοχής). Στο Σχήμα 1.11.α) παρουσιάζεται ένα παράδειγμα της ασαφούς βαθμολογικής κλίμακας όπως αυτή προτάθηκε από τους οι Hesketh, Pryor και Hesketh (1988). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δηλαδή ο ερωτώμενος σημείωσε ως επιλογή του το 70 και ως πλάτος αποδοχής το (47,83). Αναφέρουμε επιπλέον ότι στη σημερινή χρήση των ασαφών βαθμολογικών κλιμάκων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τραπεζοειδείς συναρτήσεις συμμετοχής (βλ. Σχήμα 1.11.β), όπου ο ερωτώμενος δηλαδή έχει επιλέξει ως πρωτεύον διάστημα από το 6 έως το 8,5 και ως πλάτος αποδοχής το 5 έως 10.

Σχήμα 1.11 Ασαφής βαθμολογική κλίμακα



Αυτή η ελευθερία επιλογής έχει πλεονεκτήματα, όσον αφορά την πληροφορία και την ακρίβεια, τα οποία δεν πρέπει κανείς να αγνοεί όταν αναλύει τις απαντήσεις από στατιστική άποψη. Για τον λόγο αυτό οι Hesketh, Griffin και Loh (2011) διαπίστωσαν

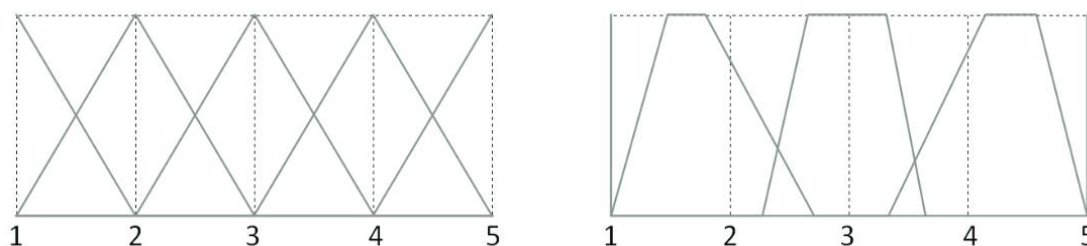
πρώτοι την ανάγκη για την ανάπτυξη στατιστικών μεθόδων (ειδικότερα ελέγχων στατιστικών υποθέσεων της στατιστικής συμπερασματολογίας) για την ανάλυση ασαφών δεδομένων. Είναι γεγονός ότι υπάρχουν κάποιες προηγούμενες μελέτες (για παράδειγμα Hesketh κ.ά. (1988), Hesketh, Pryor και Gleitzman (1989), Hesketh, McLachlan και Gardner (1992), Takemura, 1999, 2007) που αφορούν την ανάλυση δεδομένων που προέρχονται από ασαφείς βαθμολογικές κλίμακες, ωστόσο οι μελέτες αυτές είναι κυρίως περιγραφικής φύσης και συχνά έχουν να κάνουν με μία μόνο συγκεκριμένη μέθοδο από-ασαφοποίησης. Εφαρμογή της ασαφούς βαθμολογικής κλίμακας αποτελεί και η μελέτη των Turksen και Willson (1994), οι οποίοι ανέπτυξαν ένα μοντέλο που χρησιμοποιεί τα ασαφή σύνολα για την πρόβλεψη των επιλογών των καταναλωτών συνδυάζοντας το διάνυμα του ασαφούς μοντέλου με ένα νέο μοντέλο που χρειάζεται μόνο τακτικά δεδομένα. Η μέτρηση των προτιμήσεων του καταναλωτή εξετάστηκε ελέγχοντας ένα σύνολο εναλλακτικών αναπαραστάσεων καθώς και μια μέθοδο ενός διαδραστικού συνόλου ορισμού. Μια συγκριτική δοκιμή πρόβλεψης της εγκυρότητας, χρησιμοποιώντας όμοια δεδομένα από 139 άτομα, έδειξε σημαντικές βελτιώσεις στον βαθμό πρόβλεψης της εγκυρότητας συγκρινόμενη με τη μη-ασαφή προσέγγιση. Οι Gil, de Saa, Lopez και Lubiano (2011) χρησιμοποίησαν την ασαφή βαθμολογική κλίμακα σε ερωτηματολόγια για να εκφράσουν τις απαντήσεις των ερωτώμενων και οι Gil και Gil (2012) παρείχαν κατευθυντήριες οδηγίες για τον σχεδιασμό ερωτηματολογίων που επιτρέπουν την ελεύθερη μορφοποίηση των αποκρίσεων με χρήση ασαφών αριθμών (free fuzzy-numbered response format).

Τελευταία έχουν αναπτυχθεί προγράμματα στην R όπως το SAFD (Statistical Analysis for Fuzzy Data) (Trutschnig & Lubiano, 2015, Trutschnig, Lubiano & Lastra, 2013) ώστε να πραγματοποιούνται στατιστικές αναλύσεις με ασαφείς αριθμούς, όπως ο υπολογισμός αποστάσεων, μέσων τιμών, διασπορών και συνδιασπορών, η ανάλυση συσχέτισης, bootstrap μέθοδοι για την ισότητα των μέσων τιμών, όπως επίσης και η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης, κ.ά.

Ένα δεύτερο είδος ασαφών κλιμάκων μέτρησης είναι οι *κλίμακες ασαφούς μετατροπής* (fuzzy conversion scales) που γενικά αποτελούν συχνή εφαρμογή των ασαφών αριθμών στις κλίμακες Likert και λειτουργούν μετατρέποντας κάθε λεκτική απάντηση σε έναν ασαφή αριθμό ακολουθώντας διαφορετικές διαδικασίες

ασαφοποίησης (fuzzification). Στο Σχήμα 1.12 παρουσιάζονται δύο παραδείγματα εφαρμογής μίας κλίμακας ασαφούς μετατροπής σε μια κλίμακα Likert πέντε σημείων.

Σχήμα 1.12 Εφαρμογή μίας κλίμακας ασαφούς μετατροπής σε μια κλίμακα Likert πέντε σημείων



Εφαρμογές της κλίμακας ασαφούς μετατροπής βρίσκουμε στις μελέτες των Aydin και Pakdil (2008) και Lalla, Facchinetti και Mastroleo (2005). Οι Aydin και Pakdil (2008) είχαν ως στόχο στη μελέτη τους να μετρήσουν και να συνοψίσουν την αναμενόμενη ποιότητα στις υπηρεσίες των επιβατών διεθνούς αεροπορικής εταιρείας και να παρέχουν την άποψη των επιβατών στους φορείς λήψης αποφάσεων με τη χρήση της ασαφούς λογικής. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυσή τους περιλάμβανε τη χρήση μιας ασαφούς κλίμακας μετατροπής και η ασαφοποίηση έγινε με την επιλογή τραπεζοειδούς συνάρτησης. Χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία SERVQUAL (πολυδιάστατο ερευνητικό εργαλείο σχεδιασμένο να καταγράφει τις προσδοκίες του καταναλωτή και τις αντιλήψεις για μια υπηρεσία με πέντε σημεία τα οποία αντιπροσωπεύουν την ποιότητα υπηρεσιών), προσδιορίστηκε για κάθε στοιχείο το βέλτιστο ασαφές διάστημα της διαφοράς των βαθμών. Οι ερμηνείες (interpretations) αυτών των ασαφών διαστημάτων κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις περιοχές – αισιόδοξες, ουδέτερες και απαισιόδοξες απόψεις καταναλωτών – έτσι ώστε να ενισχύει τους φορείς λήψης αποφάσεων στο να αναγνωρίσουν ποια στοιχεία των υπηρεσιών είναι ικανοποιητικά αλλά και ποιες υπηρεσίες έχουν ανάγκη βελτίωσης.

Επιπλέον, οι Lalla κ.ά. (2005) πρότειναν μία κλίμακα ασαφούς μετατροπής με σκοπό να αναλύσουν τακτικά δεδομένα που παράγονται από ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης μαθημάτων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν τρία διαφορετικά ερωτηματολόγια με σκοπό να ερευνήσουν τις διαφορές που θα προέκυπταν από την κλίμακα των 4 και των 5 σημείων αντίστοιχα. Η παραδοσιακή ανάλυση συγκρίθηκε με

τα αποτελέσματα του ασαφούς συστήματος που σχεδιάστηκε για να πετύχει τους ίδιους στόχους, δηλαδή την αξιολόγηση των φοιτητών. Το ασαφές σύστημα φαίνεται να απέφερε αποτελέσματα που αποδείχθηκαν ότι είναι πιο υψηλά αλλά και μερικές φορές πιο χαμηλά από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις κλίμακες των 4 και 5 σημείων. Επιπλέον, προτείνεται η βελτίωση της διαδικασίας του ασαφούς συστήματος, ώστε να γίνει μια ανάλυση ξεχωριστά για την κάθε ασαφοποιημένη μονάδα, αυξάνοντας έτσι τη χρήση του ασαφούς συστήματος στις κοινωνικές επιστήμες.

Οι Symeonaki και Kazani (2011) και η Καζάνη (2010), ακολουθώντας τη μέθοδο των Lalla κ.ά. (2005), ασχολήθηκαν με την ασαφοποίηση των κλιμάκων Likert. Συγκεκριμένα, η ασαφοποίηση της κλίμακας διενεργήθηκε μέσα από τρία μεθοδολογικά βήματα. Αρχικά κατασκευάστηκε ένα υποθετικό ασαφές σύστημα, αφού πρώτα διερευνήθηκαν οι πιθανές σχέσεις μεταξύ των ερωτήσεων-μονάδων. Στη συνέχεια, έγινε ασαφοποίηση των μεταβλητών εισόδου με την εξέταση των ραβδογραμμάτων συχνότητας της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά και παρουσίαση αυτών με τις αντίστοιχες ασαφείς διαμερίσεις, δίνοντας βαρύτητα στην εύρεση της δομής και των σχέσεων των μεταβλητών αυτών. Τέλος, κάνοντας χρήση της εμπειρικής γνώσης των επιστημόνων διατυπώθηκαν γλωσσικοί κανόνες, οι οποίοι οδήγησαν στην περιγραφή του συστήματος της ξενοφοβίας, το οποίο παρέχει μια άλλη προσέγγιση μέτρησης της ξενοφοβίας.

Άλλες εφαρμογές της ασαφούς λογικής στις κλίμακες Likert περιλαμβάνουν τις μελέτες των Mogharreban και Dilalla (2006), οι οποίοι πρότειναν έναν μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων με τη χρήση της ασαφούς λογικής για την ανάλυση ερωτηματολογίων με ερωτήσεις κλίμακας Likert με 128 ερωτώμενους/ες και δύο κανόνες. Επιπλέον, οι Lazim και Osman (2009) μελέτησαν την προσέγγιση μέσω των ασαφών συνόλων για τη μέτρηση των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών για τα μαθηματικά (23 εκπαιδευτικοί) και οι Lazim, Osman και Salihin (2011) πρότειναν ένα ασαφές μοντέλο που περιγράφει τις αντιλήψεις των φοιτητών/τριών για την άλγεβρα σε ένα υπολογιστικό μαθησιακό περιβάλλον (164 φοιτητές/τριες). Μια άλλη μελέτη για την ασαφοποίηση των κλιμάκων μέτρησης στάσης έγινε από τους Abdullah, Abdullah και Mr Tar (2004) οι οποίοι επικεντρώθηκαν στη σημασία της εφαρμογής της ασαφούς λογικής πάνω στις κοινωνικές επιστήμες. Πιο συγκεκριμένα, μελέτησαν ένα παράδειγμα κοινωνικής έρευνας χρησιμοποιώντας ένα ασαφές μοντέλο ώστε να

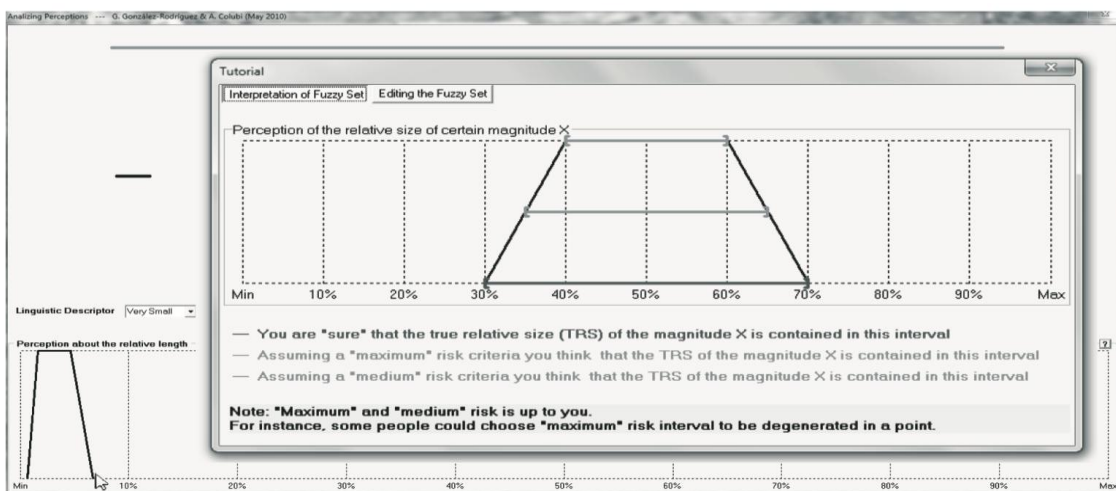
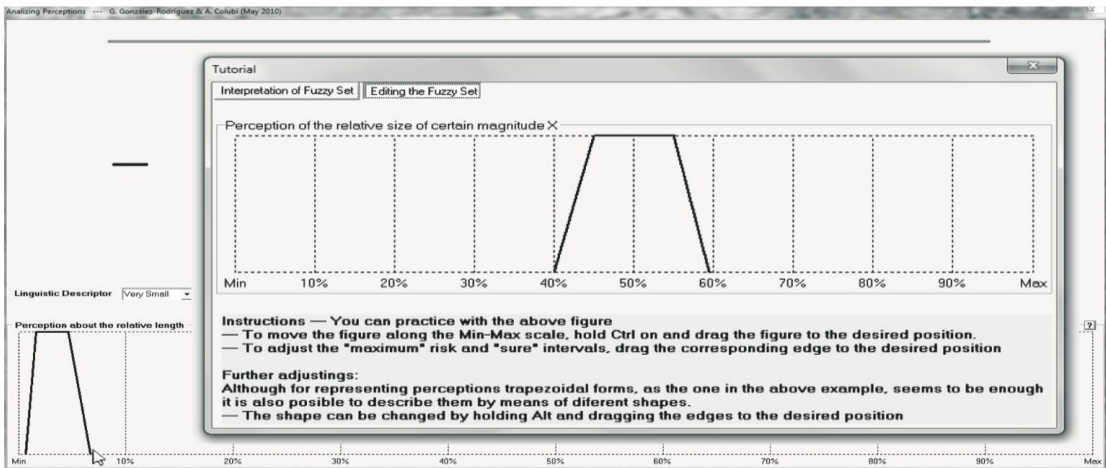
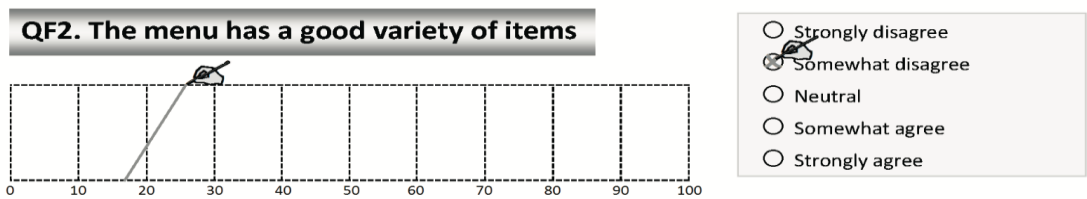
μετρήσουν τα ασαφή δεδομένα που προέκυπταν από το ερωτηματολόγιο. Επιπλέον, στη μελέτη αυτή γίνεται συζήτηση για το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιείται από τους ερευνητές για τη συλλογή των δεδομένων και τα στοιχεία της ασάφειας που ενυπάρχουν σε αυτό. Από την έρευνα που έκαναν κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το ασαφές μοντέλο προσφέρει ουσιαστική βελτίωση στην ανάλυση των δεδομένων και παρέχει πιο ακριβή συμπεράσματα.

Οι De la Rosa, Gil, Lopez & Lubiano (2013) παρουσιάζουν μια εμπειρική σύγκριση των κλιμάκων ασαφούς μετατροπής με τις ασαφείς βαθμολογικές κλίμακες. Η ανάλυσή τους καταλήγει στο ότι οι ασαφείς βαθμολογικές κλίμακες παράγουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα από τις κλίμακες Likert και από τις κλίμακες ασαφούς μετατροπής. Ωστόσο, οι προαναφερόμενες μελέτες δεν έχουν ακόμα αντιμετωπίσει το ζήτημα της αξιολόγησης των ψυχομετρικών ιδιοτήτων (αξιοπιστία και εγκυρότητα) των προτεινόμενων κλιμάκων που αναπτύχθηκαν εφαρμόζοντας αυτές τις μεθόδους. Επιπλέον, οι ασαφείς βαθμολογικές κλίμακες μέτρησης που προτείνονται ως οι πιο αξιόπιστες φαίνεται αυτήν την στιγμή να είναι κατάλληλες για ερωτώμενους που μπορούν να κατανοήσουν την έννοια της συνάρτησης συμμετοχής, καθώς και να ακολουθήσουν τις οδηγίες για τη διατύπωση των αντίστοιχων τραπεζοειδών ή τριγωνικών ασαφών αριθμών.

Σύμφωνα με τους Gil και Gil (2012) και Gil κ.ά. (2011) αυτές οι μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα σε φοιτητές πανεπιστημίων. Στις περισσότερες όμως γενικές κοινωνικές έρευνες θα ήταν ανέφικτο να εφαρμοστεί η χρήση των ασαφών κλιμάκων μέτρησης ακολουθώντας αυτήν τη μεθοδολογία (De la Rosa de Saa κ.ά., 2013). Για παράδειγμα, στην εφαρμογή που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2, η στάση που μετρήθηκε είναι η ξενοφοβία όπου 27% των ερωτώμενων είναι άτομα ηλικίας από 60 έως 80 ετών και 40% από αυτά είναι αναλφάβητοι ή έχουν ολοκληρώσει μόνο μερικές τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Από την άλλη, μόνο το 13,7% είναι απόφοιτοι/ες πανεπιστημιακής εκπαίδευσης όπως συμβαίνει στις περισσότερες έρευνες γενικού πληθυσμού. Για να εξεταστεί η ασαφοποίηση σε ένα τέτοιο περιβάλλον απαιτείται η κατάλληλη κατάρτιση όλων των συνεντευκτών. Στο πεδίο αυτό, οι συνεντευκτές, αφού συμπληρώσουν το βασικό ερωτηματολόγιο, θα πρέπει να αναθέσουν στους πτυχιούχους ερωτώμενους την κατασκευή των ασαφών κλιμάκων μέτρησης· μια διαδικασία που θα αύξανε το κόστος και θα είχε δυσκολία εποπτείας και

ελέγχου. Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη δυσκολία της πιθανής χρήσης των ασαφών βαθμολογικών κλιμάκων μέτρησης στον γενικότερο πληθυσμό παραθέτουμε το Σχήμα 1.13 (De la Rosa de Súa, Gil, González-Rodríguez, López, & Lubiano, 2015) στο οποίο παρουσιάζεται ένα απόσπασμα από το προτεινόμενο λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων αυτού του τύπου και τις αντίστοιχες οδηγίες.

Σχήμα 1.13 Απόσπασμα λογισμικού για συμπλήρωση ερωτηματολογίων



Πηγή: De la Rosa de Súa, S., Gil, M.A., González-Rodríguez, G., López, M.T., & Lubiano, M.A. (2015). Fuzzy rating scale-based questionnaires and their statistical analysis. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23, 111-126.

1.2.3 Κίνητρο, συνεισφορά και περίληψη πρωτότυπου μέρους

Όπως είναι γνωστό τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται στις κοινωνικές έρευνες αποτελούν ένα τυποποιημένο σχέδιο για τη συλλογή εξειδικευμένης πληροφορίας με τη μορφή ερωτήσεων και κατά κάποιον τρόπο αποτελούν ένα μέσο επικοινωνίας μεταξύ των ερευνητών και των ερωτώμενων. Το κλειστού τύπου ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιείται στις κλίμακες Likert υποχρεώνει τους ερωτωμένους να επιλέξουν μόνο μεταξύ των διαθέσιμων επιλογών, οι οποίες μπορεί να μην ανταποκρίνονται με ακρίβεια στις πραγματικές απόψεις ή στάσεις τους. Μεταξύ άλλων, εκφράσεις του τύπου «δε με ενδιαφέρει πολύ» είναι αρκετά δύσκολο να κατανοηθούν αντικειμενικά παράγοντας μία ασάφεια, ειδικά στα όρια των κατηγοριών. Επιπλέον, είναι σημαντικό ότι η ασαφοποίηση των δυνατών επιλογών μπορεί να μετατρέψει τα τακτικά δεδομένα που παράγονται από τις κλίμακες Likert σε δεδομένα διαστήματος.

Έχει, λοιπόν, σημασία να κοιτάξουμε το θέμα των κλιμάκων μέσα από μια άλλη εναλλακτική προσέγγιση χρησιμοποιώντας έμπειρα συστήματα και τη μέτρηση των στάσεων και πιο συγκεκριμένα τη θεωρία της ασαφούς λογικής και των ασαφών συστημάτων, καθώς και υβριδικών συστημάτων όπως είναι τα νευρο-ασαφή συστήματα που συνδυάζουν τα τεχνητά νευρικά δίκτυα και την ασαφή συλλογιστική.

Σύμφωνα με τον Thompson (2005) στη μέτρηση των στάσεων η παραγοντική ανάλυση χρησιμοποιείται κυρίως για τρεις σκοπούς: για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας, την ανάπτυξη της θεωρίας αλλά και για να συνοψίσει τις σχέσεις στη μορφή ενός πιο ευέλικτου συνόλου βαθμών παραγόντων που θα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν σε μεταγενέστερες αναλύσεις. Το αντικείμενο στη μελέτη των Symeonaki, Michalopoulou και Kazani (2014) ήταν η ανάπτυξη μιας χρήσιμης μεθοδολογίας για τη μέτρηση των στάσεων, η οποία θα λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας, σε συνδυασμό με την παραγοντική ανάλυση, επιπλέον στατιστική ανάλυση, καθώς επίσης και τη γνώση των εμπειρών της περιοχής σε μια προσπάθεια μέτρησης μιας συγκεκριμένης στάσης. Ως γνώση των εμπειρών της περιοχής ορίζεται η υπάρχουσα γνώση στην περιοχή της υπό μέτρηση στάσης, η οποία μπορεί να εκφραστεί με τη μορφή κανόνων. Αυτή η εναλλακτική προσέγγιση λαμβάνει υπόψη τις διασυνδέσεις (interconnections) των κατασκευών που παρέχονται από την παραγοντική ανάλυση με την υπό έρευνα στάση χρησιμοποιώντας τις αναπαραστάσεις της συμβολικής γνώσης και επίσης λαμβάνει

υπόψη τη γνώση των εμπειρών, η οποία είναι συνήθως διαθέσιμη από τη θεωρία. Είναι σύνηθες η συμβολική αυτή γνώση να αφορά κοινωνικές ή δημογραφικές μεταβλητές που έχουν ασαφή χαρακτήρα (για παράδειγμα η ηλικία, η συχνότητα εκκλησιασμού, το εκπαιδευτικό επίπεδο, κ.ά.) και κατά συνέπεια είναι δύσκολο να συλλάβει κανείς την επίδρασή τους με τη χρήση των κλασικών εμπειρών συστημάτων. Αυτό ισχύει φυσικά και στην περίπτωση των περισσότερων κατασκευών που από τη φύση τους είναι ασαφείς. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μεθοδολογία των ασαφών συστημάτων μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους εξής λόγους:

- Αρχικά, οι μονάδες (items) ή οι ερωτήσεις (questions) θεωρούνται ασαφείς προτάσεις (fuzzy propositions) και έτσι οι βαθμοί (scores) που αντιστοιχούν σε αυτές τις κατηγορίες ερμηνεύονται ως βαθμοί αληθείας των ασαφών προτάσεων (degrees of truth of fuzzy propositions) (Dubois & Prade, 1997), δηλαδή ως ασαφείς τιμές (fuzzy values) που αντιστοιχούν στον βαθμό στον οποίο ο ερωτώμενος πιστεύει ότι ισχύει η συγκεκριμένη ασαφής πρόταση. Κατά συνέπεια, η είσοδος του ασαφούς συστήματος συλλογιστικής, έχει έναν ασαφή χαρακτήρα που παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$ που συνάδει με την έννοια του «βαθμού αληθείας των ασαφών προτάσεων» διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο την αναπαράσταση της γνώσης των εμπειρών του συστήματος. Επιπλέον, όπως αναφέραμε και στο υποκεφάλαιο 1.1 η ασαφής συλλογιστική είναι ικανή να συλλάβει την ασαφή φύση των παραγόντων, δεδομένου ότι τα φορτία του παράγοντα μπορούν να θεωρηθούν ως βάρη σε ένα σταθμισμένο μέσο για κάθε παράγοντα. Για παράδειγμα, η στάση που θέλουμε να μετρήσουμε είναι η ξеноφοβία και ένας από τους παράγοντες που προέκυψε από την ανάλυση παραγόντων (Symeonaki κ.ά., 2014) εκφράζει στάσεις που έχουν να κάνουν με το Στερεοτυπικό Στιγματισμό των Ξένων (Stereotypical Stigmatisation of Foreigners). Η στάση αυτή εκφράζεται μέσα από ερωτήσεις όπως «Οι ξένοι ευθύνονται για την αύξηση της εγκληματικότητας», «Οι ξένοι αυξάνουν την ανεργία» ή «Οι ξένοι που εργάζονται στη χώρα μας κάνουν κακό στην οικονομία» κτλ. Θεωρώντας λοιπόν ότι η παραγοντική ανάλυση εφαρμόζεται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας, ο παραπάνω παράγοντας προκύπτει μέσα από τα αντίστοιχα βάρη που είναι ίσα με τα φορτία του παράγοντα. Σε

αυτήν την περίπτωση, οι απαντήσεις στις συγκεκριμένες ερωτήσεις είναι αριθμοί (συνήθως από το 1 έως το 5) που αντιπροσωπεύουν την πραγματική τιμή της κατάστασης (τη στάση δηλαδή του ερωτώμενου) και οι οποίοι σταθμίζονται και προστίθενται υποθέτοντας ότι ο συγκεκριμένος παράγοντας τις επηρεάζει γραμμικά. Επομένως, η τιμή του τελικού αποτελέσματος έχει σαφώς έναν ασαφή χαρακτήρα που μπορεί να αντιμετωπιστεί από την ασαφή διαμέριση (fuzzy partition).

- Επιπλέον, η προτεινόμενη μεθοδολογία μας επιτρέπει να θεωρήσουμε ως είσοδο στο ασαφές σύστημα έναν αριθμό βασικών παραμέτρων (κυρίως κοινωνικο-δημογραφικών μεταβλητών) οι οποίες σχετίζονται με τους παράγοντες (υπό κλίμακες) και ταυτόχρονα επηρεάζουν τη στάση. Η πλειονότητα αυτών των παραμέτρων σκιαγραφεί μια ασαφή φύση και έτσι η ασαφής διαμέριση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιμετωπίσει την ασάφεια που υπάρχει στη συγκεκριμένη περίπτωση. Αν η στάση που θέλουμε να μετρήσουμε είναι πάλι η ξενοφοβία και η κατασκευή που παράγεται από την ανάλυση παραγόντων είναι ο Στερεοτυπικός Στιγματισμός για τους Ξένους μπορούμε να συμπεριλάβουμε στην αξιολόγησή μας βασικές μεταβλητές όπως η ηλικία και το εκπαιδευτικό επίπεδο καθώς και τη γνώση των εμπειρών του συστήματος θεωρώντας ότι όλες αυτές οι μεταβλητές σχετίζονται με την κατασκευή. Για παράδειγμα, αν κάποιος είναι νέος σε ηλικία και έχει υψηλό μορφωτικό επίπεδο είναι πιο πιθανό να κατέχει μια λιγότερο στερεοτυπική στάση απέναντι στον «άλλον».
- Δυσκολίες προκύπτουν αν επιχειρήσουμε να κατασκευάσουμε μοντέλα με σκοπό να προσομοιάσουμε τη συσχέτιση μεταξύ των παραγόντων και της στάσης. Αυτό είναι δυνατό να ξεπεραστεί αν χρησιμοποιήσουμε τη γνώση των εμπειρών του συστήματος με τη μορφή κανόνων (rules). Οι περισσότερες κατασκευές (constructs) που εμπλέκονται έχουν σημασιολογική ερμηνεία, η οποία είναι σαφής για τους κοινωνικούς επιστήμονες και μπορούν εύκολα να εκφραστεί με τη χρήση κανόνων ασαφούς συλλογιστικής. Για παράδειγμα, αν κάποιος είναι νέος στην ηλικία, έχει υψηλό μορφωτικό επίπεδο και δεν έχει στερεοτυπικές στάσεις απέναντι

στον «άλλον» τότε είναι περισσότερο πιθανό να εκφράσει μια λιγότερο ξενοφοβική στάση.

Κατά συνέπεια, η κλασική θεωρία της κλίμακας Likert μπορεί να επεκταθεί και να αποκτήσει μια ακριβέστερη μέτρηση της στάσης η οποία θα διατηρεί τον αρχικό βαθμό και ταυτόχρονα θα ενσωματώνει τις μεθόδους που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες. Στηριζόμενοι λοιπόν στη θεωρία των ασαφών συνόλων και υποκινούμενοι από τις προαναφερθείσες μελέτες θα διενεργηθεί μια εφαρμογή της θεωρίας της ασαφούς λογικής σε μία κλίμακα Likert. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το προτεινόμενο σύστημα φαίνεται να αποτυπώνει καλύτερα την ξενοφοβία των ερωτώμενων δεδομένου ότι οι συσχετίσεις με τις ερωτήσεις που θεωρούνται δείκτες ξενοφοβίας είναι ισχυρότερες.

Επιπλέον θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο τα αποτελέσματα του 2^{ου} Κεφαλαίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των προφίλ (profile analysis) (Κεφάλαιο 3). Πιο συγκεκριμένα, θέλουμε να διαπιστώσουμε κατά πόσο οι πρωτογενείς ή ασαφείς βαθμοί αφού μετασχηματιστούν (με τη χρήση των εκατοστημορίων ως νόρμα) θα αντανακλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της στάσης που μετράμε. Κάνουμε επομένως σύγκριση των ερωτώμενων που ο ασαφής αριθμός τους αλλάζει σημαντικά την κατάταξή τους στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα σε αντίθεση με αυτούς που έχουν μεγάλες αλλαγές (εξετάζοντας μία διαφορά άνω του 10).

Τέλος, θα χρησιμοποιηθεί ένα υβριδικό σύστημα και πιο συγκεκριμένα ένα νευρο-ασαφές σύστημα για την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας (Κεφάλαιο 4), λαμβάνοντας υπόψη έναν αριθμό παραγόντων που είναι σημαντικοί. Το συγκεκριμένο πρόβλημα που έχουμε να επιλύσουμε είναι η κατασκευή ενός ευφυούς συστήματος, το οποίο θα μπορεί να αξιολογεί και να ταξινομεί τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας ανάλογα με κάποια στοιχεία τα οποία θα εξάγονται από τις απαντήσεις τους, σε κατηγορίες ξενοφοβίας. Το προτεινόμενο σύστημα λαμβάνει υπόψη τον τρόπο με τον οποίο ο ερωτώμενος απάντησε σε κάθε ερώτηση-μονάδα και διακρίνει μεταξύ αμφισβητούμενων (questionable) και μη αμφισβητούμενων (non questionable) ερωτήσεων. Ουσιαστικά, επιλύεται ένα πρόβλημα μηχανικής ταξινόμησης, στο οποίο χρησιμοποιούνται τεχνικές νευρωνικών δικτύων και ασαφών τεχνικών με στόχο τελικά τη δημιουργία ενός συστήματος στο οποίο να

χρησιμοποιείται ενοποίηση συμβολικής και αριθμητικής επεξεργασίας. Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί ότι και σε αυτήν την περίπτωση το προτεινόμενο σύστημα φαίνεται να αποτυπώνει καλύτερα την ξενοφοβία των ερωτώμενων δεδομένου ότι οι συσχετίσεις με τις ερωτήσεις που θεωρούνται δείκτες ξενοφοβίας είναι ισχυρότερες, αλλά όχι τόσο ισχυρές όσο οι αντίστοιχες συσχετίσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή του ασαφούς συστήματος του 2^{ου} Κεφαλαίου.

1.3 Επεκτείνοντας τις κλίμακες Likert ή τις υπό κλίμακες

Στη συνέχεια παρέχεται μια λεπτομερής περιγραφή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για την επέκταση των κλιμάκων Likert χρησιμοποιώντας τη θεωρία της ασαφούς συλλογιστικής. Υποθέτουμε ότι έχουμε μια έρευνα που μετράει μια στάση με τη χρήση των κλιμάκων Likert καθώς και το σχετικό σύνολο των ερωτώμενων $j = 1, 2, \dots, n$. Η χρήση οποιασδήποτε στατιστικής ανάλυσης προϋποθέτει υποθέσεις σχετικά με τις διαδικασίες δειγματοληψίας (δειγματοληψία πιθανοτήτων και πραγματικά μεγέθη δειγμάτων), επίπεδο μέτρησης των μεταβλητών καθώς και έλεγχο των κατανομών τους. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι κλίμακες Likert παραδοσιακά αντιμετωπίζονται στη βιβλιογραφία ως κλίμακες διάταξης. Σε εφαρμογές όπου ο αριθμός των κατηγοριών απαντήσεων είναι τουλάχιστον πέντε, οι τακτικές κατηγορίες θεωρούνται ως διαστήματος και επομένως κάποιος θα μπορούσε να προχωρήσει στη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιώντας αυτές τις μεταβλητές ψευδό-διαστήματος (Bartholomew κ.ά., 2008). Η θεωρία της κλίμακας Likert απαιτεί οι μονάδες να είναι διατυπωμένα θετικά και αρνητικά αντίστοιχα. Επομένως, πριν από τη διεξαγωγή της ανάλυσης, η διάταξη των θετικά και αρνητικά διατυπωμένων μονάδων θα πρέπει να αντιστραφεί, ανάλογα πάντα με τον ορισμό των αρνητικό-θετικών άκρων της συνολικής κλίμακας ή των υπό κλιμάκων.

1.3.1 Επέκταση των κλιμάκων Likert

Διαισθητικά, έχοντας ως παράδειγμα μια έρευνα για τη μέτρηση των στάσεων καθώς επίσης και το σχετικό δείγμα των ερωτωμένων, τα στοιχεία του C (οι κατασκευές) που αναπαριστούν έννοιες μη μετρήσιμες (abstractions) στον τομέα των στάσεων και τα στοιχεία του Q (στοιχεία) που αναπαριστούν ερωτήσεις (δηλώσεις απόψεων) πιθανόν να χρησιμοποιηθούν στην έρευνα, μετρώντας τις σχετικές κατασκευές. Τα στοιχεία που

αξιολογούνται στη βάση των υποσυνόλων του πεδίου τιμών (οι κλίμακες προσδιορίζονται από το κ), και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τη βαθμολόγηση των σχετικών κατασκευών (στηριζόμενες στις μετρήσεις που ορίζονται από το λ). Για παράδειγμα, οι κλίμακες Likert, όπως είδαμε και παραπάνω, συνήθως χρησιμοποιούν 5 ακέραιες κατηγορίες απαντήσεων ως τιμές των στοιχείων ($\text{val}(q_i) \in \kappa(q_i) = \{1, 2, 3, 4, 5\}$) και οι απαντήσεις αθροίζονται με στόχο να αποκτηθούν οι βαθμοί των ερωτώμενων για την κατασκευή $(\text{val}(c) = \lambda(\text{val}(q_1), \dots, \text{val}(q_m)) = \sum_{i=1}^m \text{val}(q_i))$, άρα $\kappa(c) = \{m, m+1, \dots, 5m\}$. Οι βάσεις δεδομένων για τη μέτρηση κατασκευάζονται συνήθως από ερωτηματολόγια. Για ένα ερωτώμενο $j, \{q_{1j}, \dots, q_{mj}\}$ αντιπροσωπεύει την καταχώρηση των σχετικών στοιχείων-ερωτήσεων σύμφωνα με τις απαντήσεις του, ενώ η πρόσθετη πληροφορία M_j αντιπροσωπεύει τις κοινωνικό-δημογραφικές πληροφορίες (πχ. ηλικία, επίπεδο εκπαίδευσης κτλ.) για τον συγκεκριμένο ερωτώμενο.

Δύο σημαντικές ψυχομετρικές ιδιότητες της μέτρησης μιας κατασκευής είναι η εγκυρότητα (validity) και η αξιοπιστία (reliability). Η μέτρηση για την κατασκευή $c \in C$ είναι αξιόπιστη αν $\forall_j = 1, 2, \dots, n, \text{val}(c)$ είναι σταθερή κατά τη διάρκεια του χρόνου, υπό την προϋπόθεση ότι οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις πραγματοποιούνται κάτω από σταθερές συνθήκες καθώς και να μην υπάρχει ουσιαστική αλλαγή στα στάση που μετράται. Η εγκυρότητα αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο αυτό που πρέπει να μετρηθεί έχει πραγματικά μετρηθεί.

Οι σημασιολογικές πληροφορίες σχετικά με τις διασυνδέσεις των κατασκευών είναι συνήθως διαθέσιμες από τους έμπειρους στον τομέα της στάσης. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες μπορούν να εκφραστούν με κάποιους περιορισμούς, προσδιορίζοντας τις διαστάσεις των κατασκευών. Τυπικά, μια θεωρία για την κατασκευή $c \in C$ απεικονίζεται με τη μορφή $\tau_c : \kappa(c_1) \times \dots \times \kappa(c_l) \rightarrow \kappa(c)$, όπου $c_1, \dots, c_l \in C$. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το c είναι σημασιολογικά περιορισμένο από το c_1, \dots, c_l όπου είναι οι διαστάσεις του c . Κάθε κλίμακα για τη διάσταση του c ονομάζεται υπό κλίμακα του c . Διαισθητικά, οι θεωρίες αντιπροσωπεύουν σημασιολογικούς κανόνες του τομέα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν έμμεσα στη βαθμολόγηση της κατασκευής, με τη βοήθεια της μέτρησης των διαστάσεών τους. Για τον έλεγχο της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας θα πρέπει να ελεγχθεί η

μονοδιαστατότητα (unidimensionality) και η πολυδιαστατότητα (multidimensionality) της κλίμακας Likert. Ο έλεγχος της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας εξαρτάται από το αν ο στόχος είναι η ανάπτυξη της θεωρίας (οι υπό κλίμακες δεν επιβεβαιώνονται ως διαστάσεις από τη θεωρία) ή αν στόχος είναι η εφαρμογή της θεωρίας (οι υπό κλίμακες επιβεβαιώνονται ως διαστάσεις από τη θεωρία) (Tabachnick και Fidell, 2007; Thompson, 2005).

Η μέτρηση για την κατασκευή $c \in C$ είναι μονοδιάστατη αν και μόνο αν υπάρχει μια (αξιόπιστη και έγκυρη) κλίμακα για το c . Επίσης, η μέτρηση για την κατασκευή $c \in C$ είναι πολυδιάστατη αν και μόνο αν το c είναι σημασιολογικά περιορισμένο από ένα σύνολο (αξιόπιστων και έγκυρων) κατασκευών οι οποίες μετρώνται από μονοδιάστατες μετρήσεις.

Ορίζουμε με $c_1, c_2, \dots, c_l \in C$ τις διαστάσεις (dimensions) που προσδιορίζονται από την ανάλυση παραγόντων (factor analysis) (ή συνιστωσών) (components) και ορίζουμε επίσης με l_{ij} τα φορτία των παραγόντων (ή των συνιστωσών) του q_i στον παράγοντα (ή τη συνιστώσα) c_j . Η σημασία της κάθε διάστασης συμπεραίνεται από τα στοιχεία που έχουν το υψηλότερο φορτίο στην αντίστοιχη συνιστώσα ή στον αντίστοιχο παράγοντα (Nunnally & Berstein, 1994; Steiner & Norman, 2008).

Στη συνέχεια γίνεται διάκριση μεταξύ των παρακάτω πιθανών λύσεων: (α) διερεύνηση της διαστατότητας (dimensionality) της κλίμακας, ακόμα και αν ο έλεγχος της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας έχει ως αποτέλεσμα έναν αριθμό συνιστωσών ή παραγόντων οι οποίοι αποδεικνύεται πως προσδιορίζουν ξεχωριστές διατάσεις ή όχι ή (β) δεν προσδιορίζουν πολλαπλές διαστάσεις και επομένως η μονοδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής μπορεί να τεκμηριωθεί.

1.3.2 Μονοδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής

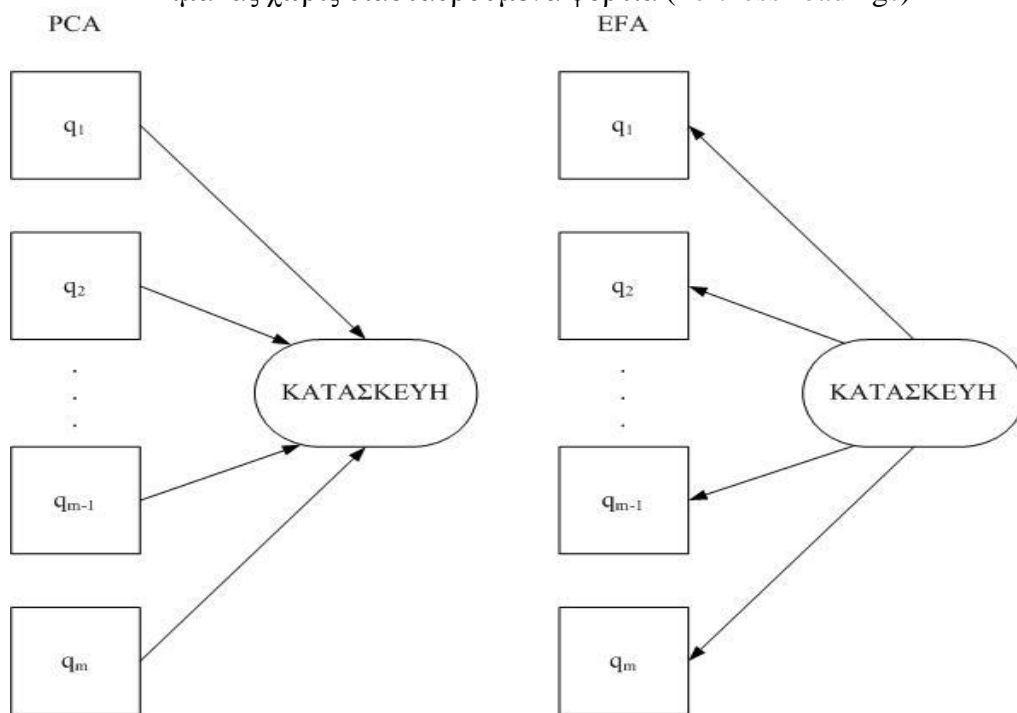
Η μονοδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής (unidimensional measurement of a construct) λαμβάνεται υπόψη σε περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα ελέγχου της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας υποδεικνύουν ότι υπάρχει μια μοναδική υποκείμενη διάσταση. Αυτό προκύπτει είτε όταν η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA) ή η Διερευνητική Παραγοντική Ανάλυση (Exploratory Factor Analysis, EFA) έχουν ως αποτέλεσμα μία συνιστώσα ή έναν παράγοντα (Σχήμα 1.14) είτε όταν έχουν ως αποτέλεσμα έναν αριθμό συνιστωσών ή

παραγόντων οι οποίοι έχουν αποδειχθεί για να προσδιορίζουν μια ενιαία διάσταση (Σχήμα 1.15). Στην πρώτη περίπτωση τα στοιχεία-βαθμοί μπορούν εύκολα να προστεθούν.

Το πιο τυπικό αποτέλεσμα του ελέγχου της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας που προκύπτει από πραγματικές εφαρμογές είναι αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 1.14 όπου τα στοιχεία των φορτίων, όπως για παράδειγμα τα στοιχεία που έχουν φορτία μεγαλύτερα του 0,30 σε έναν παράγοντα αλλά και τα στοιχεία που έχουν φορτία μεγαλύτερα του 0,22 σε έναν άλλον παράγοντα θεωρούνται πως φορτώνονται (load) σε πολλούς παράγοντες (Stevens, 2002; Anagnostopoulos, Yfantopoulos, Moustaki & Níakas, 2013).

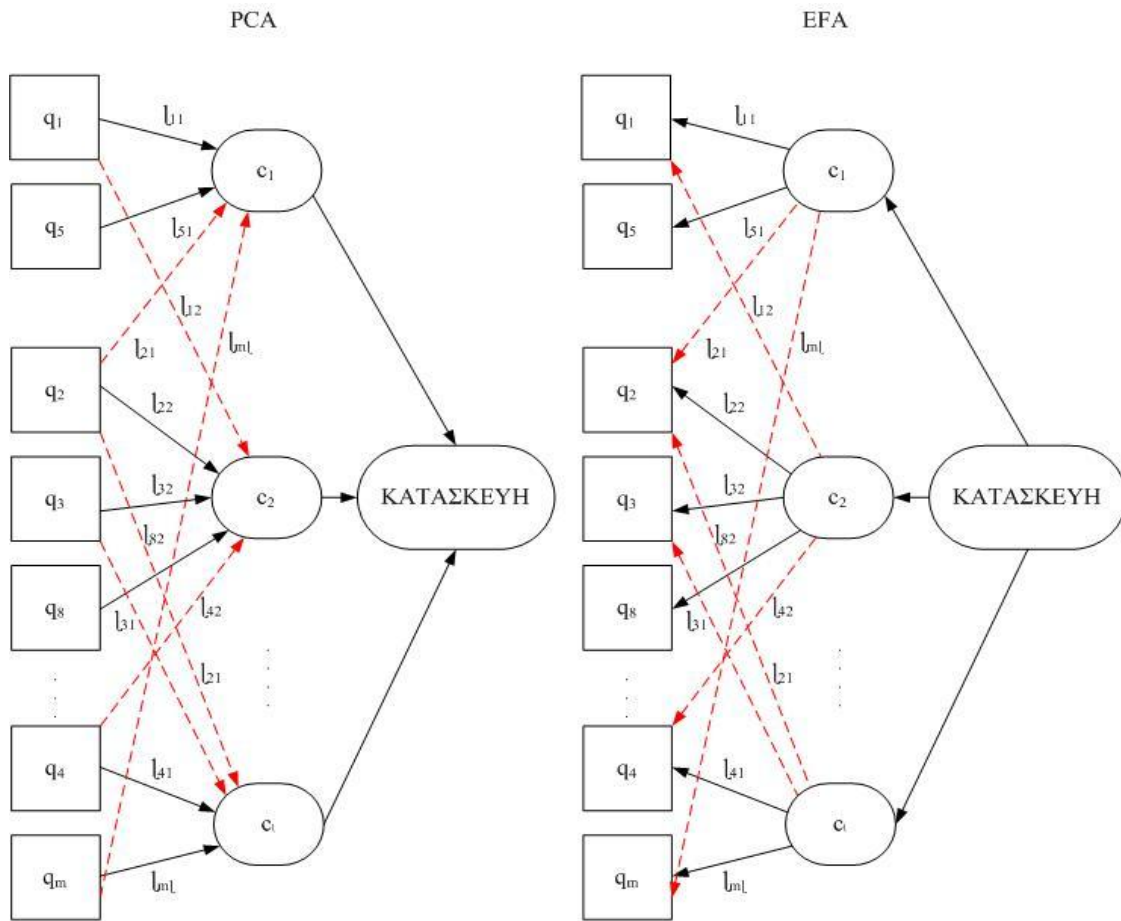
Από τη στιγμή που παράγεται η παραγοντική λύση, η σημασία του κάθε παράγοντα συνάγεται από τις συγκεκριμένες μονάδες, όπως για παράδειγμα τις μονάδες που έχουν υψηλότερο φορτίο σε κάθε παράγοντα, ανεξαρτήτως των υφιστάμενων φορτίων. Στη βιβλιογραφία, οι βαθμοί μιας κλίμακας συνήθως υπολογίζονται αθροίζοντας τις αντίστοιχες τιμές $val(c_j)$.

Σχήμα 1.14 Μια ιδανική υποθετική μονοδιάστατη παραγοντική λύση που παράγεται με PCA και EFA για τον έλεγχο της συνοχής (εγκυρότητα κατασκευής της εννοίας) της κλίμακας χωρίς διασταυρούμενα φορτία (no cross-loadings)



Σημείωση: Οι παρατηρούμενες μεταβλητές παρουσιάζονται με το σχήμα των τετραγώνων.

Σχήμα 1.15 Μια πραγματική υποθετική μονοδιάστατη παραγοντική λύση που παράγεται με PCA και EFA για τον έλεγχο της συνοχής (εγκυρότητα κατασκευής της εννοίας) της κλίμακας με διασταυρούμενα φορτία (with cross-loadings)



Σημείωση: Οι παρατηρούμενες μεταβλητές αναπαρίστανται με το σχήμα των τετραγώνων και οι διαστάσεις c_i με το σχήμα του κύκλου. Οι συνεχείς γραμμές αντιστοιχούν στα φορτία και οι διακεκομμένες γραμμές στα δευτερεύοντα φορτία.

Σε μια προσπάθεια να αυξηθεί η ακρίβεια, όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες κατέχουν σημαντικό ρόλο και ως εκ τούτου τα φορτία των μονάδων δεν θα πρέπει να παραβλεφθούν. Ο σκοπός είναι να ασχοληθούμε με πολλές πραγματικές εφαρμογές όπου ένα στοιχείο φορτώνεται (loads) για παράδειγμα με 0,415 σε έναν παράγοντα και με 0,399 σε έναν άλλον παράγοντα, αλλά μόνο η πρώτη φόρτιση λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του αντίστοιχου παραγοντικού βαθμού. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τους βαθμούς για κάθε παράγοντα και για όλους τους ερωτώμενους δηλαδή ναί $(c_j)(i), \forall j=1,2,\dots,l$ και $\forall i=1,2,\dots,n$, λαμβάνοντας υπόψη τα φορτία:

$$\text{val}(c_j)(i) = \frac{\sum_{s=1, l_{sj} \geq 0.22}^m l_{sj} \text{val}(q_s(i))}{\sum_{s=1, l_{sj} \geq 0.22}^m l_{sj}}. \quad (1.17)$$

Από την στιγμή που $1 \leq \text{val}(q_s(i)) \leq p$, $\forall s = 1, 2, \dots, m$ και $\forall i = 1, 2, \dots, n$ μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε ότι $\text{val}(c_j)(i) \in [1, p]$, $\forall j = 1, 2, \dots, l$, δηλαδή ο σταθμισμένος βαθμός $\text{val}(c_j)(i)$ μπορεί να πάρει τιμές ανάμεσα στο 1 και στο p.

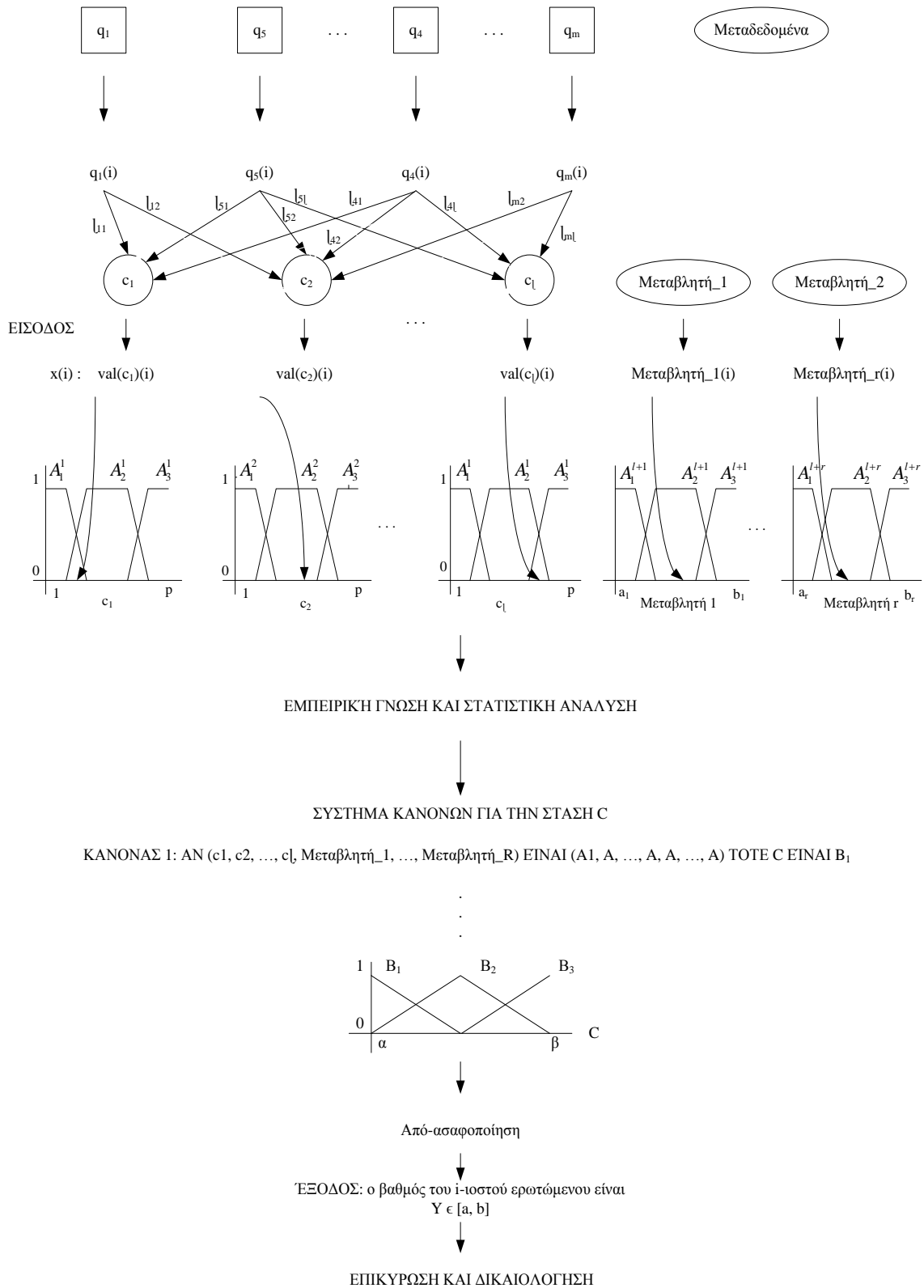
Στη συνέχεια θεωρούμε τους βαθμούς των παραγόντων $\text{val}(c_j)(i)$, $j = 1, 2, \dots, l$ και τις μεταβλητές Variable_h , $h = 1, 2, \dots, r$ που παρέχουν επιπλέον πληροφορίες για τα δεδομένα (μετα-δεδομένα). Τα παραπάνω περιλαμβάνουν την είσοδο του συστήματος για κάθε ερωτώμενο $i = 1, 2, \dots, n$, για παράδειγμα:

$x(i) = [\text{val}(c_1)(i), \text{val}(c_2)(i), \dots, \text{val}(c_j)(i), \text{Variable}_1(i), \text{Variable}_2(i), \dots, \text{Variable}_r(i)]$
 Ορίζουμε τις ασαφείς διαμερίσεις A^j της τάξης d^j στα πεδία ορισμού $[1, p]$ του παραγοντικού βαθμού $\text{val}(c_j)$, $\forall j = 1, 2, \dots, l$ και ορίζουμε ασαφείς διαμερίσεις A^{l+h} της τάξης d^{l+h} στο υπερσύνολο αναφοράς $[a_h, b_h]$ για τις μεταβλητές των μεταδεδομένων, Variable_h , $h = 1, 2, \dots, r$.

Στη συνέχεια, ορίζουμε με B, μια ασαφή διαμέριση (fuzzy partition) της τάξης u στο πεδίο ορισμού $[a, b]$ της τελικής κλίμακας για την έννοια C που πρόκειται να μετρηθεί και B_u είναι οι γλωσσικές τιμές (linguistic values) του C, $u = 1, 2, \dots, l+r$ για την ασαφή διαμέριση B. Από την στιγμή που τα στοιχεία A^i και B έχουν μια γλωσσική σημασία, ευρετική και εμπειρική, μπορούν να χρησιμοποιηθούν γλωσσικοί κανόνες με σκοπό να περιγράψουν τις σχέσεις εισόδου-εξόδου. Επομένως, το σύστημα συλλογιστικής (ή σύστημα κανόνων) μπορεί να διαμορφωθεί συνδυάζοντας αυτούς τους κανόνες με τον πιο γνωστό κανόνα συλλογιστικής Generalized Modus Ponens (Klir & Yuan, 1995; Stamou & Tzafestas, 1999) στον οποίο αναφερθήκαμε στην υποπαράγραφο 1.1.3. Το Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής που αναπτύσσεται επιφέρει τη γνώση των κοινωνικών ερευνητών στον συγκεκριμένο τομέα, σχετικά με τον τρόπο που ο κάθε παράγοντας αλλά και οι βασικές μεταβλητές σχετίζονται με τη στάση που μετράται. Επομένως, η γνώση των εμπειρών δεν χρησιμοποιείται μόνο στην κατασκευή του ερωτηματολογίου, αλλά και στην ανάπτυξη του συστήματος συλλογιστικής το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να αξιολογήσουν την υπό μέτρηση στάση με έναν πιο αξιόπιστο και

ακριβή τρόπο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί εδώ ότι η ανάπτυξη των κανόνων του συστήματος για μια στάση περιλαμβάνει τον συνδυασμό της γνώσης των εμπειρών που παράγεται από τη θεωρία αλλά και άλλες εμπειρικές μελέτες και στατιστικές αναλύσεις με σκοπό την παραγωγή μιας πιο ακριβούς μέτρησης. Οι Gacto, Alcala και Herrera (2011) στη μελέτη τους αναφέρονται στην αξιολόγηση της επεξηγηματικότητας των συστημάτων που βασίζονται σε γλωσσικούς ασαφείς κανόνες. Το Σχήμα 1.16 απεικονίζει τη λειτουργία και τη δομή του συστήματος. Θα χρησιμοποιήσουμε την κεντροειδή μέθοδο, για τον υπολογισμό του βαθμού του i -ιστού ερωτώμενου. Χρησιμοποιώντας μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία υπολογίζεται ένα σύνολο βαθμών για όλους τους ερωτώμενους.

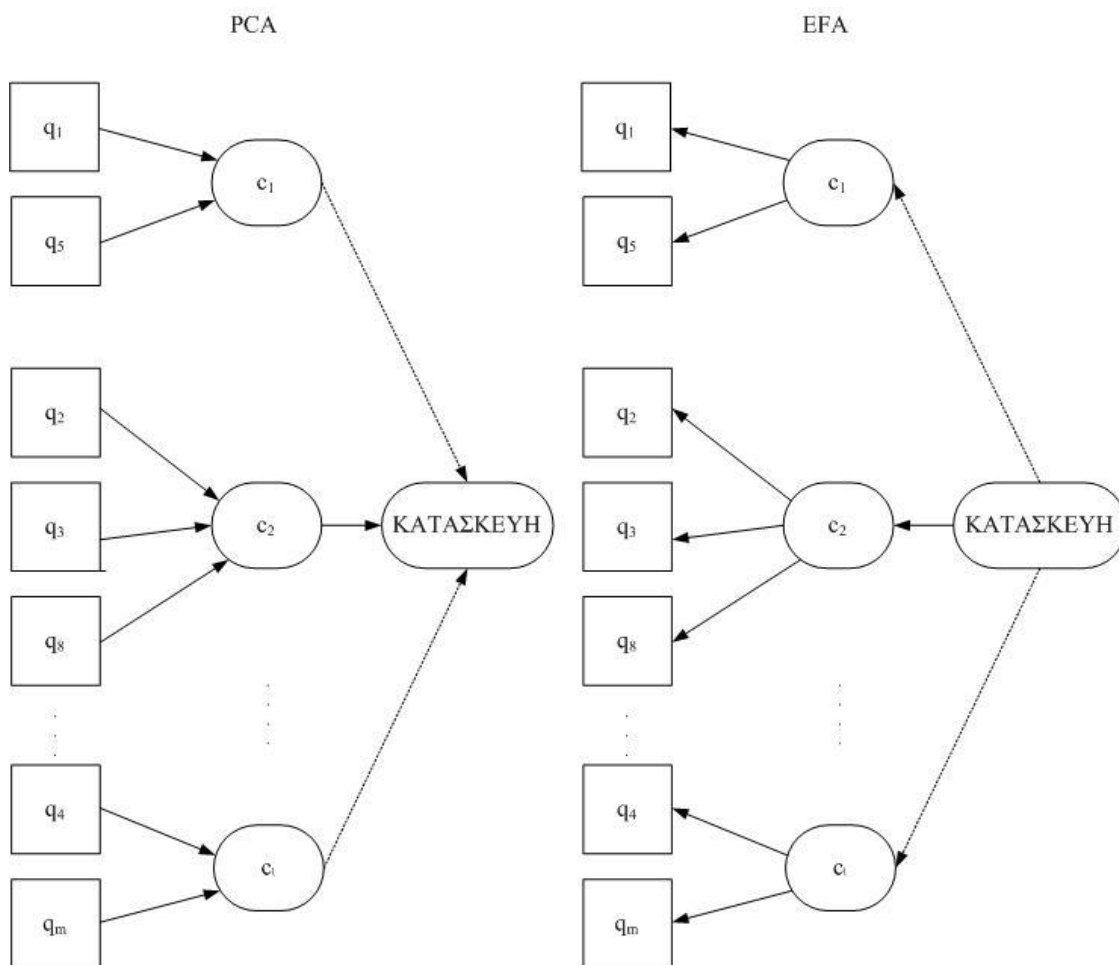
Σχήμα 1.16 Η λειτουργία του συστήματος



1.3.3 Πολυδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής

Οι υπό κλίμακες μπορούν να είναι αξιόπιστες (Σχήμα 1.17), όταν αποδεικνύεται ή επικυρώνεται η πολυδιάστατη μέτρηση μιας κατασκευής (multi-dimensional measurement of a construct) και όταν οι υπό κλίμακες επιβεβαιώνονται. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί επίσης να εφαρμοστεί με μικρές διακυμάνσεις (χωρίς φορτία) στην περίπτωση των υπό κλιμάκων.

Σχήμα 1.17 Μια ιδανική υποθετική πολυδιάστατη παραγοντική λύση που παράγεται με PCA και EFA για τον υπολογισμό της συνοχής (εγκυρότητα κατασκευής της εννοίας) της κλίμακας χωρίς φορτία.



Σημείωση: Οι παρατηρούμενες μεταβλητές αναπαρίστανται με το σχήμα των τετραγώνων και οι διαστάσεις c_i με το σχήμα του κύκλου. Οι συνεχείς γραμμές αντιστοιχούν στα φορτία.

Για να επικυρώσουμε τα αποτελέσματα οι ασαφείς βαθμοί (fuzzy numbers) μπορούν να συσχετιστούν με τους βαθμούς που παράγονται από την κλασική θεωρία της κλίμακας Likert εκτιμώντας τη συσχέτιση των συντελεστών ανάμεσα στην έξοδο του

ασαφούς συστήματος συλλογιστικής και στους ασαφείς βαθμούς. Το προηγούμενο μπορεί να θεωρηθεί ως μια έγκυρη μέτρηση για τη στάση, αν αποδειχθεί υψηλή συσχέτιση με τους ασαφείς βαθμούς. Για να επικυρώσουμε την παρούσα μεθοδολογία οι νέοι βαθμοί μπορούν να συσχετιστούν με έναν αριθμό μεταβλητών, είτε γνωστές από τη θεωρία είτε χρησιμοποιούμενες σε άλλες εμπειρικές μελέτες, ως μεταβλητές δείκτες για τη στάση που μετράται. Η υψηλότερη συσχέτιση ανάμεσα στους νέους βαθμούς και στις μεταβλητές που θεωρούνται ως δείκτες μιας στάσης αντικατοπτρίζει μια πιο αξιόπιστη και ακριβή μέτρηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μια ασαφής κλίμακα Likert για τη μέτρηση της ξενοφοβίας

2.1 Το δείγμα

Η κλίμακα που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η κλίμακα Likert για την ξενοφοβία η οποία περιλαμβάνεται στο ερωτηματολόγιο της δειγματοληπτικής έρευνας «Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη» και η οποία δημοσιεύτηκε από το Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών. Ένα στρωματοποιημένο δείγμα 1200 ατόμων χρησιμοποιήθηκε για να καλύψει τον πληθυσμό των μόνιμων κατοίκων της Μακεδονίας, ηλικίας 18-80 ετών. Το ερωτηματολόγιο της δειγματοληπτικής αυτής έρευνας συγκροτήθηκε από 57 συνολικά ερωτήσεις, οι οποίες προσδιορίζουν 155 μεταβλητές και ήταν διάρκειας μιας περίπου ώρας. Σε αυτό συμπεριλαμβάνονταν πραγματολογικές ερωτήσεις, ερωτήσεις αντιλήψεων, κλίμακες στάσεων και ανοικτές ερωτήσεις.

Οι πραγματολογικές ερωτήσεις αναφέρονταν στα δημογραφικά, κοινωνικά, πολιτικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των ερωτωμένων όπως ο εκκλησιασμός, η αυτοτοποθέτηση στην κλίμακα αριστερά-δεξιά, η εντοπιότητα, η ηλικία, το φύλο, η οικογενειακή κατάσταση, το επίπεδο εκπαίδευσης, η απασχόληση, το εισόδημα και τα ατομικά περιουσιακά στοιχεία. Ο λεπτομερής έλεγχος των δημογραφικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών των ερωτωμένων δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές με τα δεδομένα της απογραφής πληθυσμού (1991) όπως το φύλο, η ηλικία και η οικογενειακή κατάσταση. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα κοινωνικό-δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτωμένων.

2.2 Η κλίμακα Likert

Το κυρίως ερωτηματολόγιο συγκροτήθηκε από ερωτήσεις αντιλήψεων και ειδικότερα στον άξονα της ξενοφοβίας συμπεριλήφθηκαν ερωτήσεις για να εκτιμηθούν για παράδειγμα η αντίδραση στην παρουσία του «άλλου», δηλαδή της ενόχλησης, ανοχής/μη-ανοχής από την παρουσία του «άλλου» άλλης εθνικότητας ή άλλης θρησκείας. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν ερωτήσεις για τη μέτρηση της συμπάθειας/αντιπάθειας απέναντι σε χώρες, λαούς και εθνοτικές ομάδες.

Στην έρευνα αυτή εκτός από τα παραπάνω μετρήθηκε, χρησιμοποιώντας μια κλίμακα Likert, και μια άλλη διάσταση του φαινομένου της ξενοφοβίας, η οποία αρθρώνεται γύρω από έναν άξονα δικαιωμάτων και γενικότερων απόψεων και στάσεων

Πίνακας 2.1 Τα κοινωνικό-δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτωμένων (N=1200) και ο ενήλικος γενικός πληθυσμός (Απογραφή 1991)

Μεταβλητές	Δείγμα (%)	Απογραφή (%)	Διαφορά (%)
Φύλο			
Άνδρας	50,1	48,6	1,5
Γυναίκα	49,9	51,4	-1,5
Ηλικία			
18-29	24,2	24,9	-0,7
30-44	25,7	26,8	-1,1
45-59	24,6	25,9	-1,3
60-80	25,5	22,4	3,1
Οικογενειακή κατάσταση			
Ανύπαντρος/η	21,4	21,0	0,4
Παντρεμένος/η	73,1	70,0	3,1
Διαζευγμένος-η/Χήρος/α	5,6	9,0	-3,4
Εκπαίδευση			
Αναλφάβητοι/ έχουν αφήσει το δημοτικό	7,7	17,5	-9,8
Απόφοιτοι δημοτικού	32,3	40,2	-7,9
Μερική μέση εκπαίδευση	17,0	10,8	6,2
Πλήρης μέση εκπαίδευση	29,3	23,1	6,2
Ανώτερη σχολή	5,7	2,0	3,7
Ανώτατη σχολή	7,5	6,1	1,4
Διδακτορικό δίπλωμα	0,5	0,3	0,2
Οικονομικά ενεργός πληθυσμός			
Εργαζόμενοι	55,4	48,2	7,2
Άνεργοι	49,6	44,2	5,4
Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός			
Άνεργοι	5,8	4,0	1,8
Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός	44,6	51,8	-7,2

Πηγή: Μιχαλοπούλου, Α., Τσάρτας, Π., Γιαννησοπούλου, Μ., Καφετζής, Π., Μανώλογλου, Ε. (1998). *Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη*, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Αλεξάνδρεια.

απέναντι σε τρέχοντα κοινωνικά στερεότυπα για τους «ξένους». Για την κατασκευή της κλίμακας χρησιμοποιήθηκαν 18 ερωτήσεις-μονάδες (Πίνακας 2.2). Οι μονάδες αυτές είχαν πέντε κατηγορίες απαντήσεων, οι οποίες εκτείνονται από την απόλυτη συμφωνία έως την απόλυτη διαφωνία. Η διατύπωσή τους είναι η εξής: «συμφωνώ απόλυτα», «μάλλον συμφωνώ», «ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ», «μάλλον διαφωνώ», «διαφωνώ απόλυτα» και οι κατηγορίες των απαντήσεων βαθμολογήθηκαν από το 1 έως το 5 (Μιχαλοπούλου κ.ά, 1998). Σύμφωνα με τη θεωρία της κατασκευής των κλιμάκων Likert, η κλίμακα περιείχε ισάριθμες θετικά και αρνητικά διατυπωμένες ερωτήσεις οι οποίες εναλλάσσονταν. Στις θετικά διατυπωμένες ερωτήσεις η κατηγορία «συμφωνώ απόλυτα» υποδείκνυε ευνοϊκή στάση, δηλαδή θετική στάση ενώ στις αρνητικά διατυπωμένες ερωτήσεις η απάντηση «συμφωνώ απόλυτα» δήλωνε αρνητική στάση.

Επομένως, η βαθμολογία των αρνητικών απαντήσεων αντιστράφηκε για να έχει σημασία ο συνολικός βαθμός κατά της κατασκευή της κλίμακας.

Από τη στιγμή που η καθεμία ερώτηση που χρησιμοποιείται για να συγκροτηθεί μια κλίμακα Likert συνιστά κλίμακα κατατάξεως, υπάρχει δυνατότητα να αναλυθεί ξεχωριστά από την κλίμακα. Από το σύνολο των 18 ερωτήσεων μπορούν να γίνουν ορισμένες αρχικές επισημάνσεις. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας, και σύμφωνα πάντα με τη θεωρία και την εφαρμογή, η ανάλυση στοιχείων απέκλεισε ένα στοιχείο το οποίο μειώνει ελαφρά τον συντελεστή άλφα (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998). Ωστόσο, στη μελέτη των Symeonaki κ.ά. (2014) αποφασίστηκε μια νέα αξιολόγηση της ανάλυσης των στοιχείων και της κατασκευής της κλίμακας Likert της ξενοφοβίας με σκοπό την επέκταση των κλιμάκων Likert ή των υπό κλιμάκων. Στη μελέτη αυτή (Symeonaki κ.ά., 2014) πραγματοποιήθηκε μονομεταβλητή ανάλυση (univariate statistics) για κάθε ερώτηση-μονάδα καθώς και των ελλειπουσών τιμών τους και ελέγχθηκαν οι κατανομές τους. Επιπλέον, με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε αποκλείστηκαν τρεις μονάδες «Όπως οι Έλληνες έτσι και οι ξένοι μπορεί να είναι «καλοί» και «κακοί»» (μονάδα 3), «Τα παιδιά των ξένων πρέπει να πηγαίνουν στα ίδια σχολεία με τα δικά μας παιδιά» (μονάδα 5) και «Οι ξένοι που ζουν στη χώρα μας, μάς έδωσαν την ευκαιρία να γνωρίσουμε καινούργιους λαούς» (μονάδα 9). Επομένως, στην ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των Symeonaki κ.ά. (2014), συμπεριλήφθηκαν 15 από τις 18 ερωτήσεις. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα στοιχεία όπως αυτά εμφανίζονται στο ερωτηματολόγιο.

Από τη στιγμή που ο στόχος ήταν η ανάπτυξη της θεωρίας και δεν υπήρξαν προκαθορισμένες υπό κλίμακες εφαρμόστηκε η Μέθοδος Κύριων Συνιστωσών (PCA, Principal Component Analysis) καθώς και Διερευνητική Παραγοντική Ανάλυση (EFA, Exploratory Factor Analysis) (ανάλυση με κύριους άξονες τους παράγοντες - Principal axes factor analysis, PAF) με σκοπό να διερευνηθεί η εγκυρότητα κατασκευής της κλίμακας (Symeonaki κ.ά., 2014; Tabachnick & Fidell, 2007; Fabrigar, Wegener, MacCallum & Strahan, 1999). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης ερμηνεύθηκαν τρεις παράγοντες (Symeonaki κ.ά., 2014, Μιχαλοπούλου, 1998). Ο πρώτος παράγοντας καθορίζεται αποκλειστικά από στοιχεία που ερμηνεύουν ευνοϊκή στάση απέναντι στους ξένους, εκφράζοντας την ανάγκη για παρέμβαση των δημοσίων αρχών για λογαριασμό τους π.χ. μέτρα κοινωνικής πολιτικής (IPA - υπό

κλίμακα, Παρέμβαση από Δημόσιες Αρχές - Intervention by Public Authorities) (στοιχεία 1, 7, 11, 13, 15, 17). Από την άλλη, ο δεύτερος παράγοντας καθορίζεται κυρίως από στοιχεία που υποδηλώνουν μη ευνοϊκές στάσεις στερεοτυπικού στιγματισμού των ξένων (SSF - υπό κλίμακα, Στερεοτυπικός Στιγματισμός των Ξένων - Stereotypical Stigmatization of Foreigners) (στοιχεία 2, 6, 12, 14, 16, 18). Ο τρίτος παράγοντας καθορίζεται κυρίως από στοιχεία που προβάλλουν την αρνητική προβολή του εαυτού στο πεδίο των οικογενειακών και εργασιακών σχέσεων με τον ξένο (PS – υπό κλίμακα, Προβολή του Εαυτού - Project Self) (στοιχεία 4, 8, 10).

Πίνακας 2.2 Οι ερωτήσεις-μονάδες της κλίμακας Likert που μετρά την ξενοφοβία

Στοιχεία	Ερωτήσεις-μονάδες
1	Οι ξένοι που ζουν στη χώρα πρέπει να έχουν τα ίδια δικαιώματα με μας.
2	Πολλοί από τους ξένους στη χώρα μας ευθύνονται για την αύξηση της εγκληματικότητας.
3	Όπως οι Έλληνες έτσι και οι ξένοι μπορεί να είναι «καλοί» και «κακοί»
4	Οι ξένοι πρέπει να αμείβονται λιγότερο από εμάς ακόμα και αν κάνουμε την ίδια δουλειά.
5	Τα παιδιά των ξένων πρέπει να πηγαίνουν στα ίδια σχολεία με τα δικά μας παιδιά.
6	Οι ξένοι στη χώρα μας αυξάνουν την ανεργία για τους Έλληνες.
7	Οι τοπικές αρχές πρέπει να οργανώνουν εκδηλώσεις για να γνωριστούμε με τους ξένους που ζούνε και εργάζονται εδώ.
8	Δεν θα παντρευόμουν ποτέ έναν ξένο.
9	Οι ξένοι που ζουν στη χώρα μας μας έδωσαν την ευκαιρία να γνωρίσουμε καινούργιους λαούς.
10	Δεν θα δούλευα ποτέ για έναν ξένο.
11	Πρέπει να διευκολύνουμε τους ξένους που θέλουν να εγκατασταθούν στον τόπο μας.
12	Οι ξένοι που εργάζονται στη χώρα μας βλάπτουν την οικονομία.
13	Το κράτος πρέπει να κάνει προγράμματα επιμόρφωσης για να βοηθήσει τους ξένους που ζουν στη χώρα μας.
14	Όσο περισσότεροι ξένοι έρχονται τόσο πέφτουν τα μεροκάματα.
15	Πρέπει να δημιουργήσουμε τμήματα υποδοχής στα σχολεία μας για τα παιδιά των ξένων.
16	Μόνο σαν τουρίστες είναι καλό να έρχονται οι ξένοι.
17	Πρέπει να δοθεί άδεια παραμονής και άδεια εργασίας στους ξένους που θέλουν να ζήσουν εδώ.
18	Πρέπει να κλείσουμε τα σύνορά μας στους ξένους που έρχονται να εργαστούν εδώ.

Πηγή: Μιχαλοπούλου, Α., Τσάρτας, Π., Γιαννησοπούλου, Μ., Καφετζής, Π., Μανώλογλου, Ε. (1998). *Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη*, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Αλεξάνδρεια.

Η ανάλυση αξιοπιστίας της κλίμακας ξενοφοβίας υπέδειξε μία μόνο υποκείμενη διάσταση. Οι τιμές του συντελεστή άλφα και της μεθόδου διχοτομήσεως της συνολικής κλίμακας, χρησιμοποιώντας τις 15 ερωτήσεις, ήταν 0,856 και 0,779 αντίστοιχα (Symeonaki κ.ά., 2014).

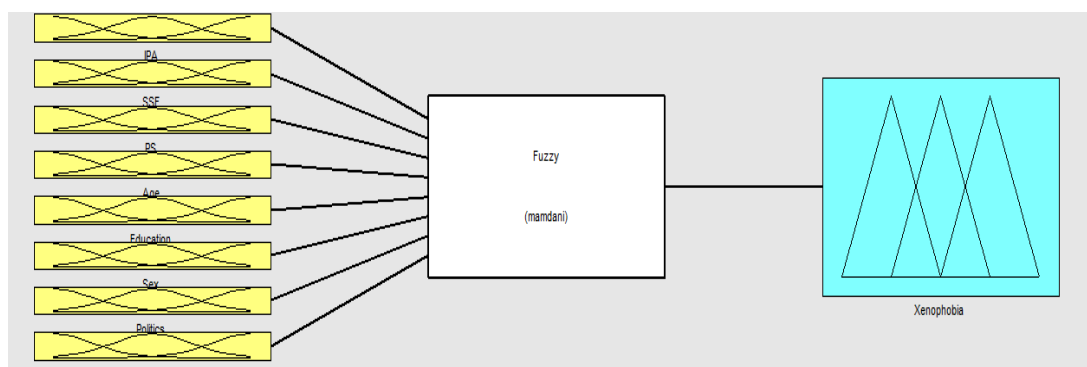
2.3 Ανάπτυξη του Ασαφούς Συστήματος Συλλογιστικής

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στην ανάπτυξη του Ασαφούς Συστήματος Συλλογιστικής χρησιμοποιώντας τη διεπαφή χρήστη GUI (Graphical User Interface) της εργαλειοθήκης Fuzzy Logic Toolbox της MATLAB R2014a. Η ανάπτυξη του Ασαφούς Συστήματος Συλλογιστικής για την ξενοφοβία θα στηριχτεί στη θεωρία της ασαφούς λογικής και των ασαφών συστημάτων συλλογιστικής τα οποία αναφέρονται στο πρώτο κεφάλαιο. Πιο συγκεκριμένα, θα οριστούν οι συναρτήσεις συμμετοχής για όλες τις εισόδους του συστήματος καθώς και η συνάρτηση συμμετοχής για την έξοδο του συστήματος, θα κατασκευαστούν οι κανόνες που θα διέπουν το σύστημα και τέλος θα παραχθεί η μέτρηση της ξενοφοβίας ή διαφορετικά θα παραχθεί ένας βαθμός ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο.

Αρχικά, θα προσδιοριστούν οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου στο Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής. Οι μεταβλητές εισόδου είναι οι IPA, SSF και PS, και οι οποίες αντιστοιχούν στους παράγοντες I, II και III αντίστοιχα, καθώς και ένας αριθμός σημαντικών μεταβλητών για τη μέτρηση της ξενοφοβίας (πρόσθετες πληροφορίες) όπως το Φύλο (Sex), η Ηλικία (Age), η Εκπαίδευση (Education), η Πολιτική στάση (Politics) και η Συχνότητα Εκκλησιασμού (Religious Practice). Οι μεταβλητές που αντιστοιχούν στους παράγοντες I, II και III παίρνουν τιμές στο διάστημα [1 5]. Η βαθμολογία του κάθε παράγοντα για όλους τους ερωτώμενους υπολογίστηκε σύμφωνα με τη σχέση (1) στο υποκεφάλαιο 1.3.2 (Σχέση 1.17, σ. 78). Όσον αφορά τις υπόλοιπες μεταβλητές, το Φύλο είναι είτε άνδρας είτε γυναίκα και η Ηλικία μετράται σε χρόνια. Το Εκπαιδευτικό Επίπεδο επανακωδικοποιήθηκε σε 4 κατηγορίες από 7 και άρα παίρνει τιμές από το 1 (κατώτατο επίπεδο) έως το 4 (ανώτατο επίπεδο). Επίσης, η μεταβλητή Πολιτική Στάση, μετά την επανακωδικοποίησή της από 10 κατηγορίες σε 5, δηλαδή οι κατηγορίες 1-2 επανακωδικοποιήθηκαν στην κατηγορία 1, οι κατηγορίες 3-4 στην 2, οι 5-6 στην 3, οι 7-8 στην 4 και οι κατηγορίες 9-10 στην κατηγορία 5, παίρνει τιμές που αναφέρονται από το 1 (Αριστερά) μέχρι το 5 (Δεξιά). Τέλος, η συχνότητα

Εκκλησιασμού, δηλαδή πόσο συχνά εκκλησιάζεται κάποιος, παίρνει τιμές που αναφέρονται από το 1 (Κάθε Κυριακή ή και συχνότερα) μέχρι το 5 (Ποτέ). Όλες οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι στο Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.3. Η μεταβλητή της ξενοφοβίας είναι η έξοδος του συστήματος και παίρνει τιμές στο διάστημα [15,75]. Η είσοδος των τριών παραγόντων IPA, SSF, PS και των πέντε μεταβλητών όπως και η έξοδος του συστήματος αποτυπώνονται στο Σχήμα 2.1 με τη χρήση του μοντέλου Mamdani.

Σχήμα 2.1 Οι είσοδοι και η έξοδος του συστήματος



Ορίζουμε με $\mathbf{x}(i)$ το διάνυσμα εισόδου για τον i -ιοστό ερωτώμενο. Για παράδειγμα: $\mathbf{x}(i) = [\text{val}(\text{IPA})(i), \text{val}(\text{SSF})(i), \text{val}(\text{PS})(i), \text{Age}(i), \text{Education}(i), \text{Sex}(i), \text{Politics}(i), \text{Religious Practice}(i)]$. Μια πιθανή πραγματοποίηση θα μπορούσε να είναι η παρακάτω:

$$\mathbf{x}(i) = [1.82, 3.46, 2.67, 23, 4, 1, 4, 3]$$

για τον i -ιοστό ερωτώμενο.

Αφού έγινε ο προσδιορισμός των μεταβλητών εισόδου και εξόδου και προσδιορίστηκε το εύρος των τιμών τους ασαφοποιήθηκαν οι μεταβλητές εισόδων του συστήματος. Αυτό δηλαδή που ακολουθεί είναι να καθορίσουμε σε ποιον βαθμό κάθε είσοδος ανήκει σε ένα ασαφές σύνολο μέσα από τις συναρτήσεις συμμετοχής. Επιλέγουμε σημασιολογικές γλωσσικές τιμές για κάθε μεταβλητή και τις αποτυπώνουμε με τα κατάλληλα ασαφή σύνολα (fuzzy sets). Όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 1 τα ασαφή σύνολα είναι ασαφείς αριθμοί (fuzzy numbers) που αναπαρίστανται με γλωσσικές τιμές (linguistic values) όπως νέος, ηλικιωμένος, ψηλός, χαμηλός κτλ.

Πίνακας 2.3 Μεταβλητές για τη μέτρηση της ξενοφοβίας

Μεταβλητές	N	%
Φύλο*		
Άνδρας	556	51,1
Γυναίκα	532	48,9
Ηλικία*		
18-29	274	25,2
30-44	287	26,4
45-59	257	23,6
60-80	270	24,8
Εκπαίδευση*		
Αναλφάβητοι/ έχουν αφήσει το δημοτικό	81	7,4
Απόφοιτοι δημοτικού/ μερική μέση		
εκπαίδευση	528	48,5
Πλήρης μέση εκπαίδευση/ Ανώτερη σχολή	390	35,8
Ανώτατη σχολή/ Διδακτορικό δίπλωμα	89	8,2
Συχνότητα εκκλησιασμού*		
Κάθε Κυριακή ή και συχνότερα	187	17,2
Δύο-τρεις φορές το μήνα	249	22,9
Μερικές φορές το χρόνο	494	45,4
Μόνο το Πάσχα	116	10,7
Ποτέ	42	3,9
Πολιτική στάση**		
1-2 Αριστερά	66	6,5
3-4	192	18,9
5-6	465	45,7
7-8	172	17,4
9-10 Δεξιά	118	11,6

Σημείωση: *N=1088, **N=1018

Πηγή: Μιχαλοπούλου, Α., Τσάρτας, Π., Γιαννησοπούλου, Μ., Καφετζής, Π., Μανώλογλου, Ε. (1998). *Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη*, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Αλεξάνδρεια.

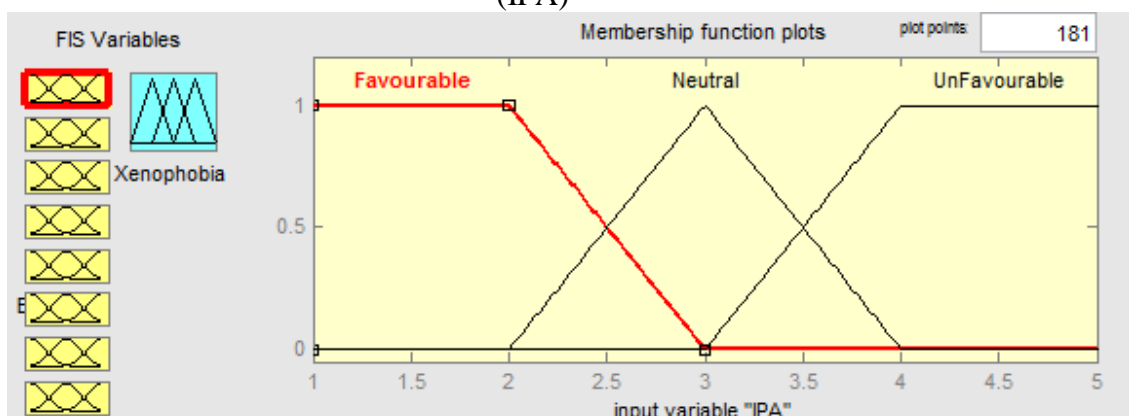
Η αναπαράσταση των μεταβλητών εισόδου, ως ασαφείς μεταβλητές, παρουσιάζεται στα Σχήματα 2.2 έως 2.9 με τριγωνοειδή και τραπεζοειδή σχήματα. Ορίζονται οι ασαφείς διαμερίσεις (fuzzy partitions) $A^1, A^2, A^3, A^4, A^5, A^6, A^7, A^8$ στα πεδία ορισμού των ασαφών μεταβλητών IPA, SSF, PS, Age, Education, Gender, Politics και ReligiousPractice, αντίστοιχα. Το B υποδηλώνει την ασαφή διαμέριση στο πεδίο ορισμού της ΞΕΝΟΦΟΒΙΑΣ. Ορίστηκαν δηλαδή 8 είσοδοι για το Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής με σκοπό την πρόβλεψη του βαθμού ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο. Χρησιμοποιήθηκαν τρία επίπεδα για την κατηγοριοποίηση της εισόδου των μεταβλητών. Στον Πίνακα 2.4 παρουσιάζονται οι γλωσσικές μεταβλητές που έχουν επιλεγεί για όλες τις μεταβλητές ή διαφορετικά τις οκτώ εισόδους του συστήματος. Για

παράδειγμα, στο Σχήμα 2.5 βλέπουμε την αναπαράσταση της προτεινόμενης ασαφούς διαμέρισης της μεταβλητής της Ηλικίας (Age) όπου το εύρος της ανήκει στο διάστημα [18,80]. Οι γλωσσικές διαμερίσεις είναι γλωσσικές αναπαραστάσεις των πεδίων ορισμού και συνεπώς τα στοιχεία τους είναι γλωσσικοί όροι της μορφής Νέος (Young), Μέσης Ηλικίας (Middle Aged) και Ηλικιωμένος (Old). Για την έξοδο του συστήματος χρησιμοποιήθηκε τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής (Σχήμα 2.10). Η έξοδος ταξινομήθηκε σε τρία επίπεδα επίσης δηλαδή χαμηλή, μεσαία και υψηλή ξеноφοβία (xenophobia).

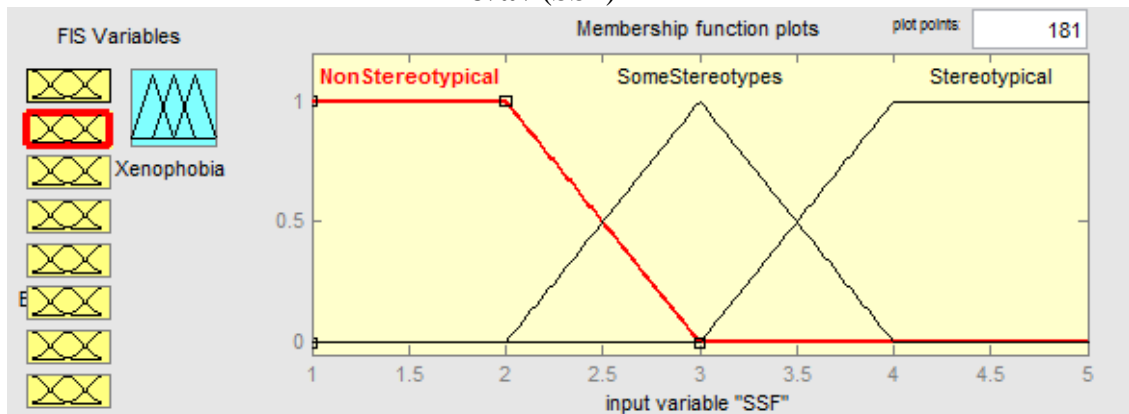
Πίνακας 2.4 Οι μεταβλητές εισόδου του συστήματος και οι αντίστοιχες γλωσσικές τιμές

A/A	Μεταβλητές	Γλωσσικές τιμές		
1	IPA	Ευνοϊκή (Favourable)	Ουδέτερη (Neutral)	Μη Ευνοϊκή (UnFavourable)
2	SSF	Μη Στερεοτυπική (NonStereotypical)	Μερικώς Στερεοτυπική (SomeStereotypes)	Στερεοτυπική (Stereotypical)
3	PS	Χαμηλή (Low)	Μέση (Medium)	Υψηλή (High)
4	Ηλικία	Νεαρή (Young)	Μέσης Ηλικίας (Middle Aged)	Μεγάλη (Old)
5	Εκπαίδευση	Χαμηλή (Low)	Μεσαία (Medium)	Υψηλή (High)
6	Φύλο	Ανδρας (Male)	Γυναίκα (Female)	
7	Πολιτική Στάση	Αριστερά (Left)	Κέντρο (Centre)	Δεξιά (Right)
8	Συχνότητα Εκκλησιασμού	Συχνά (Frequently)	Περιστασιακά (Occasionally)	Σπάνια (Rarely)

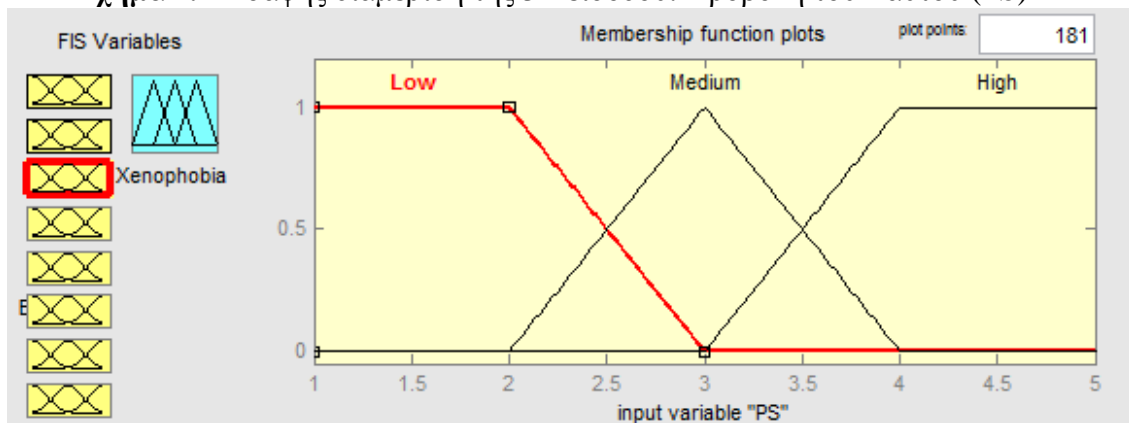
Σχήμα 2.2 Ασαφής διαμέριση της 1^{ης} εισόδου: Παρέμβαση από Δημόσιες Αρχές (IPA)



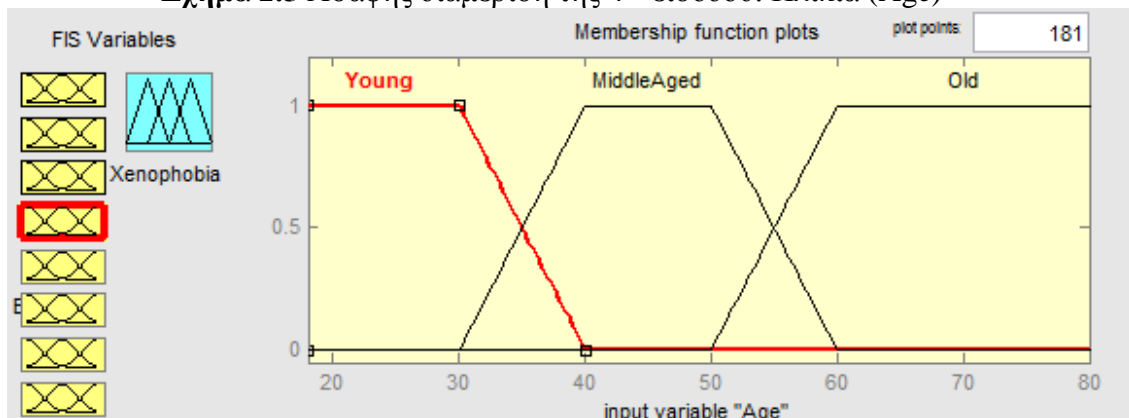
Σχήμα 2.3 Ασαφής διαμέριση της 2^{ης} εισόδου: Στερεοτυπικός Στιγματισμός των Ξένων (SSF)



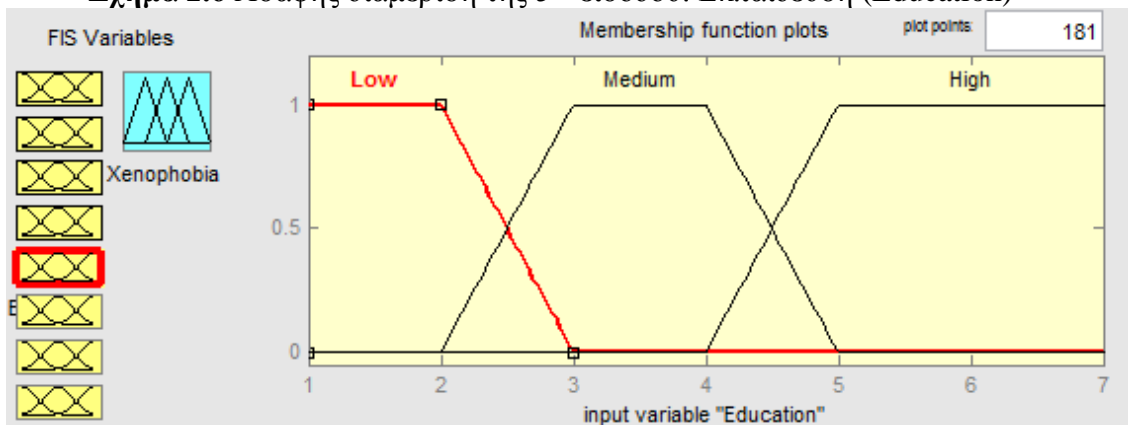
Σχήμα 2.4 Ασαφής διαμέριση της 3^{ης} εισόδου: Προβολή του Εαυτού (PS)



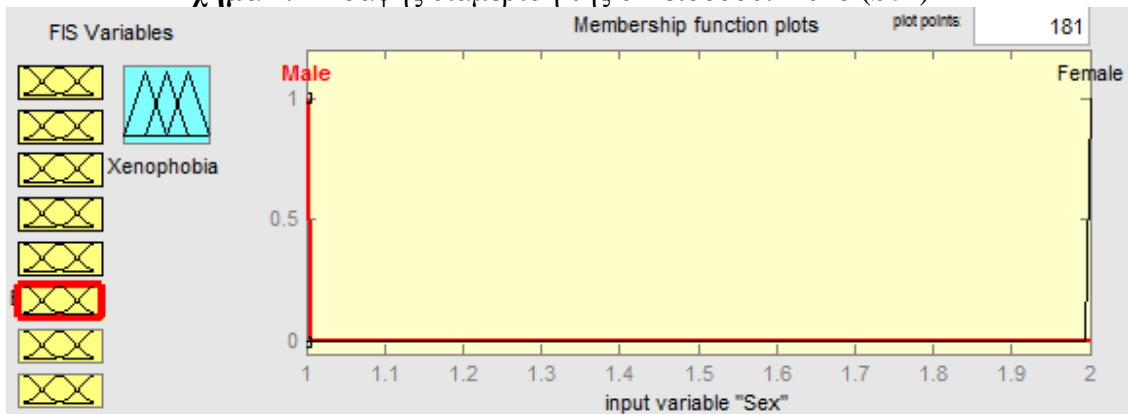
Σχήμα 2.5 Ασαφής διαμέριση της 4^{ης} εισόδου: Ηλικία (Age)



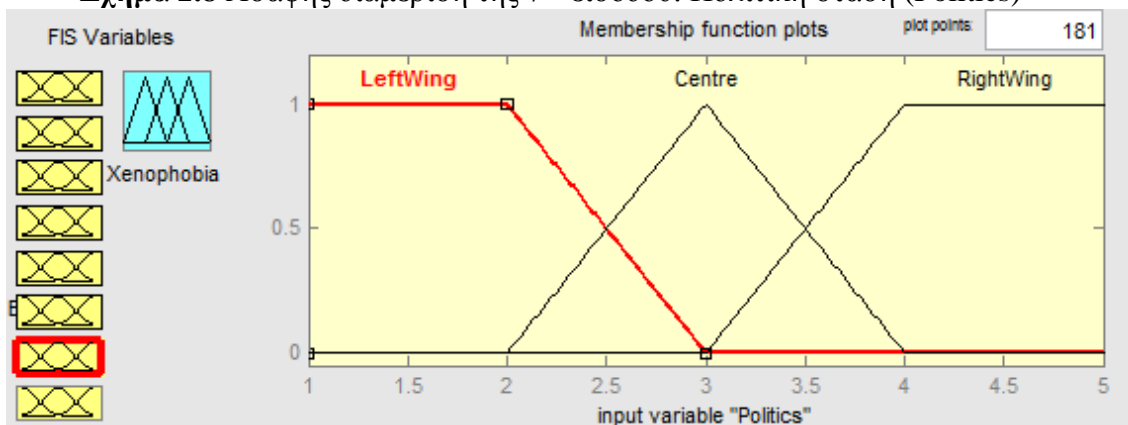
Σχήμα 2.6 Ασαφής διαμέριση της 5^{ης} εισόδου: Εκπαίδευση (Education)



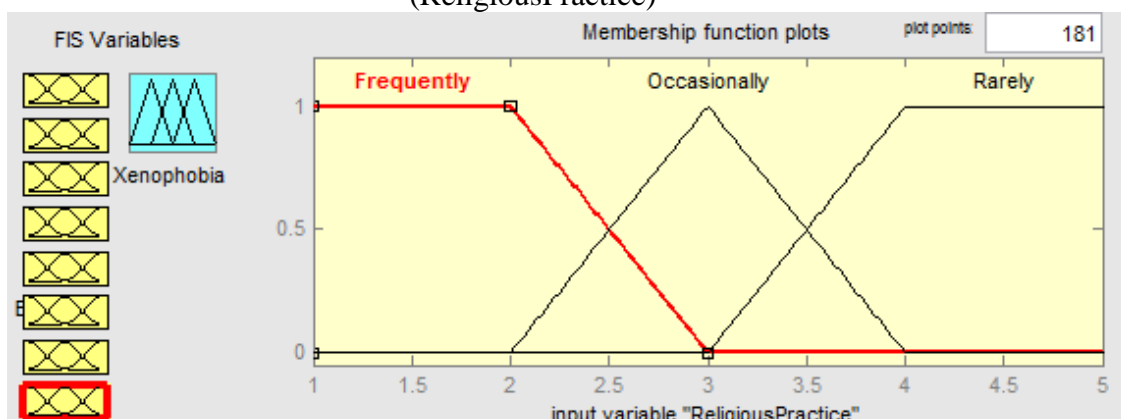
Σχήμα 2.7 Ασαφής διαμέριση της 6^{ης} εισόδου: Φύλο (Sex)



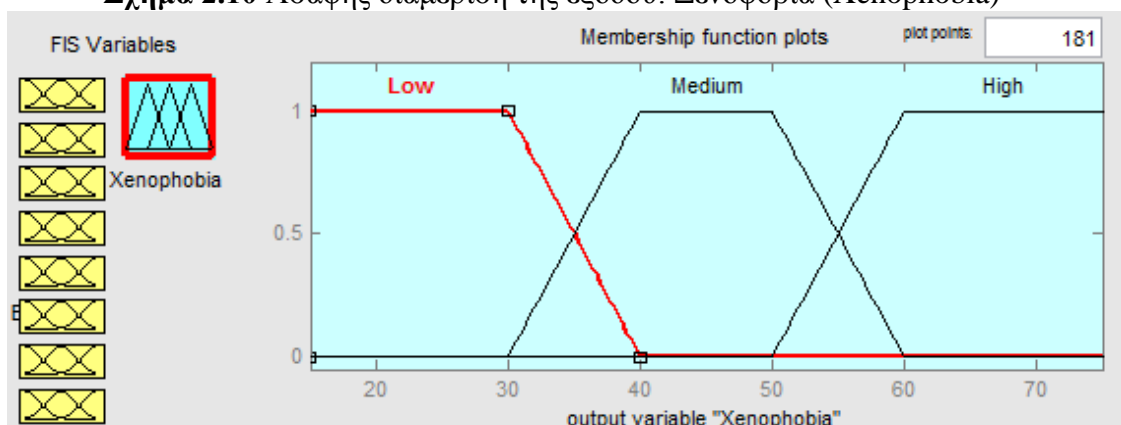
Σχήμα 2.8 Ασαφής διαμέριση της 7^{ης} εισόδου: Πολιτική στάση (Politics)



Σχήμα 2.9 Ασαφής διαμέριση της 8^{ης} εισόδου: Συχνότητα εκκλησιασμού (ReligiousPractice)

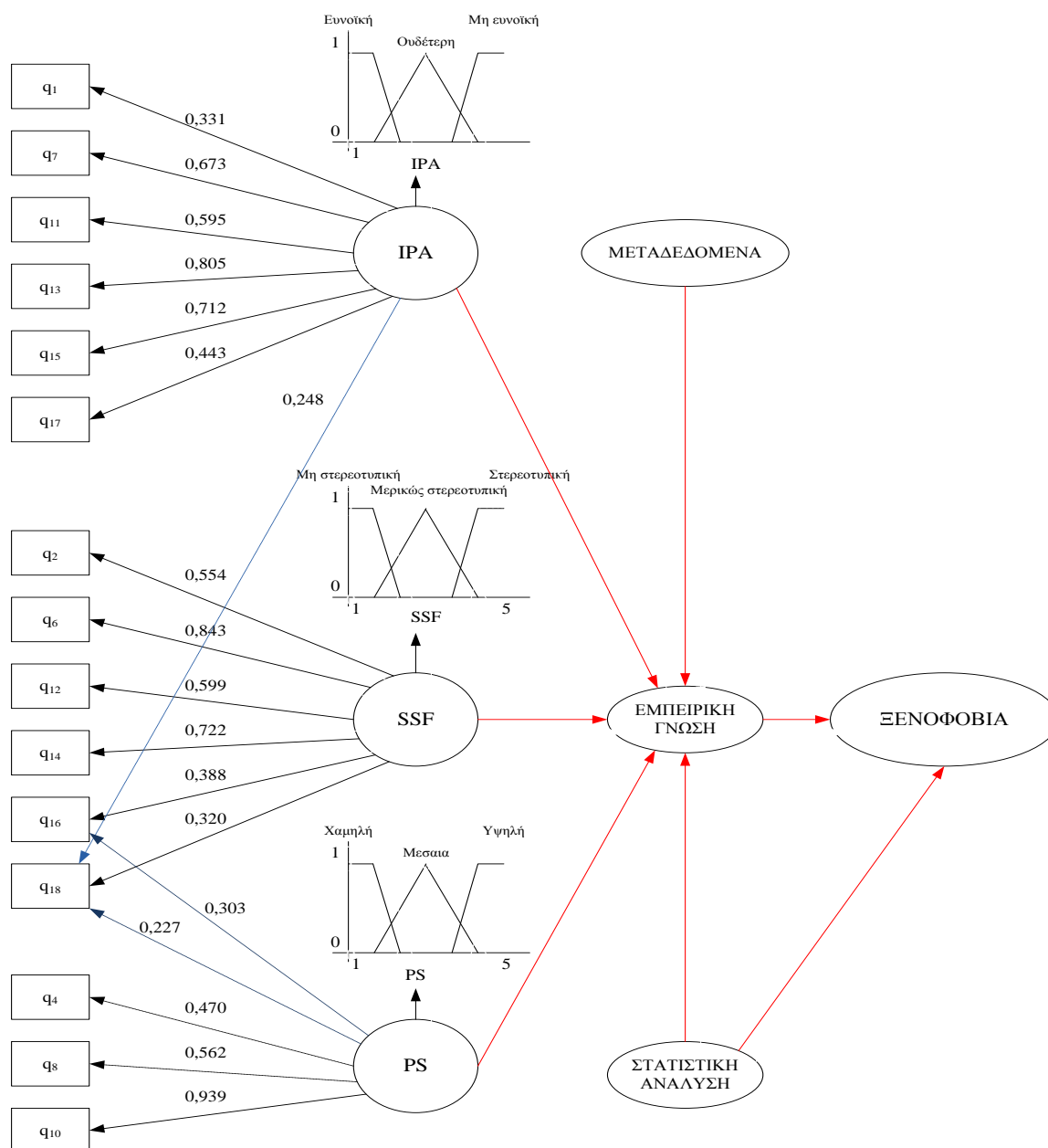


Σχήμα 2.10 Ασαφής διαμέριση της εξόδου: Ξενοφοβία (Xenophobia)



Στη συνέχεια και αφού έχουν ασαφοποιηθεί οι εισοδοί του συστήματος θα διατυπωθεί το σύνολο των ασαφών κανόνων συλλογιστικής «Αν – Τότε». Συνδυάστηκε επομένως η γνώση των εμπείρων με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρέχοντας ένα ασαφές έμπειρο σύστημα για τη μέτρηση της ξενοφοβίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.11. Είναι γνωστό από τη θεωρία, για παράδειγμα, ότι οι ηλικιωμένοι, οι οποίοι δεν έχουν την τυπική εκπαίδευση, καθώς και οι ομάδες ατόμων οι οποίοι εκκλησιάζονται συχνά, έχουν πιο έντονο το στοιχείο της ξενοφοβίας. Αντίθετα, οι πιο νέοι σε ηλικία άνθρωποι, που έχουν υψηλή εκπαίδευση και δεν εκκλησιάζονται ή εκκλησιάζονται Σπάνια δεν έχουν έντονο το στοιχείο της ξενοφοβίας.

Σχήμα 2.11 Αναπαράσταση των παραγόντων I, II και III, που παράχθηκαν με τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής μιας κλίμακας που μετράει την ξενοφοβία, ως ασαφείς μεταβλητές IPA, SSF και PS



Ενδεικτικά παρατίθεται παρακάτω (Πίνακας 2.5) ένα απόσπασμα 45 κανόνων της βάσης των ασαφών κανόνων για την ΞΕΝΟΦΟΒΙΑ που αποτελείται από 109 κανόνες συλλογιστικής κανονικής μορφής, για παράδειγμα κανόνες της μορφής EAN-TOTE. Οι υπόλοιποι κανόνες παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα Α1.

Πίνακας 2.5 Απόσπασμα της βάσης των ασαφών κανόνων για την ΞΕΝΟΦΟΒΙΑ

A/A	Κανόνες
1	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
2	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
3	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
4	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
5	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
6	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
7	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
8	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
9	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
10	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
11	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
13	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
14	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
15	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)

Πίνακας 2.5 Συνεχίζεται...

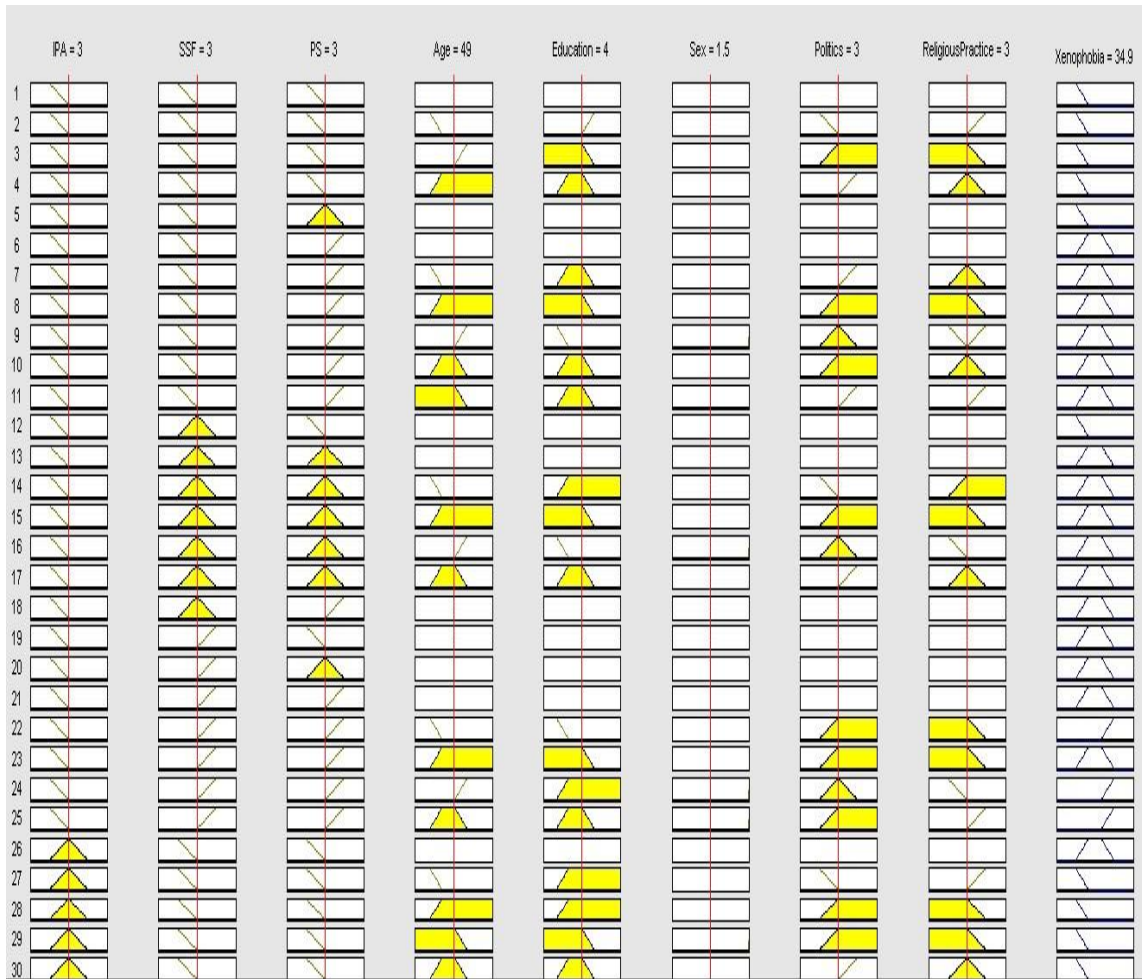
A/A	Κανόνες
16	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
17	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
18	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
19	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
20	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
21	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
22	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
23	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
24	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
25	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
26	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
27	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
28	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
29	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία δεν είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)

Πίνακας 2.5 Συνεχίζεται...

A/A	Κανόνες
30	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
31	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
32	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
33	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
34	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
35	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
36	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
37	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
38	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
39	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
40	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
41	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
42	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Κέντρο) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
43	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
44	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
45	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)

Μια αναλυτική αναπαράσταση των κανόνων φαίνεται στο Σχήμα 2.12. Οι τιμές των εισόδων είναι τυχαία ορισμένες στο μέσο του πεδίου τιμών.

Σχήμα 2.12 Οι κανόνες που διέπουν το σύστημα ασαφούς συλλογιστικής



Σε ένα Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής οι αποφάσεις βασίζονται κατά κύριο λόγο στον έλεγχο των κανόνων. Επομένως, όλοι οι κανόνες πρέπει να συνδυαστούν προκειμένου να καταλήξουμε σε μια απόφαση. Η συγκέντρωση των κανόνων είναι μια διαδικασία κατά την οποία όλα τα ασαφή σύνολα που προκύπτουν ως έξοδοι των κανόνων συνδυάζονται ώστε να σχηματίσουν ένα μοναδικό ασαφές σύνολο. Η συγκέντρωση επομένως είναι η διαδικασία που προηγείται της αποσαφήνισης και δέχεται ως είσοδο τις αποκομμένες συναρτήσεις του προηγούμενου βήματος. Η διαδικασία της συγκέντρωσης των εξόδων είναι αντιμεταθετική και άρα η σειρά με την οποία εκτελούνται οι κανόνες δεν έχει σημασία στην έκβαση του αποτελέσματος.

Στη συνέχεια επιλέγουμε την κατάλληλη μέθοδο από-ασαφοποίησης (defuzzification). Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 1 σκοπός της από-ασαφοποίησης είναι η μετατροπή κάθε αποτελέσματος που λαμβάνεται από το σύνολο κανόνων συλλογιστικής σε έναν μοναδικό πραγματικό αριθμό (Klir & Yuan, 1995). Η είσοδος για τη διαδικασία της από-ασαφοποίησης είναι δηλαδή το ασαφές σύνολο που προέκυψε από τη διατύπωση των κανόνων. Η από-ασαφοποίηση είναι αναγκαία γιατί επιθυμούμε να έχουμε ως αποτέλεσμα μία έξοδο η οποία είναι ένας αριθμός ο οποίος θα μας επιτρέψει να πάρουμε συγκεκριμένες αποφάσεις. Επομένως, η έξοδος του συστήματος έπειτα από τη διαδικασία από-ασαφοποίησης είναι το αποτέλεσμα που μετρά την ξενοφοβία για κάθε ερωτώμενο. Τα δεδομένα από 1200 ερωτωμένους/ες (N=1088 είναι τα αξιόπιστα δεδομένα χωρίς τις ελλείπουσες τιμές) εισήχθησαν στο Ασαφές Σύστημα Συλλογιστικής (Fuzzy Inference System) που αναπτύχθηκε. Στη συνέχεια παράχθηκε ένα σύνολο αποτελεσμάτων με χαμηλούς βαθμούς που κυμαίνονταν από 19,06 έως 74,94 υποδεικνύοντας μικρή ή καθόλου ξενοφοβική συμπεριφορά καθώς και υψηλούς βαθμούς που υποδείκνυαν σημαντική ξενοφοβική συμπεριφορά. Για παράδειγμα η είσοδος του συστήματος για τους 56 πρώτους ερωτώμενους παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6 Η είσοδος των βαθμών ξενοφοβίας για τους πρώτους 56 ερωτώμενους

A/A	Ερωτώμενος	IPA	SSF	PS	Εκπαίδευση	Ηλικία	Φύλο	Πολιτική στάση	Συχνότητα Εκκλησιασμού
1	1	2,28	3,81	2,16	6	31	2	3	3
2	2	2,9	4,22	2,94	4	47	1	3	3
3	3	2,24	4,68	3,24	4	21	2	3	4
4	4	1,48	3,0	1,38	4	31	1	3	3
5	5	1,69	4,01	1,0	3	28	1	3	3
6	6	3,15	4,11	2,5	2	57	2	3	2
7	7	3,25	4,41	3,16	2	71	2	3	1
8	8	3,59	4,35	3,01	2	62	1	3	3
9	9	2,67	4,0	4,41	3	72	2	5	2
10	10	3,21	3,7	2,32	7	73	1	3	2
11	11	2,55	3,79	2,65	4	20	2	3	3
12	12	1,85	3,78	1,37	6	28	1		2
13	13	1,82	3,78	1,96	4	35	2	3	3
14	15	1,0	3,5	1,0	5	30	1	3	4
15	16	1,55	3,47	2,41	3	56	1	3	3
16	18	4,37	5,0	4,25	3	60	2	3	1
17	19	2,15	3,67	2,62	6	29	2	1	4
18	20	2,97	4,16	2,91	2	60	1	5	4
19	21	1,98	2,64	2,38	4	32	1	3	3
20	22	1,91	3,47	1,62	6	43	2	2	3
21	24	1,09	3,5	1,0	4	59	1	2	4
22	25	1,56	2,33	1,0	3	30	1	3	5
23	26	2,63	3,89	2,33	4	20	1	3	2
24	27	2,31	4,05	3,6	4	23	2	3	3
25	28	2,22	5,0	3,12	1	62	2	3	2
26	29	1,88	4,46	1,64	3	44	2	2	3
27	30	4,82	4,89	4,69	2	53	2	4	1
28	31	1,42	3,68	2,49	2	70	1	1	3

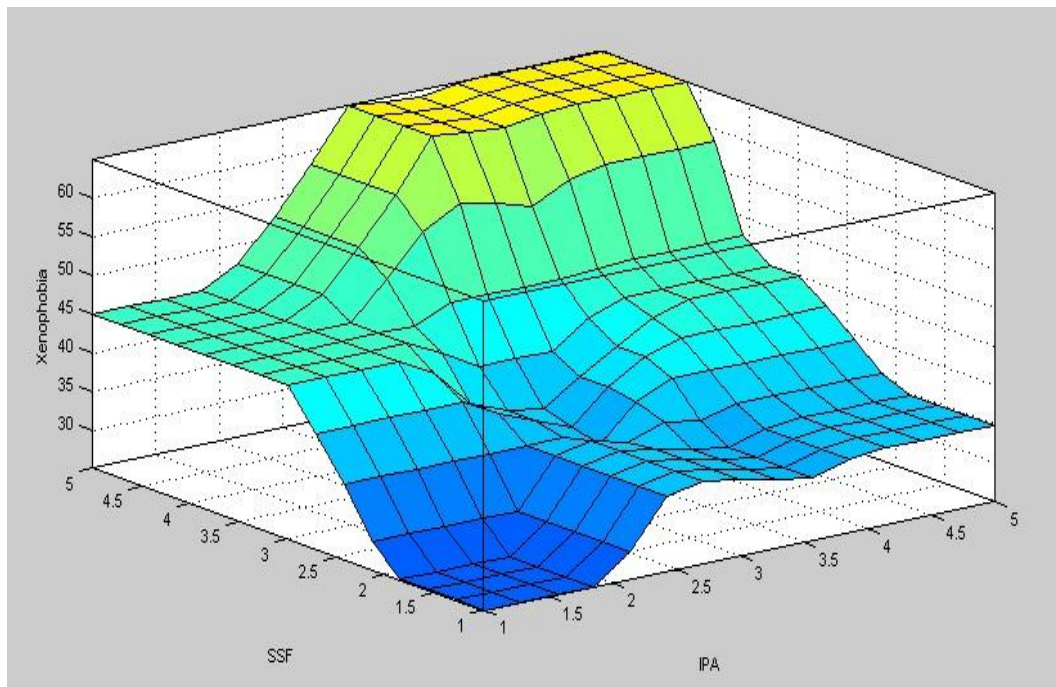
Πίνακας 2.6 Συνεχίζεται...

A/A	Ερωτώμενος	IPA	SSF	PS	Εκπαίδευση	Ηλικία	Φύλο	Πολιτική στάση	Συχνότητα Εκκλησιασμού
29	32	1,26	5,0	3,87	2	52	1	3	2
30	33	1,18	1,32	1,0	4	66	1	4	3
31	34	5,0	4,33	3,8	4	32	1	5	3
32	35	3,06	5,0	4,1	1	43	2	5	2
33	36	2,08	5,0	2,07	4	75	2	4	1
34	37	1,0	2,86	1,0	3	28	2	2	4
35	38	3,93	3,99	2,38	4	28	1	3	4
36	40	3,03	2,24	1,09	6	50	1	2	3
37	41	1,55	3,63	1,12	3	39	1	1	3
38	44	1,18	2,42	1,22	4	25	2	3	3
39	45	2,79	3,4	2,81	4	32	2		3
40	46	1,29	2,09	1,0	4	21	1	3	4
41	47	2,08	3,73	3,25	4	74	1	3	3
42	49	1,78	4,12	1,72	6	36	2	2	3
43	51	2,15	3,74	1,4	5	28	2	1	2
44	52	2,19	4,72	4,16	3	65	2	3	1
45	54	2,33	4,7	2,56	3	19	1	3	3
46	55	2,21	3,4	1,38	7	46	1	4	4
47	56	1,0	1,95	1,0	4	33	1	2	5
48	57	1,88	3,83	1,81	4	22	1		3
49	60	1,16	2,23	2,02	4	36	2	1	1
50	61	1,27	2,44	1,0	5	27	2		3
51	62	2,6	3,16	1,12	4	55	1		4
52	63	2,79	3,98	2,75	4	58	2	4	2
53	64	2,92	4,91	4,35	4	78	1	5	3
54	65	4,34	4,82	2,56	3	63	1	4	1
55	66	1,24	4,28	1,45	2	60	2	2	2
56	67	3,12	4,8	2,91	2	52	2	4	3

Με τη χρήση της κεντροειδούς μεθόδου, η οποία αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 1.1.3 και η οποία αποκαλείται επίσης μέθοδος της κεντρικής περιοχής ή του κέντρου βαρύτητας, θα έχουμε ως αποτέλεσμα μία έξοδο ή διαφορετικά έναν βαθμό στην κλίμακα της ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο. Η συγκεκριμένη μέθοδος της απόσασαφοποίησης μπορεί να ερμηνευθεί ως η προσδοκώμενη τιμή για την ξενοφοβία.

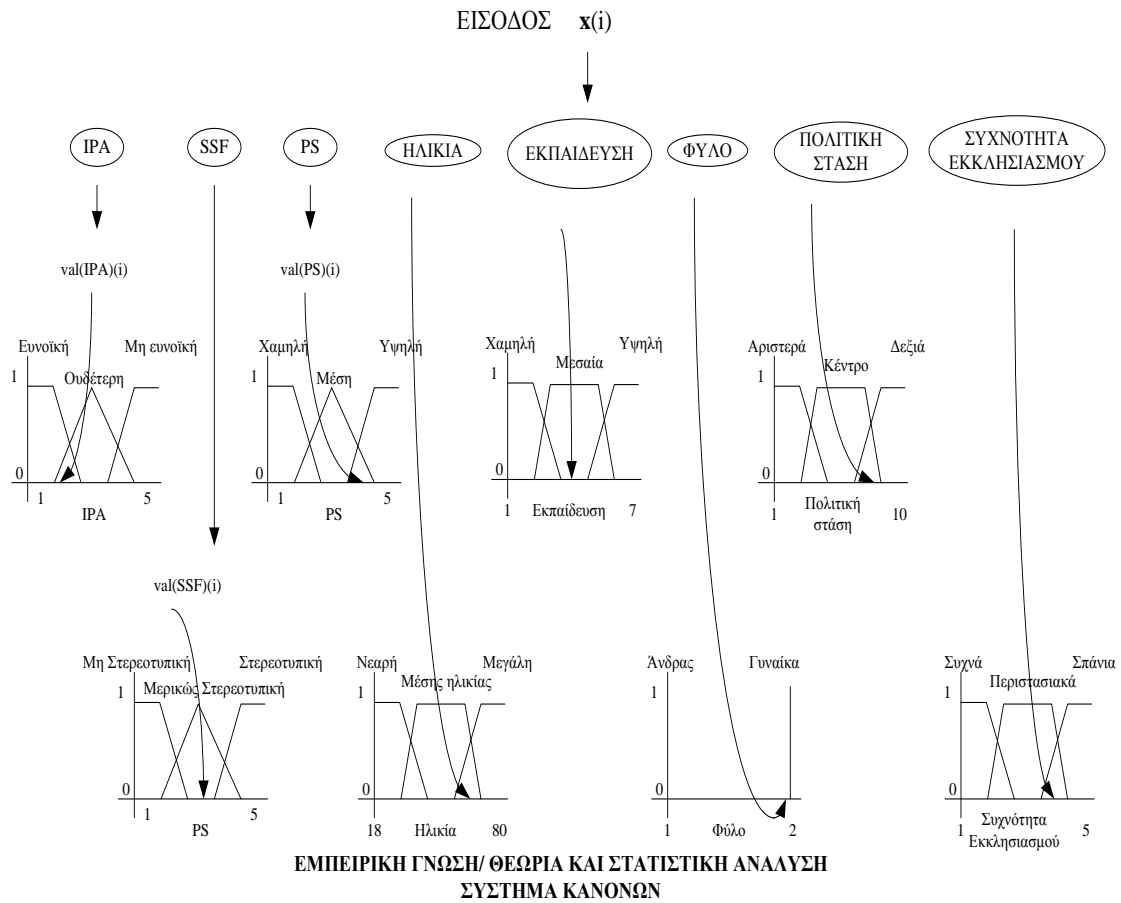
Το πεδίο ορισμού του συστήματος φαίνεται στο Σχήμα 2.13.

Σχήμα 2.13 Το πεδίο ορισμού του συστήματος



Η απεικόνιση της λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.14.

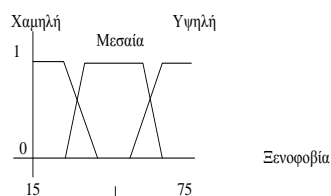
Σχήμα 2.14 Η λειτουργία του συστήματος



ΚΑΝΟΝΑΣ 1: Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)

⋮

ΚΑΝΟΝΑΣ 109: Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)



Από-ασαφοποίηση

ΕΞΟΔΟΣ: η βαθμολογία του i -οστού ερωτώμενου είναι $y \in [15, 75]$

Ανάλυση συσχέτισης:
Σύγκριση με κλασική μέτρηση της Ξενοφοβίας
Δείκτες της Ξενοφοβίας

2.4 Επικύρωση

Στη συνέχεια, έχοντας ως στόχο την επαλήθευση της προτεινόμενης μεθοδολογίας (υποκεφάλαιο 1.3), συσχετίστηκαν οι ασαφείς βαθμοί με 5 μεμονωμένες μονάδες οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.7 και οι οποίες θεωρούνται στη βιβλιογραφία ως δείκτες της ξενοφοβίας (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός των 4 από αυτών των μονάδων ως δείκτης (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998) της ξενοφοβίας. Οι συγκεκριμένοι δείκτες που μετράνε την ξενοφοβία βασίζονται στην αντίληψη του αριθμού των «άλλων» (άλλης εθνικότητας ή θρησκείας) καθώς και στην ενόχληση που δημιουργείται από την παρουσία τους.

Πίνακας 2.7 Δείκτες ξενοφοβίας

Δείκτης	Ερώτηση
1	Τα τελευταία χρόνια έχουν έρθει να ζήσουν και να δουλέψουν στην Ελλάδα άτομα από άλλες χώρες που δεν είναι μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κατά τη γνώμη σας, οι ξένοι αυτοί που ζουν σήμερα στην Ελλάδα είναι πάρα πολλοί, είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί ή δεν είναι πολλοί;
2	Πως βρίσκετε την παρουσία άλλων ατόμων άλλης εθνικότητας: ενοχλητική ή όχι ενοχλητική;
3	Πως βρίσκετε την παρουσία άλλων ατόμων άλλης θρησκείας: ενοχλητική ή όχι ενοχλητική;
4	Κατά τη γνώμη σας τα άτομα άλλης εθνικότητας είναι: είναι πάρα πολλοί, είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί ή δεν είναι πολλοί;
5	Κατά τη γνώμη σας τα άτομα άλλης θρησκείας είναι: είναι πάρα πολλοί, είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί ή δεν είναι πολλοί;
6	Συνδυασμός δεικτών 2-5

Πηγή: Μιχαλοπούλου, Α., Τσάρτας, Π., Γιαννησοπούλου, Μ., Καφετζής, Π., Μανώλογλου, Ε. (1998). Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Αλεξάνδρεια.

Στη συνέχεια ο Πίνακας 2.8 παρουσιάζει τους βαθμούς της ξενοφοβίας (κλασικής και ασαφούς) για τους πρώτους 56 ερωτώμενους. Οι κλασικοί και ασαφείς βαθμοί για τους ερωτώμενους 6, 7, 18, 30, 52 και 65 είναι εμφανώς διαφορετικοί με υψηλό βαθμό ξενοφοβίας άνω των 60. Διερευνώντας τις συνθήκες για τις οποίες συμβαίνει αυτό βρέθηκε ότι αυτές οι περιπτώσεις απάντησαν με έναν διαφορετικό τρόπο στις άλλες μεταβλητές για την κατασκευή των κανόνων του συστήματος. Τα χαρακτηριστικά των ερωτώμενων με υψηλό βαθμό ξενοφοβίας είναι παρόμοια. Για παράδειγμα οι ερωτώμενοι 6 και 7 είναι και οι δύο είναι γυναίκες, ηλικίας 57 και 71, ίδιου μορφωτικού επιπέδου (δημοτικό), η πολιτική τους στάση είναι το κέντρο και οι δύο εκκλησιάζονται συχνά. Ως προς τον τρόπο που απάντησαν στην κλίμακα Likert της

ξενοφοβίας χαρακτηριστικό είναι πως οι αποκρίσεις τους ήταν παρόμοιες απαντώντας κυρίως στα σημεία 3, 4 και 5 της κλίμακας. Από την άλλη, παρατηρείται πως υπάρχουν μεταβολές σε ορισμένους βαθμούς ξενοφοβίας όπως οι ερωτώμενοι 6 και 19. Για παράδειγμα, υπάρχει μια σημαντική μεταβολή του βαθμού κλασικής και ασαφούς ξενοφοβίας για τον ερωτώμενο 6. Αν παρατηρήσουμε τον Πίνακα 2.6 θα δούμε πως ο ερωτώμενος 6 είναι γυναίκα, 57 ετών, με χαμηλό εκπαιδευτικό επίπεδο, εκκλησιάζεται δύο-τρεις φορές το μήνα και αυτοτοποθετείται στο κέντρο της κλίμακας αριστεράς-δεξιάς. Από την άλλη, ο ερωτώμενος 19 φαίνεται να έχει μικρότερο ασαφές βαθμό ξενοφοβίας. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.6 ο ερωτώμενος 19 είναι γυναίκα, 29 ετών, υψηλού μορφωτικού επιπέδου, εκκλησιάζεται μερικές φορές τον χρόνο και αυτοτοποθετείται και αυτή στο κέντρο της κλίμακας αριστεράς-δεξιάς. Η διαφορά που προκύπτει μεταξύ του κλασικού και ασαφούς βαθμού ξενοφοβίας στους ερωτώμενους 6 και 19 επιβεβαιώνει τη θεωρία και τους κανόνες. Δηλαδή γυναίκες με χαμηλό εκπαιδευτικό επίπεδο, μεγάλη συχνότητα εκκλησιασμού και αυτοτοποθέτηση προς το κέντρο και δεξιά της κλίμακας αριστεράς-δεξιάς τείνουν να είναι πιο ξενοφοβικές. Αντίθετα, γυναίκες, νέες στην ηλικία, υψηλού μορφωτικού επιπέδου, μικρότερη συχνότητα εκκλησιασμού και αυτοτοποθέτηση προς το κέντρο και δεξιά της κλίμακας αριστεράς-δεξιάς τείνουν να μην είναι ξενοφοβικές. Να σημειωθεί πως για την εύρεση όλων των ασαφών βαθμών των 1088 ερωτώμενων υλοποιήθηκε ένας κώδικας (βλ. Πίνακα A2) στο περιβάλλον της Matlab που αυτοματοποίησε τη διαδικασία απόκτησης των ασαφών βαθμών για τους 1088 ερωτώμενους.

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης της ανάλυσης μεταξύ της ασαφούς και της κλασικής ξενοφοβίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.9. Όπως ήταν αναμενόμενο, η κλασική και η ασαφής ξενοφοβία σχετίζονται σημαντικά. Ο Πίνακας 2.10 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συσχέτισης της ανάλυσης μεταξύ της ασαφούς και της κλασικής ξενοφοβίας αλλά και όλων των δεικτών της ξενοφοβίας. Όπως φαίνεται οι ασαφείς βαθμοί σχετίζονται υψηλά με όλους τους δείκτες της ξενοφοβίας, αποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο ότι έχουμε μια ακριβή μέτρηση της ξενοφοβίας.

Πίνακας 2.8 Ξενοφοβία (κλασική και ασαφής) για τους πρώτους 56 ερωτώμενους

A/A	Ερωτώμενος	Ξενοφοβία (κλασική)	Ξενοφοβία (ασαφής)	A/A	Ερωτώμενος	Ξενοφοβία (κλασική)	Ξενοφοβία (ασαφής)
1	1	42	45,6	29	32	46	45,74
2	2	47	45,0	30	33	18	19,06
3	3	50	49,19	31	34	66	57,57
4	4	29	25,11	32	35	61	59,81
5	5	35	39,95	33	36	47	48,0
6	6	51	64,63	34	37	23	25,35
7	7	54	64,41	35	38	51	28,48
8	8	56	53,65	36	40	35	31,98
9	9	52	54,24	37	41	32	36,46
10	10	48	45,0	38	44	24	25,06
11	11	45	47,63	39	45	45	39,11
12	12	36	26,82	40	46	22	25,24
13	13	39	37,76	41	47	44	49,36
14	15	27	36,14	42	49	38	45,0
15	16	37	35,55	43	51	38	26,71
16	18	68	64,94	44	52	55	64,54
17	19	41	28,42	45	54	49	37,21
18	20	50	45,0	46	55	38	25,91
19	21	34	29,68	47	56	19	25,06
20	22	37	26,08	48	57	38	39,94
21	24	28	26,14	49	60	27	26,1
22	25	24	25,76	50	61	24	26,01
23	26	44	49,77	51	62	36	26,37
24	27	48	41,25	52	63	48	43,77
25	28	51	48,73	53	64	60	57,78
26	29	40	45,0	54	65	62	65,0
27	30	72	64,94	55	66	35	45,0
28	31	37	34,35	56	67	55	45,0

Πίνακας 2.9 Pearson's Correlation Coefficients

	Ξενοφοβία (ασαφής)	Ξενοφοβία (κλασική)
Ξενοφοβία (ασαφής)		0,860
Ξενοφοβία (κλασική)	0,860	

*Σημείωση: N=1088, $p < .001$.

Πίνακας 2.10 Spearman's rho Correlation Coefficients

Δείκτης	Ξενοφοβία (ασαφής)	Ξενοφοβία (κλασική)
1	-0,296	-0,242
2	-0,498	-0,439
3	-0,477	-0,381
4	-0,369	-0,216
5	-0,294	-0,215
6	0,573	0,422

*Σημείωση: N=1088, $p < .001$.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των μεταβλητών (Πίνακας 2.3) που θεωρούνται σημαντικές για τη μέτρηση της ξενοφοβίας καθώς και οι συσχετίσεις των δεικτών (Πίνακας 2.7) της ξενοφοβίας με τα επίπεδα της κλασικής και ασαφούς ξενοφοβίας (Michalopoulou & Symeonaki, 2017). Εφαρμόστηκε k-means ανάλυση κατά συστάδες (k-means clustering) η οποία ορίστηκε σε πέντε (k=5) για να διατηρηθούν οι αρχικοί βαθμοί αλλά και οι εννοιολογικές ερμηνείες τους. Στην περίπτωση της ομαδοποίησης των ασαφών βαθμών εφαρμόστηκε ασαφής k-means ανάλυση κατά συστάδες (fuzzy k-means clustering).

Οι Πίνακες 2.11 και 2.12 παρουσιάζουν μια πιο αναλυτική περιγραφή του δημογραφικού και κοινωνικού «προφίλ» της κλίμακας Likert για την κλασική και ασαφή ξενοφοβία αντίστοιχα. Όπως προκύπτει η ηλικία, το εκπαιδευτικό επίπεδο, η αυτοτοποθέτηση στην κλίμακα αριστερά-δεξιά και η συχνότητα εκκλησιασμού έχουν κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση των ξενοφοβικών και μη συμπεριφορών απέναντι στον «άλλον». Οι ερωτώμενοι που επιδεικνύουν ξενοφοβικές συμπεριφορές φαίνεται να είναι μεγαλύτεροι, λιγότερο μορφωμένοι, εκκλησιάζονται συχνά και κλίνουν προς τη δεξιά πλευρά της κλίμακας αριστεράς-δεξιάς. Το παραπάνω φαίνεται να επιβεβαιώνει τη θεωρία αλλά και τα σχετικά εμπειρικά αποτελέσματα. Επομένως, η προτεινόμενη ομαδοποίηση, με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες, ταξινομεί τους βαθμούς των ερωτώμενων διαφοροποιώντας τις ξενοφοβικές και μη ξενοφοβικές συμπεριφορές παρέχοντας έτσι ένα συνοπτικό «προφίλ» των βαθμών της κλίμακας, σε συμφωνία πάντα με τους δείκτες της ξενοφοβίας. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στην περίπτωση της κλασικής ξενοφοβίας δεν υπάρχει συσχέτιση της μεταβλητής φύλου με τα κλασικά επίπεδα ξενοφοβίας για αυτό και δεν παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.11, σε αντίθεση με τα ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας, όπου υπάρχει συσχέτιση, (Πίνακας 2.12) δηλαδή οι γυναίκες φαίνεται να είναι πιο ξενοφοβικές από τους άνδρες επιβεβαιώνοντας με αυτόν τον τρόπο πως η μεταβλητή φύλο παίζει σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή του ασαφούς συστήματος συλλογιστικής για την ξενοφοβία.

Πίνακας 2.11 Το δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert για την ξενοφοβία μετασχηματίζοντας τους πρωτογενείς βαθμούς με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες

Μεταβλητές	N	Βαθμοί της μετασχηματισμένης κλίμακας της ξενοφοβίας (%)					Σύνολο %
		(-) 1	2	3	4	5 (+)	
Ηλικία	1088						
18-29		12,8	27,4	36,1	17,5	6,2	100,0
30-44		13,2	26,9	27,5	22,3	10,1	100,0
45-59		7,8	25,6	26,4	22,5	17,8	100,1
60-80		4,8	10,0	28,0	32,5	24,7	100,0
Εκπαίδευση	1088						
Αναλφάβητοι/ έχουν αφήσει το δημοτικό		3,7	9,9	17,3	42,0	27,2	100,1
Απόφοιτοι δημοτικού/ μερική μέση εκπαίδευση		5,3	17,0	30,4	28,1	19,2	100,0
Πλήρης μέση εκπαίδευση/ Ανώτερη σχολή		13,1	29,0	32,6	17,2	8,2	100,1
Ανώτατη σχολή/ Διδακτορικό δίπλωμα		27,0	38,2	22,5	9,0	3,4	100,1
Αυτοτοποθέτηση στην κλίμακα αριστερά-δεξιά	1018						
1-2 (Αριστερά)		19,7	30,3	21,2	15,2	13,6	100,0
3-4		14,1	29,2	28,1	20,3	8,3	100,0
5-6		9,9	22,1	29,8	24,5	13,7	100,0
7-8		6,2	20,8	31,5	25,3	16,3	100,1
9-10 (Δεξιά)		4,2	10,2	36,4	28,8	20,3	100,1
Συχνότητα εκκλησιασμού	1088						
Κάθε Κυριακή ή και συχνότερα		3,7	17,0	30,3	28,3	20,7	100,0
Δύο-τρεις φορές το μήνα		6,8	17,6	29,2	26,8	19,6	100,0
Μερικές φορές το χρόνο		9,7	25,7	29,8	22,7	12,1	100,0
Μόνο το Πάσχα		19,8	28,5	28,4	16,4	6,9	100,0
Ποτέ		26,2	21,4	28,6	16,7	7,1	100,0
Αντιλήψεις για την παρουσία ατόμων εκτός ΕΕ	1085						
Είναι πάρα πολλοί		6,2	20,0	29,8	26,7	17,3	100,0
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		15,2	29,4	29,4	17,9	8,1	100,0
Δεν είναι πολλοί		46,7	16,7	26,7	3,3	6,7	100,1
Παρουσία ατόμων άλλης εθνικότητας	1071						
Ενοχλητική		3,2	8,6	26,4	31,5	30,3	100,0
Όχι ενοχλητική		13,9	30,7	31,4	18,7	5,3	100,0
Παρουσία ατόμων άλλης θρησκείας	1084						
Ενοχλητική		3,3	11,8	27,0	31,9	26,0	100,0
Όχι ενοχλητική		13,6	29,3	31,5	18,3	7,3	100,0
Αντιλήψεις ατόμων άλλης εθνικότητας	1085						
Είναι πάρα πολλοί		5,7	19,2	30,2	26,5	18,5	100,1
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		11,3	25,1	29,3	22,5	11,7	100,0
Δεν είναι πολλοί		27,1	29,2	27,1	12,5	4,2	100,1
Αντιλήψεις ατόμων άλλης θρησκείας	1066						
Είναι πάρα πολλοί		4,5	14,1	30,2	32,7	18,6	100,1
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		6,7	23,7	29,0	23,7	16,9	100,0
Δεν είναι πολλοί		16,4	24,9	30,5	17,8	10,3	100,0
Κατανομή της συνολικής συχνότητας της κλίμακας	1090	9,7	22,5	29,5	23,7	14,6	100,0

Σημείωση: Το άθροισμα και ο μέσος όρος των στοιχείων των πρωτογενών βαθμών της συνολικής κλίμακας που μετρά την ξενοφοβία ομαδοποιήθηκαν ως εξής: 16-30 = 1; 31-40 = 2; 41-50 = 3; 51-60 = 4; 61-75 = 5. Τα αποτελέσματα των διασταυρώσεων είναι στατιστικά σημαντικά $p < .001$.

Προσαρμογή από το άρθρο «Improving the interpretability of Likert scales' (or subscales) raw scores with k-means clustering» των C. Michalopoulou και M. Symeonaki, 2017, *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 135, Πίνακας 1, σ. 106. ©Sage Journals.

Πίνακας 2.12 Το δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert για την ξενοφοβία μετασχηματίζοντας τους ασαφείς βαθμούς με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες

Μεταβλητές	N	Βαθμοί της μετασχηματισμένης ασαφούς κλίμακας της ξενοφοβίας (%)					Σύνολο %
		(-) 1	2	3	4	5 (+)	
Φύλο	1054						
Άνδρες		22,1	13,8	33,8	14,5	15,8	100,0
Γυναίκες		14,7	14,3	31,4	14,9	24,6	100,0
Ηλικία	1054						
18-29		28,0	19,7	31,8	10,2	10,2	100,0
30-44		25,7	16,7	32,2	12,7	12,7	100,0
45-59		14,4	12,8	38,4	14,4	20,0	100,0
60-80		5,3	6,8	28,4	21,6	37,9	100,0
Εκπαίδευση	1054						
Αναλόγως/ έχουν αφήσει το δημοτικό		3,8	6,3	25,0	16,3	48,8	100,1
Απόφοιτοι δημοτικού/ μερική μέση εκπαίδευση		8,5	12,2	34,3	18,9	26,2	100,1
Πλήρης μέση εκπαίδευση/ Ανώτερη σχολή		27,4	16,8	34,5	11,1	10,3	100,1
Ανώτατη σχολή/ Διδακτορικό δίπλωμα		52,3	19,8	22,1	4,7	1,2	100,1
Αυτοτοποθέτηση στην κλίμακα αριστερά-δεξιά	985						
1-2 (Αριστερά)		37,5	9,4	23,4	10,9	18,8	100,0
3-4		30,2	7,9	39,7	11,1	11,1	100,0
5-6		15,2	21,9	25,3	17,0	20,6	100,0
7-8		12,1	9,2	42,2	15,0	21,4	100,0
9-10 (Δεξιά)		11,1	4,3	43,6	15,4	25,6	100,0
Συχνότητα εκκλησιασμού	1054						
Κάθε Κυριακή ή και συχνότερα		4,9	12,1	32,4	14,3	36,3	100,0
Δύο-τρεις φορές το μήνα		9,2	11,7	33,5	18,8	26,8	100,0
Μερικές φορές το χρόνο		20,5	17,4	33,3	14,4	14,4	100,0
Μόνο το Πάσχα		43,0	9,6	30,7	8,8	7,9	100,0
Ποτέ		41,5	9,8	26,8	12,2	9,8	100,1
Αντιλήψεις για την παρουσία ατόμων εκτός ΕΕ	1051						
Είναι πάρα πολλοί		13,7	12,3	34,4	16,1	23,5	100,0
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		28,2	18,0	28,9	12,3	12,7	100,1
Δεν είναι πολλοί		50,0	21,4	25,0	3,6	0,0	100,0
Παρουσία ατόμων άλλης εθνικότητας	1037						
Ενοχλητική		6,0	5,8	28,1	21,9	38,2	100,0
Όχι ενοχλητική		26,1	19,4	34,9	10,5	9,1	100,0
Παρουσία ατόμων άλλης θρησκείας	1050						
Ενοχλητική		6,1	6,6	29,2	20,3	37,7	100,0
Όχι ενοχλητική		26,3	18,7	35,0	10,9	9,0	100,0
Αντιλήψεις ατόμων άλλης εθνικότητας	1051						
Είναι πάρα πολλοί		12,1	11,0	33,2	17,2	26,4	100,0
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		22,4	17,8	32,0	12,8	14,9	100,0
Δεν είναι πολλοί		39,6	15,4	30,8	8,8	5,5	100,1
Αντιλήψεις ατόμων άλλης θρησκείας	1032						
Είναι πάρα πολλοί		6,3	7,3	30,2	21,9	34,4	100,1
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		16,8	14,1	35,2	14,5	19,4	100,0
Δεν είναι πολλοί		27,7	17,3	30,4	11,5	13,2	100,1
Κατανομή της συνολικής συχνότητας της κλίμακας	1088	18,5	14,0	32,6	14,7	20,1	100,0

Σημείωση. Το άθροισμα και ο μέσος όρος των στοιχείων των ασαφών βαθμών της συνολικής κλίμακας που μετρά την ξενοφοβία ομαδοποιήθηκαν ως εξής: 16-30 = 1; 31-40 = 2; 41-50 = 3; 51-60 = 4; 61-75 = 5. Τα αποτελέσματα των διασταυρώσεων είναι στατιστικά σημαντικά: $p < .001$.

Στη συνέχεια, κάνοντας χρήση των ασαφών βαθμών που προέκυψαν από το ασαφές σύστημα συλλογιστικής για την ξενοφοβία θα προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των προφίλ στάσεων για κάθε άτομο. Οι ασαφείς βαθμοί που προέκυψαν θα συγκριθούν με τους πρωτογενείς βαθμούς των ερωτώμενων χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα. Το ερευνητικό ερώτημα είναι η διαπίστωση του κατά πόσο οι πρωτογενείς ή ασαφείς βαθμοί, αφού μετασχηματιστούν χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα (percentile norms) θα αντανακλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της ξενοφοβίας.

2.5 Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο κατασκευάστηκε ένα ασαφές σύστημα συλλογιστικής για την ξενοφοβία το οποίο είχε ως έξοδο έναν ασαφή βαθμό για κάθε ερωτώμενο, συνδυάζοντας τη γνώση των εμπειρών με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Τα ευρήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας προτείνουν ότι η μέτρηση της ξενοφοβίας που παράχθηκε είναι αξιόπιστη και πιο ακριβής, δεδομένου ότι η ανάλυση συσχέτισης έδειξε καταρχήν ότι οι βαθμοί της ξενοφοβίας (ασαφούς και κλασικής) σχετίζονται ισχυρά. Για την επικύρωση της προτεινόμενης μεθοδολογίας, οι νέοι βαθμοί συσχετίστηκαν με έναν αριθμό μεταβλητών, είτε γνωστές από τη θεωρία είτε χρησιμοποιούμενες σε άλλες εμπειρικές μελέτες, ως μεταβλητές δείκτες για τη στάση που μετράται. Η ανάλυση έδειξε πως οι ασαφείς βαθμοί (fuzzy scores) συσχετίζονται ισχυρότερα με όλους τους δείκτες της ξενοφοβίας, από ότι οι πρωτογενείς βαθμοί (crisp scores). Η προτεινόμενη μεθοδολογία, ενσωματώνοντας τις παραδοσιακές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της κλίμακας και χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και τη γνώση των εμπειρών, έδωσε μια πιο ακριβή προσέγγιση στη μέτρηση των στάσεων και συγκεκριμένα στη μέτρηση της ξενοφοβίας. Επιπλέον, ο μετασχηματισμός των βαθμών της κλίμακας Likert εφαρμόζοντας k-means ανάλυση κατά συστάδες έδειξε πως οι βαθμοί ταξινομούνται σε σημαντικές ομάδες που διαφοροποιούν τους ξενοφοβικούς από τους μη ξενοφοβικούς ερωτώμενους, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο ένα συνοπτικό «προφίλ» των βαθμών της κλασικής και ασαφούς κλίμακας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ανάλυση των προφίλ

3.1 Εισαγωγή

Η ανάλυση των προφίλ (profile analysis) συνήθως ενδιαφέρεται να κατατάξει τα άτομα σύμφωνα με τους βαθμούς τους σε μία κλίμακα (scaling individuals). Σε εφαρμογές στην ψυχολογική και εκπαιδευτική έρευνα, ο όρος προφίλ (profile) προέρχεται από την πρακτική της γραφικής απεικόνισης των ατομικών βαθμών σε μία σειρά από τυποποιημένες μεταβλητές ενός τεστ (battery of test) ως προφίλ (American Educational Research Association, 1999; Murphy & Davidshofer, 2001; Nunnally & Berstein, 1994; Murphy & Murphy, 1931). Ωστόσο, αυτός ο τύπος της ανάλυσης προϋποθέτει κανονιστικά δεδομένα (normative data) τα οποία σπάνια χρησιμοποιούνται στη μέτρηση των στάσεων. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως μόνο ο Carter (1996), διερευνώντας τη μέτρηση των στάσεων για τη φυλετική ταυτότητα, μετέτρεψε τους πρωτογενείς βαθμούς (raw scores) των υπό κλιμάκων Likert χρησιμοποιώντας εκατοστημόρια ως νόρμα (percentiles norms) τα οποία υπολογίστηκαν για τον συγκεκριμένο σκοπό.

Ο κύριος στόχος στη συνέχεια της διατριβής είναι να παρουσιάσει μια μεθοδολογία όπως αρχικά αναπτύχθηκε από τους Symeonaki, Michalopoulou & Stamou (2013) για την ανάπτυξη προφίλ στάσεων για κάθε άτομο η οποία θα βασίζεται στη σύγκριση των πρωτογενών βαθμών με τους ασαφείς βαθμούς μιας κλίμακας Likert, που χρησιμοποιήθηκαν για το ασαφές σύστημα συλλογιστικής για την ξενοφοβία (Κεφάλαιο 2), χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα (percentile norms). Η ερευνητική υπόθεση είναι να διαπιστωθεί κατά πόσο οι πρωτογενείς ή ασαφείς βαθμοί αφού μετασχηματιστούν χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα (percentile norms) θα αντανakλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της υποκείμενης στάσης στις εμπειρικές κοινωνικές διερευνήσεις.

3.2 Μεθοδολογία

Χρησιμοποιούμε τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 2 για την κλίμακα Likert της ξενοφοβίας (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998, Symeonaki κ.ά., 2014) χρησιμοποιώντας τους ίδιους δείκτες. Διαιρούμε τυχαία το δείγμα της έρευνας σε δύο υπό-δείγματα περίπου ίσου μεγέθους. Το δεύτερο υποδιαιρεμένο δείγμα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των εκατοστημορίων ως νόρμα (Carter, 1996) σύμφωνα με τους πρωτογενείς βαθμούς.

Στο πρώτο υποδιαιρεμένο δείγμα επαναλάβαμε τη μέθοδο που παρουσιάστηκαν από τις Symeonaki κ.ά. (2014) και τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διατριβής. Τα ευρήματα της μεθόδου επαληθεύθηκαν (Symeonaki κ.ά., 2013) και στο υποδιαιρεμένο δείγμα με μικρή μείωση της αξιοπιστίας της κλίμακας (0,849). Το μέγεθος του δείγματος για τα δύο υποδιαιρεμένα δείγμα θεωρείτο επαρκές για την παραγοντική ανάλυση (Tabachnick & Fidell, 2007). Για την ασαφοποίηση της κλίμακας Likert της ξενοφοβίας χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του δευτέρου κεφαλαίου (Symeonaki κ.ά., 2014, Symeonaki κ.ά., 2011). Η μέθοδος παρείχε για κάθε ερωτώμενο στο πρώτο υποδιαιρεμένο δείγμα έναν ασαφή βαθμό ο οποίος μαζί με τον πρωτογενή αντίστοιχο βαθμό συγκρίθηκε με τα εκατοστημόρια ως νόρμα τα οποία υπολογίστηκαν από το δεύτερο υποδιαιρεμένο δείγμα. Στη συνέχεια, στο πρώτο υποδιαιρεμένο δείγμα, μελετήθηκε το κοινωνικό «προφίλ» των ερωτώμενων για τους οποίους ο ασαφής βαθμός αλλάζει σημαντικά την κατάταξή τους στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα με αυτούς για τους οποίους δεν υπάρχουν σημαντικές αλλαγές.

3.3 Κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert της ξενοφοβίας

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα και τα οποία υπολογίστηκαν από το δεύτερο υποδιαιρεμένο δείγμα των πρωτογενών (raw scores) και ασαφών βαθμών (fuzzy scores) των ερωτώμενων του πρώτου υποδιαιρεμένου δείγματος. Όπως φαίνεται αρκετοί ερωτώμενοι εμφανίζουν σημαντική ποσοστιαία διαφορά μεταξύ των εκατοστημορίων. Στη συνέχεια, στο πρώτο υποδιαιρεμένο δείγμα δημιουργήθηκαν δύο ομάδες (groups). Η μία ομάδα (ομάδα 1) αποτελείται από τους ερωτώμενους για τους οποίους ο ασαφής αριθμός αλλάζει σημαντικά την κατάταξή τους στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα σε αντίθεση με αυτούς για τους οποίους δεν υπάρχουν σημαντικές αλλαγές (ομάδα 2). Για την πρώτη ομάδα επιλέχθηκαν οι ερωτώμενοι που εμφανίζουν ποσοστιαία διαφορά μεγαλύτερη του 10.

Πίνακας 3.1 Σύγκριση των εκατοστημορίων ως νόρμα των πρωτογενών και ασαφών βαθμών

Ερωτώμενος	Ερωτώμενος συνολικού δείγματος	Πρωτογενείς βαθμοί	Εκατοστημόρια πρωτογενών βαθμών	Ασαφείς βαθμοί	Εκατοστημόρια ασαφών βαθμών	Ποσοστιαία διαφορά εκατοστημορίων
1	3	50	62,5	49,19	64,4	-1,88
2	6	51	65,9	64,63	93,3	-27,41
3	13	39	28,5	37,76	28,4	0,11
4	15	27	5,9	36,14	26,6	-20,68
5	16	37	23,8	35,55	24,8	-0,97
6	19	41	35,3	28,42	15,7	19,60
7	22	37	23,8	26,08	8,7	15,10
8	25	24	3,4	25,76	7,6	-4,20
9	26	44	42,0	49,77	65,1	-23,10
10	30	72	99,6	64,94	98,0	1,59
11	35	61	89,4	59,81	80,5	8,93
12	36	47	52,6	48,0	61,7	-9,06
13	37	23	2,7	25,35	5,4	-2,70
14	40	35	19,3	31,98	18,8	0,50
15	44	24	3,4	25,06	3,8	-0,40
.						
.						
.						
.						
.						
.						
.						
.						
521	1163	57	80,4	59,0	79,0	1,38
522	1166	34	16,9	35,78	25,0	-8,05
523	1169	43	39,8	40,0	30,9	8,88
524	1171	45	45,0	39,0	29,8	15,16
525	1172	68	98,4	69,76	99,5	-1,06
526	1173	59	85,4	55,0	76,1	9,27
527	1175	51	65,9	45,0	56,6	9,30
528	1178	56	78,6	57,98	78,5	0,12
529	1184	59	85,4	55,0	76,1	9,27
530	1187	31	11,2	37,98	28,6	-17,37
531	1188	56	78,6	57,98	78,5	0,12
532	1190	49	57,8	53,0	68,7	-10,92
533	1191	50	62,5	44,0	36,2	26,33
534	1193	55	76,8	56,98	77,8	-0,96
535	1196	55	76,8	59,0	79,0	-2,22

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε περιγραφική ανάλυση για τις δύο ομάδες με στόχο τη διερεύνηση του κοινωνικού τους «προφίλ» (Πίνακας 3.2). Η ομάδα 1, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αφορά τους ερωτώμενους για τους οποίους ο ασαφής αριθμός αλλάζει σημαντικά την κατάταξή τους στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα με αυτούς για τους οποίους δεν υπάρχουν σημαντικές αλλαγές (ομάδα 2). Για παράδειγμα στην ομάδα 1 το μεγαλύτερο ποσοστό είναι άνδρες (53%) ενώ στην ομάδα 2 είναι γυναίκες (51,1%). Σημαντικές αλλαγές υπάρχουν σε όλα τα κοινωνικό-δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτώμενων. Παρατηρείται επομένως πως οι δύο ομάδες διαφέρουν μεταξύ τους και αυτό είναι ένα ζήτημα το οποίο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Πίνακας 3.2 Το κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert της ξενοφοβίας για τους ερωτώμενους με ποσοστιαία διαφορά >10 (Ομάδα 1) και με ποσοστιαία διαφορά <10 (Ομάδα 2)

Μεταβλητές	Ομάδα 1* (%)	Ομάδα 2** (%)
Φύλο		
Άντρες	53,0	48,9
Γυναίκες	47,0	51,1
Ηλικία		
18-29	24,2	21,3
30-44	25,4	25,9
45-59	28,0	26,7
60-80	22,5	26,1
Εκπαιδευτικό επίπεδο		
Αναλφάβητοι/ ή μερικές τάξεις του δημοτικού	5,1	9,1
Δημοτικό	32,2	31,8
Μερική μέση εκπαίδευση	14,0	15,6
Πλήρης μέση εκπαίδευση	35,6	29,5
Ανώτερη	6,4	4,8
Ανώτατη	6,4	8,5
Διδακτορικό δίπλωμα	0,4	0,6
Πολιτική στάση***		
1-2 (Αριστερά)	5,4	7,4
3-4	13,8	20,1
5-6	54,0	43,5
7-8	14,7	17,3
9-10 (Δεξιά)	12,1	11,7
Συχνότητα εκκλησιασμού		
Κάθε Κυριακή ή και συχνότερα	15,3	19,9
Δύο-τρεις φορές το μήνα	26,3	26,1
Μερικές φορές το χρόνο	45,8	38,6
Μόνο το Πάσχα	9,3	10,2
Ποτέ	3,4	5,1

Σημείωση: *N = 236, **N = 352, *** N=224 (ομάδα 1), N=324 (ομάδα 2)

Πηγή: Μιχαλοπούλου, Α., Τσάρτας, Π., Γιαννησοπούλου, Μ., Καφετζής, Π., Μανώλογλου, Ε. (1998). *Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη*, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Αλεξάνδρεια.

Στη συνέχεια, λόγω των διαφορών που προέκυψαν από τις δύο ομάδες πραγματοποιήθηκε logistic regression με στόχο να βρεθεί η πιθανότητα του να είναι κάποιος στην Ομάδα 1 και όχι στην Ομάδα 2. Αρχικά, έγινε κωδικοποίηση των δημογραφικών μεταβλητών εκτός από τη μεταβλητή φύλο. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή της ηλικίας, του εκπαιδευτικού επιπέδου, της πολιτικής στάσης και της συχνότητας εκκλησιασμού κωδικοποιήθηκαν ως εξής: 1=Low, 2=Medium και 3=High. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις μεταξύ των δύο ομάδων.

3.4 Συμπεράσματα

Η θεωρία των κλιμάκων Likert είναι πολύ σημαντική για τη μέτρηση των στάσεων στη διερεύνηση των εμπειρικών κοινωνικών ερευνών. Το παρόν κεφάλαιο προτείνει μια νέα μεθοδολογία για την ανάπτυξη προφίλ στάσεων στη διερεύνηση των στάσεων. Το δείγμα της έρευνας διαιρέθηκε σε δύο υποδείγματα παρέχοντάς μας τα κατάλληλα κανονιστικά δεδομένα (normative data). Για την επικύρωση της ασαφοποίησης της κλίμακας Likert χρησιμοποιήθηκαν κάποιες ερωτήσεις που θεωρούνται από την βιβλιογραφία ως δείκτες της ξενοφοβίας (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998). Η προτεινόμενη μεθοδολογία οδήγησε στην παραγωγή των ασαφών βαθμών (fuzzy scores) οι οποίοι αντανακλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της κατασκευής παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μια πιο συνοπτική ερμηνεία των ατομικών προφίλ. Επιπλέον, η εύρεση των ερωτώμενων με μεγάλη ποσοστιαία διαφορά στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα δεν μπορεί να εξασφαλίσει το κοινωνικό «προφίλ» των ερωτώμενων μιας κλίμακας Likert και αυτό χρήζει περαιτέρω διερεύνησης. Η μέθοδος που παρουσιάστηκε μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις όπου η εγκυρότητα κατασκευής της εννοίας φέρει αποτελέσματα σε μία ενιαία συνολική κλίμακα ή σε υπό κλίμακες (Symeonaki κ.ά., 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κατάταξη ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας με τη χρήση νευρωνικών δικτύων και ασαφών τεχνικών

4.1 Εισαγωγή

Στη συνέχεια της παρούσας διατριβής θα εστιάσουμε στην ανάπτυξη ενός μηχανικού συστήματος, το οποίο θα ταξινομεί τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας λαμβάνοντας υπόψη έναν αριθμό παραγόντων που είναι σημαντικοί όπως ο τρόπος με τον οποίο κάθε ερώτηση απαντήθηκε από όλους τους ερωτώμενους καθώς και τον συνολικό βαθμό του κάθε ερωτώμενου. Το συγκεκριμένο πρόβλημα που έχουμε να επιλύσουμε είναι η κατασκευή ενός ευφυούς συστήματος (intelligent system), το οποίο θα μπορεί να αξιολογεί και να ταξινομεί τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας ανάλογα με κάποια στοιχεία τα οποία θα εξάγονται από τις απαντήσεις τους, σε κατηγορίες ξενοφοβίας. Το προτεινόμενο σύστημα λαμβάνει υπόψη τη σειρά των απαντήσεων για κάθε ερωτώμενο και διακρίνει μεταξύ αμφισβητούμενων (questionable) και μη αμφισβητούμενων (non questionable) ερωτήσεων. Το ευφύες σύστημα που αποτυπώνεται στην παρούσα διατριβή δεν λαμβάνει υπόψη μόνο τον τελικό βαθμό των ερωτώμενων αλλά έναν αριθμό άλλων κρίσιμων παραγόντων και επομένως είναι ικανό να ταξινομήσει τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας μειώνοντας έτσι την αβεβαιότητα (uncertainty). Ουσιαστικά, έχουμε να επιλύσουμε ένα πρόβλημα μηχανικής ταξινόμησης, στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές νευρωνικών δικτύων και ασαφών τεχνικών με στόχο τελικά τη δημιουργία ενός συστήματος στο οποίο να χρησιμοποιείται ενοποίηση συμβολικής και αριθμητικής επεξεργασίας. Για την ανάπτυξη του ασαφούς-νευρωνικού συστήματος για την ταξινόμηση των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 2 για την κλίμακα Likert της ξενοφοβίας (Symeonaki κ.ά., 2014; Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998) και για την επικύρωσή του θα χρησιμοποιηθούν οι ίδιοι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την επικύρωση του ασαφούς συστήματος συλλογιστικής για την ξενοφοβία.

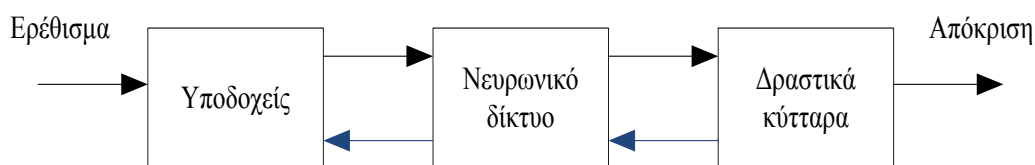
Η μεθοδολογία και η εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος θα στηριχθεί επομένως στη θεωρία της ασαφούς Λογικής η οποία αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1 και στη θεωρία των τεχνητών νευρωνικών δικτύων (artificial neural networks) στην οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Οι μέθοδοι υπολογιστικής νοημοσύνης παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον, τόσο σε θεωρητικό επίπεδο γιατί αντιμετωπίζουν ικανοποιητικά την πολυπλοκότητα και την αβεβαιότητα, δύο από τα σημαντικότερα προβλήματα της θεωρίας συστημάτων, τα οποία είναι άρρηκτα δεμένα με την πραγματικότητα.

4.2 Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα

Πριν προχωρήσουμε στη μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί θα αναφερθούμε στα νευρωνικά δίκτυα και την αρχιτεκτονική τους. Το ανθρώπινο νευρικό σύστημα μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα σύστημα τριών σταδίων. Το κέντρο του συστήματος είναι ο εγκέφαλος, ο οποίος αναπαρίσταται από το νευρωνικό (νευρικό) δίκτυο (neural network), το οποίο προσλαμβάνει διαρκώς πληροφορίες, τις επεξεργάζεται και λαμβάνει κατάλληλες αποφάσεις. Οι υποδοχείς μετατρέπουν τα ερεθίσματα που προέρχονται από το ανθρώπινο σώμα ή το εξωτερικό περιβάλλον σε ηλεκτρικά σήματα που μεταφέρουν πληροφορία στο νευρικό δίκτυο. Τα δραστικά κύτταρα μετατρέπουν τα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται από το νευρικό δίκτυο σε αισθητές αποκρίσεις.

Σχήμα 4.1 Αναπαράσταση της διαδικασίας Ερέθισμα – Απόκριση



Τα βέλη με κατεύθυνση από τα αριστερά προς τα δεξιά υποδεικνύουν τη μετάδοση των σημάτων πληροφορίας, δηλαδή δείχνουν την πρόσθια τροφοδότηση του συστήματος. Ενώ τα βέλη με κατεύθυνση από δεξιά προς τα αριστερά, σηματοδοτούν την παρουσία ανάδρασης (feedback) στο σύστημα.

Στη γενική του μορφή, ένα νευρωνικό δίκτυο είναι μια μηχανή σχεδιασμένη ώστε να μοντελοποιεί τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος εκτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία ή εργασία. Το δίκτυο υλοποιείται με τη χρήση ηλεκτρονικών συστατικών ή προσομοιώνεται με τη χρήση λογισμικού σε έναν υπολογιστή.

Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι ένας τεράστιος παράλληλος επεξεργαστής με κατανεμημένη αρχιτεκτονική ο οποίος αποτελείται από απλές μονάδες επεξεργασίας

και έχει από τη φύση του τη δυνατότητα να αποθηκεύει εμπειρική γνώση και να την καθιστά διαθέσιμη για χρήση. Μοιάζει στον ανθρώπινο εγκέφαλο σε δύο σημεία. Αρχικά, το γεγονός ότι το δίκτυο προσλαμβάνει τη γνώση από το περιβάλλον του, μέσω μιας διαδικασίας μάθησης και έπειτα στο γεγονός ότι η ισχύς των συνδέσεων μεταξύ των νευρώνων, δηλαδή το αποκαλούμενο συναπτικό βάρος (synaptic weight), χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της γνώσης που αποκτιέται (Haykin, 2009).

Η κατηγορία νευρωνικών δικτύων που θα χρησιμοποιηθεί είναι εκείνη των νευρωνικών δικτύων που εκτελούν χρήσιμους υπολογισμούς αφού εκπαιδευτούν μέσω μιας διαδικασίας μάθησης. Τα νευρωνικά δίκτυα για να επιτύχουν καλή απόδοση χρησιμοποιούν τεράστιο αριθμό απλών διασυνδεδεμένων μεταξύ τους υπολογιστικών κυττάρων, τα οποία αποκαλούνται νευρώνες ή μονάδες επεξεργασίας (Haykin, 1999).

Η διαδικασία μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η μάθηση αποκαλείται αλγόριθμος μάθησης και η λειτουργία του είναι να τροποποιεί τα συναπτικά βάρη (synaptic weights) του δικτύου με τον κατάλληλο τρόπο για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου. Η τροποποίηση των συναπτικών βαρών αποτελεί την πιο γνωστή μέθοδο σχεδιασμού νευρωνικών δικτύων. Ωστόσο, ένα νευρωνικό δίκτυο έχει τη δυνατότητα να τροποποιεί την τοπολογία του θέτοντας ουσιαστικά το συναπτικό βάρος με μηδέν. Αυτό μιμείται τον θάνατο κάποιων νευρώνων του εγκεφάλου, ενώ μπορούν επίσης να αναπτύσσονται νέες συναπτικές συνδέσεις (Haykin, 1999).

Είναι προφανές ότι ένα νευρωνικό δίκτυο οφείλει την υπολογιστική του ισχύ στην παράλληλη, κατανεμημένη δομή του και στην ικανότητά του να εκπαιδεύεται και να προσαρμόζεται. Δηλαδή, το δίκτυο έχει τη δυνατότητα να παράγει λογικές εξόδους σε εισόδους που δεν είχε συναντήσει κατά την εκπαίδευσή του, ή αλλιώς να προσαρμόζει την τοπολογία του με την πρόσθεση ή αφαίρεση νευρώνων.

Αυτές οι δύο δυνατότητες δίνουν στα νευρωνικά δίκτυα τη δυνατότητα να βρίσκουν καλές προσεγγιστικές λύσεις σε μεγάλης κλίμακας πολύπλοκα συστήματα τα οποία δεν επιδέχονται λύσης. Ένα πολύ πολύπλοκο πρόβλημα αποσυντίθεται σε έναν αριθμό σχετικά απλών εργασιών και τα νευρωνικά δίκτυα αναλαμβάνουν ένα υποσύνολο των εργασιών που ταιριάζουν με τις εγγενείς τους δυνατότητες. Αυτό συμβαίνει γιατί τα δίκτυα δεν μπορούν να παρέχουν λύση δουλεύοντας ατομικά, αλλά πρέπει να ενταχθούν σε μία ευρύτερη και συνεπή προσέγγιση ανάπτυξης ενός συστήματος.

Αρχικά, τα νευρωνικά δίκτυα έχουν την ιδιότητα της μη γραμμικότητας. Ένας τεχνητός νευρώνας (artificial neuron) μπορεί να είναι είτε γραμμικός, είτε μη γραμμικός. Ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελούμενο από διασυνδεδεμένους μη γραμμικούς νευρώνες είναι φύσει μη γραμμικό και η μη γραμμικότητα αυτή είναι κατανεμημένη σε όλη την έκταση του δικτύου. Η ιδιότητα αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική αν ο υποκείμενος φυσικός μηχανισμός που είναι υπεύθυνος για την παραγωγή του σήματος εισόδου είναι εκ φύσεως μη γραμμικός (Haykin, 1999).

Η λειτουργία του νευρωνικού δικτύου στηρίζεται στη μαζική, επαναληπτική διασύνδεση απλών υπολογιστικών μονάδων (units), των νευρώνων (neurons). Ο κάθε νευρώνας δέχεται ως είσοδο ένα διάνυσμα (vector) \mathbf{x} και παράγει ως έξοδο ένα στοιχείο y (Σχήμα 4.2), μέσω των εξισώσεων:

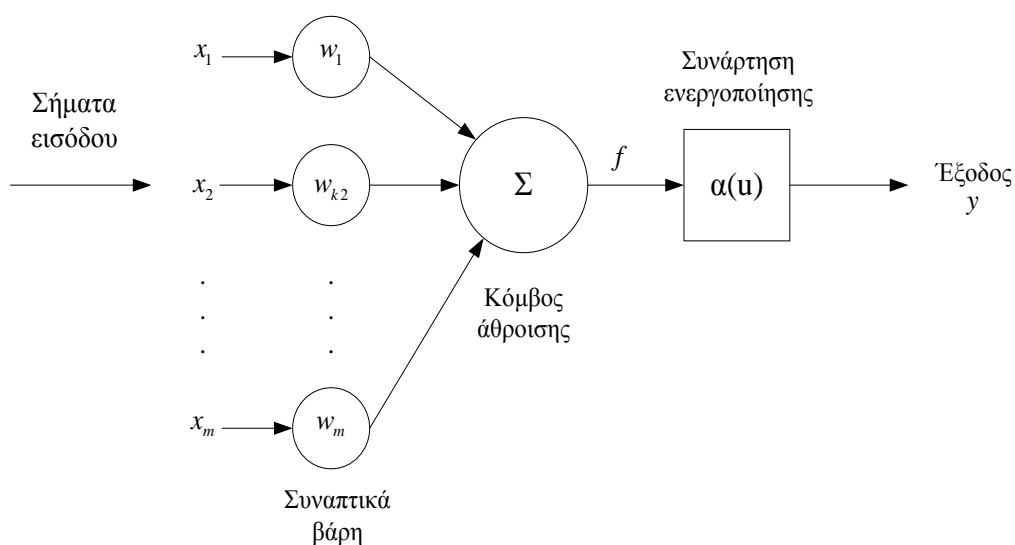
$$U = f(\mathbf{x}, \mathbf{w}) - \theta$$

$$y = a(\mathbf{u})$$

όπου με θ συμβολίζουμε το κατώφλι της ενεργοποίησης (activation threshold). Η f λέγεται συνάρτηση μεταφοράς (transfer function), η οποία συνδυάζει την πληροφορία της εισόδου \mathbf{x} , με τα βάρη \mathbf{w} που αποθηκεύονται στο νευρώνα. Συνήθως είναι της μορφής:

$$f(\mathbf{x}, \mathbf{w}) = \sum_{i=1}^m w_i x_i .$$

Σχήμα 4.2 Γενική μορφή του τεχνητού νευρώνα



Η συνάρτηση α , ονομάζεται συνάρτηση ενεργοποίησης (activation function) και παίρνει συνήθως την εξής μορφή:

$$\alpha(\mathbf{u}) = 1, \text{ αν } \mathbf{u} > 0 \text{ και } \alpha(\mathbf{u}) = 0, \text{ αν } \mathbf{u} < 0$$

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν ουσιαστικά μαζικές διασυνδέσεις της απλής αυτής δομής που αναλύσαμε προηγούμενα. Ο τρόπος με τον οποίο γίνονται οι διασυνδέσεις αυτές καθορίζει τη δομή του δικτύου και συνεπώς τη λειτουργία του. Σύμφωνα με τον Haykin (1999) η αρχιτεκτονική των νευρωνικών δικτύων αφορά την τοπολογική διάταξη αλλά και τη μεθοδολογική δομή πολλαπλών νευρώνων. Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αρχιτεκτονική ενός νευρωνικού δικτύου είναι το πλήθος των στρωμάτων (layers) και οι συνδέσεις ανάμεσα στους νευρώνες. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες αρχιτεκτονικής δικτύων. Πρώτη κατηγορία είναι η αρχιτεκτονική ενός επιπέδου δικτύων πρόσθιας τροφοδότησης (single layer feed forward networks). Σε ένα νευρωνικό δίκτυο, οι νευρώνες οργανώνονται σε μορφή επιπέδων. Στην απλούστερη δυνατή μορφή ενός δικτύου, υπάρχει ένα επίπεδο εισόδου, το οποίο αποτελείται από πηγαίους κόμβους και συνδέεται απευθείας με ένα επίπεδο νευρώνων εξόδου (υπολογιστικοί κόμβοι), αλλά όχι αντίστροφα και αυτό είναι που του δίνει τον χαρακτηρισμό πρόσθιας τροφοδότησης (feedforward). Δεύτερη κατηγορία είναι τα αναδρομικά δίκτυα (recurrent neural network). Διαφέρουν από τα δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης στο ότι έχουν τουλάχιστον έναν βρόχο ανάδρασης. Μπορεί να περιέχουν και βρόχους αυτό-ανάδρασης, που αναφέρεται σε μία κατάσταση όπου η έξοδος ενός νευρώνα ανατροφοδοτείται στην είσοδο του ίδιου νευρώνα. Η τρίτη κατηγορία νευρωνικών δικτύων πρόσθιας τροφοδότησης (multilayer feed forward networks), η οποία είναι και η συνηθέστερη, χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός ή περισσότερων κρυφών επιπέδων, των οποίων οι υπολογιστικοί κόμβοι αποκαλούνται κρυφοί νευρώνες ή κρυφές μονάδες. Ο όρος κρυφός αναφέρεται στο γεγονός ότι αυτό το μέρος του νευρωνικού δικτύου δεν είναι άμεσα ορατό ούτε από την είσοδο ούτε από την έξοδο του δικτύου. Η λειτουργία των κρυφών νευρώνων είναι να παρεμβαίνουν μεταξύ της εξωτερικά προερχόμενης εισόδου και της εξόδου του δικτύου με κάποιο χρήσιμο τρόπο. Προσθέτοντας ένα ή περισσότερα κρυφά επίπεδα, το δίκτυο αποκτά μία γενική προοπτική, παρά τον τοπικό χαρακτήρα των συνδέσεών του, λόγω του επιπλέον

συνόλου συναπτικών συνδέσεων και της επιπλέον διάστασης νευρωνικών αλληλεπιδράσεων.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ένα σημαντικό στοιχείο ενός νευρωνικού δικτύου είναι η μάθηση, η ικανότητα του να προσαρμόζεται, να αλλάζει τα στοιχεία του ώστε να προσεγγίζει την επιθυμητή συμπεριφορά. Σύμφωνα με τους Mendel και McClaren (1970), με σημείο αναφοράς τα νευρωνικά δίκτυα «Μάθηση είναι μια διαδικασία με την οποία προσαρμόζονται οι ελεύθερες παράμετροι ενός νευρωνικού δικτύου μέσω μίας συνεχούς διαδικασίας διέγερσης από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το δίκτυο. Το είδος της μάθησης καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι αλλαγές των παραμέτρων». Το νευρωνικό δίκτυο αρχικά «διεγείρεται» από ένα περιβάλλον, στη συνέχεια υφίσταται αλλαγές σαν συνέπεια αυτής της διέγερσης και τέλος το νευρωνικό δίκτυο «απαντά» με ένα καινούργιο τρόπο στο περιβάλλον, λόγω των αλλαγών που συνέβησαν στην εσωτερική του δομή.

Υπάρχουν δύο είδη τεχνικών μάθησης. Το πρώτο είδος είναι η μάθηση με εποπτεία ή επίβλεψη (supervised learning) που ενσωματώνει μια εξωτερική πηγή (π.χ. τον εκπαιδευτή) ή τη γενική γνώση για το σύστημα. Στην περίπτωση αυτή παρέχεται στο δίκτυο υπό μάθηση η επιθυμητή έξοδος για κάθε είσοδο, ώστε το δίκτυο να μαθαίνει τις σωστές συσχετίσεις μεταξύ εισόδων και εξόδων. Στην κατηγορία αυτή χρησιμοποιείται συνήθως ο αλγόριθμος της οπισθόδρομης διάδοσης (backpropagation method). Το δεύτερο είδος μάθησης είναι η μάθηση χωρίς εποπτεία (unsupervised learning) όπου δεν υπάρχει εξωτερική γνώση αναφοράς αλλά εξαρτάται από τοπικές πληροφορίες και εσωτερικά δεδομένα. Εδώ δεν παρέχεται στο δίκτυο καμιά πληροφορία σχετική με την επιθυμητή έξοδο που αντιστοιχεί σε κάθε είσοδο. Αντίθετα, το δίκτυο αυτο-οργανώνεται και μαθαίνει να ανταποκρίνεται με διαφορετικό τρόπο σε διαφορετικά χαρακτηριστικά της εισόδου. Χαρακτηριστική εφαρμογή της κατηγορίας αυτής είναι τα δίκτυα ανίχνευσης χαρακτηριστικών (feature detection) και ομαδοποίησης (clustering) δεδομένων.

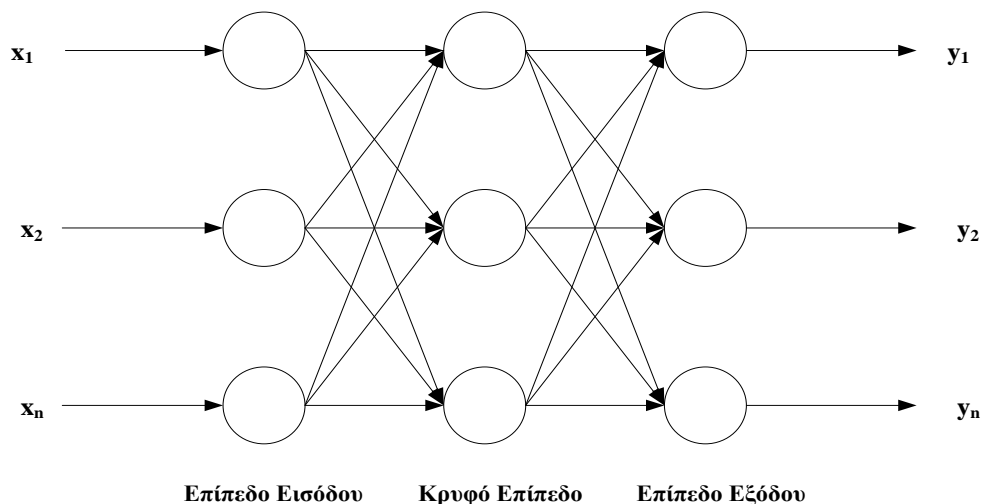
Έχοντας επομένως αναλύσει τα ασαφή συστήματα συλλογιστικής (Κεφάλαιο 1) και τα νευρωνικά δίκτυα μπορούμε να πούμε πως για την υλοποίηση των πρώτων τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των συναρτήσεων συμμετοχής, για την ασαφοποίηση των εισόδων, για την υλοποίηση συναρτήσεων συμμετοχής καθώς και τον συνδυασμό αυτών και τέλος για την από-ασαφοποίηση των

ασαφών ποσοτήτων ώστε να έχουμε αριθμητικές εξόδους. Επιπλέον, τα ασαφή συστήματα μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας πολυεπίπεδα δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης, όπου κάθε επίπεδο υλοποιεί τους υπολογισμούς που απαιτούνται σε κάθε στάδιο ενός ασαφούς συστήματος.

1. Το πρώτο επίπεδο υπολογίζει τις συναρτήσεις συμμετοχής (ασαφοποίηση).
2. Το δεύτερο επίπεδο υλοποιεί τους ασαφείς κανόνες και τους συνδυάζει χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση ελαχίστου (ή μια προσέγγισή της).
3. Το τρίτο επίπεδο συνδυάζει τις ασαφείς τιμές που προκύπτουν χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση του μεγίστου.
4. Το επίπεδο εξόδου υλοποιεί την από-ασαφοποίηση.

Για την υλοποίηση του εν λόγω συστήματος για την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας θα χρησιμοποιηθεί ένα νευρωνικό δίκτυο πρόσθιας τροφοδότησης τριών επιπέδων και η μέθοδος μάθησης που θα χρησιμοποιηθεί είναι η μέθοδος οπισθόδρομης διάδοσης (backpropagation method) (Σχήμα 4.3). Βλέπουμε δηλαδή περισσότερα του ενός κρυφά επίπεδα των οποίων οι κόμβοι υπολογισμού ονομάζονται «κρυφοί νευρώνες». Τυπικά, οι νευρώνες σε κάθε επίπεδο έχουν σαν εισόδους τα σήματα εξόδου του προηγούμενου μόνο επιπέδου. Κάθε κόμβος συνδέεται με όλους τους κόμβους του αμέσως επόμενου επιπέδου.

Σχήμα 4.3 Η δομή του υλοποιημένου νευρωνικού δικτύου



Στη συνέχεια, συμβολίζουμε με $\mathbf{x}(i)$ το διάνυσμα των απαντήσεων του ερωτώμενου για τον i -οστό ερωτώμενο στα στοιχεία-ερωτήσεις $q_1, q_2, q_3, \dots, q_{15}$ δηλαδή

$x(i)=[q_1(i),q_2(i),\dots,q_{15}(i)]$, όπου $q_j(i)$ περιγράφει την απάντηση του i -οστού ερωτώμενου στην ερώτηση q_j και $q_j(i) = 1,2,3,4$ ή 5 , $i= 1, 2,\dots,1090$ και $j=1,2,\dots,15$.

4.3 Μεθοδολογία

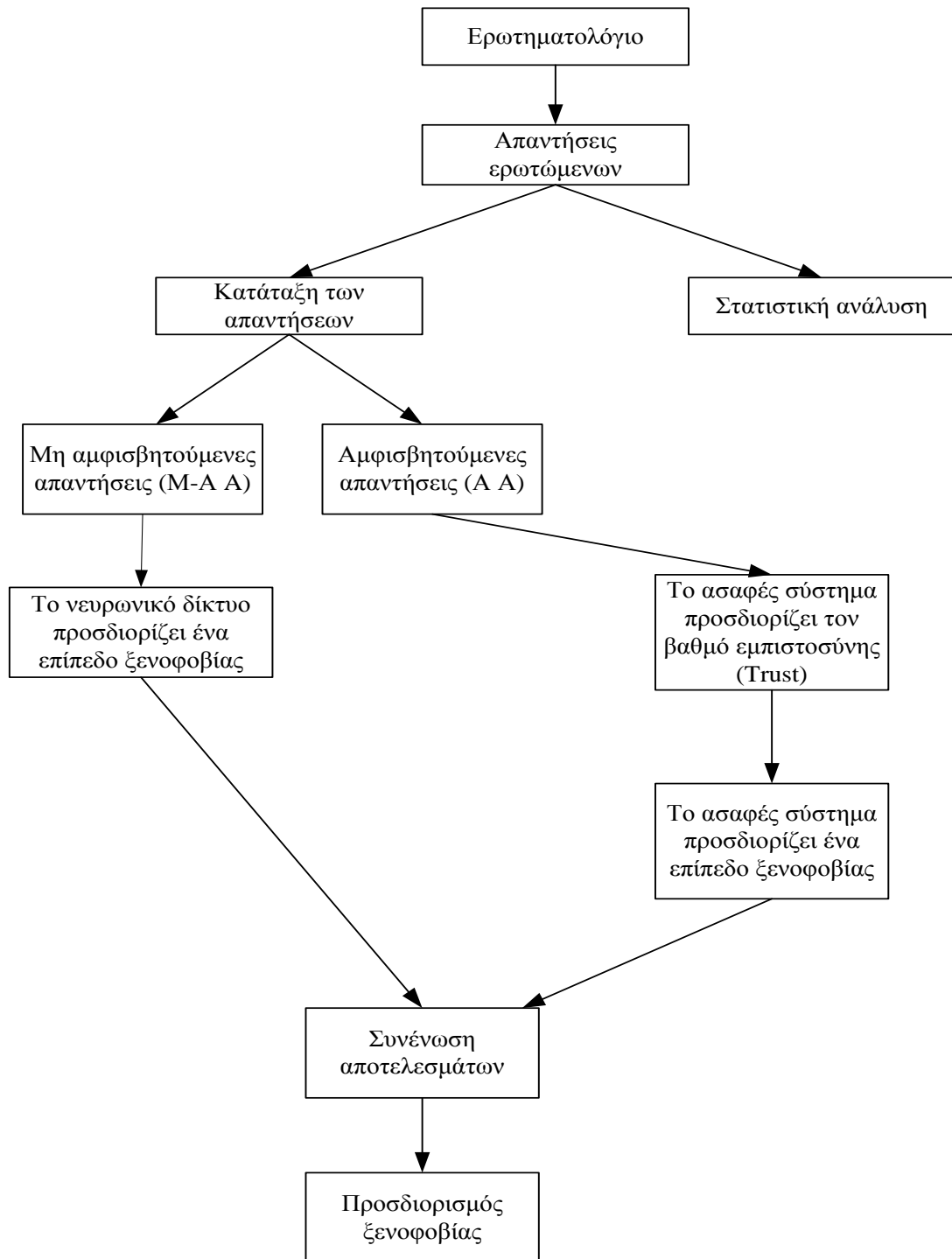
Ο στόχος της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι να αναπτυχθεί ένα νευρο-ασαφές σύστημα το οποίο θα ταξινομεί τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας (Symeonaki κ.ά., 2018). Μια διαδικασία τυπικά μεθοδολογική είναι η μετατροπή των βαθμών ξενοφοβίας σε επίπεδα ξενοφοβίας. Θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 2 για την κλίμακα Likert της ξενοφοβίας (Symeonaki κ.ά., 2014; Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998). Όπως είδαμε η κάθε μονάδα είχε 5 κατηγορίες απαντήσεων που εκτείνονταν από την απόλυτη συμφωνία στην απόλυτη διαφωνία (Πίνακας 2.2, Κεφάλαιο 2, σ. 87).

Οι απαντήσεις των ερωτώμενων στις 15 ερωτήσεις της κλίμακας Likert που μετρά την ξενοφοβία θα χωριστούν σε δύο διαφορετικές κατηγορίες: στις αμφισβητούμενες ερωτήσεις (A A) και στις μη-αμφισβητούμενες ερωτήσεις (M-A A). Θεωρούμε ότι οι μη αμφισβητούμενες ερωτήσεις είναι αυτές που βασίζονται στο γεγονός ότι μπορούμε να ταξινομήσουμε τον ερωτώμενο σε κάποιο επίπεδο ξενοφοβίας χωρίς αβεβαιότητα. Για παράδειγμα, αν το διάνυσμα της απόκρισης του i -οστού ερωτώμενου είναι $x(i) = (1,1,1,\dots,1)$ τότε ο ερωτώμενος μπορεί να ταξινομηθεί στην πρώτη κατηγορία που αντιστοιχεί στα μη ξενοφοβικά άτομα χωρίς αμφιβολία. Ή αν το διάνυσμα της απόκρισης του i -οστού ερωτώμενου είναι $x(i)=(1,1,2,1,\dots,1)$ τότε ο ερωτώμενος μπορεί να ταξινομηθεί στα μη ξενοφοβικά άτομα πάλι χωρίς αβεβαιότητα. Μερικά παραδείγματα των M-A A παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1 Μέρος της ταξινόμησης των μη αμφισβητούμενων απαντήσεων

Απαντήσεις	Επίπεδο ξενοφοβίας
$x=(1,1,\dots,1)$	1
$x=(2,2,\dots,2)$	2
$x=(3,3,\dots,3)$	3
$x=(4,4,\dots,4)$	4
$x=(5,5,\dots,5)$	5
$x=(1,2,1,\dots,1)$	1
$x=(4,4,5, \dots,5)$	5

Σχήμα 4.4 Η δομή του προτεινόμενου συστήματος



Υπάρχουν όμως κάποιες απαντήσεις, τις οποίες θα ονομάσουμε αμφισβητούμενες, οι οποίες δεν οδηγούν σε απόλυτη κατάταξη των αντίστοιχων ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας και θα είχε νόημα να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες για την κατάταξή τους. Για παράδειγμα, αν το διάνυσμα της απόκρισης του i -οστού

ερωτώμενου είναι $\mathbf{x}(i) = (1, 1, 5, 1, 5, 1, \dots, 5, 1)$ τότε η κατάταξη του σε επίπεδο ξενοφοβίας δεν είναι τόσο απλή, όπως στα παραδείγματα που αναφέραμε παραπάνω και επομένως το συγκεκριμένο σύνολο μπορεί να οδηγήσει σε μία αβέβαιη ταξινόμηση. Η δομή του προτεινόμενου ευφυούς συστήματος ταξινόμησης (intelligent classification system) παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.4.

Όπως φαίνεται στη δομή του προτεινόμενου συστήματος (Σχήμα 4.4) η κατάταξη των ερωτώμενων διαχωρίστηκε στις μη αμφισβητούμενες και αμφισβητούμενες απαντήσεις. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος IBM SPSS Statistics Version 24.0 αρχικά υπολογίστηκε ο μέσος όρος που είχε ο κάθε ερωτώμενος στις 15 ερωτήσεις της κλίμακας Likert. Δηλαδή, υπολογίστηκε για κάθε ερωτώμενο το άθροισμα στις 15 ερωτήσεις της κλίμακας Likert, αφού έγιναν οι απαραίτητες αντιστροφές, και έπειτα διαιρέθηκε με το σύνολο του αριθμού των ερωτήσεων. Επομένως είχαμε ως αποτέλεσμα τον μέσο όρο της βαθμολογίας για κάθε ερωτώμενο. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η διαφορά που είχε ο κάθε ερωτώμενος σε κάθε ερώτηση

με τον προαναφερθέντα μέσο όρο, $\overline{xen} = \frac{\sum_{j=1}^m q_j(i)}{m}$, όπου το m υποδηλώνει τον αριθμό

των ερωτήσεων. Δίνουμε στη συνέχεια τους παρακάτω ορισμούς σε μία προσπάθεια αναγνώρισης των αμφισβητούμενων και μη αμφισβητούμενων απαντήσεων:

Ορισμός 4.1 Η απάντηση του i -ιστού ερωτώμενου $\mathbf{x}(i)$ ορίζεται ως αμφισβητούμενη σε επίπεδο d αν $\exists j: |q_j(i) - \overline{xen}| \geq d$.

Ορισμός 4.2 Η απάντηση του i -ιστού ερωτώμενου $\mathbf{x}(i)$ θεωρείται μη αμφισβητούμενη σε επίπεδο d αν $\forall j: |q_j(i) - \overline{xen}| < d$.

Πιο συγκεκριμένα, στη παρούσα ανάλυση αναγνωρίστηκαν οι αμφισβητούμενες ερωτήσεις σε επίπεδο 3, δηλαδή αναγνωρίστηκαν οι απαντήσεις των ερωτώμενων οι οποίες είχαν απόσταση από τη μέση βαθμολογία μεγαλύτερη ή ίση του 3. Πρέπει να σημειωθεί πως δοκιμάστηκαν και επιπλέον αποστάσεις όπως μεγαλύτερη ή ίση του 2, μεγαλύτερη ή ίση του 1. Δεδομένου όμως ότι αυτές οι αποστάσεις οδηγούσαν στο να θεωρηθεί ένα πολύ μεγάλος αριθμός διανυσμάτων απόκρισης ως αμφισβητούμενος, ήταν δηλαδή ένα πολύ αυστηρό κριτήριο, δεχτήκαμε ως βέλτιστη επιλογή το $d = 3$. Αυτό σημαίνει ότι ορίζουμε ως αμφισβητούμενο διάνυσμα απόκρισης ενός

ερωτώμενου, εκείνη για την οποία υπάρχει τουλάχιστον μία επιλεγμένη κατηγορία σε μία ερώτηση-μονάδα, της οποίας η απόλυτη διαφορά από τη μέση βαθμολογία του είναι μεγαλύτερη ή ίση του 3. Για παράδειγμα, αν για τον i -στο ερωτώμενο η σειρά των απαντήσεων του είναι αυτή που εμφανίζεται στο διάνυσμα απόκρισης $\mathbf{x}(i)=[5,1,1,\dots,1]$, τότε το διάνυσμα αυτό θα αναγνωριστεί ως αμφισβητούμενο δεδομένου ότι:
$$\exists_j = 1 : |q_1(i) - \overline{xen}| = |5 - 1.26| = 3.73 \geq 3.$$

Επομένως ερωτώμενοι που μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν αμφισβητούμενες απαντήσεις είναι όσοι έχουν επιλέξει σε κάποια ερώτηση μία κατηγορία που οδηγεί σε απόσταση από τη μέση βαθμολογία μεγαλύτερη ή ίση του 3. Συνολικά αναγνωρίστηκαν 160 άτομα των οποίων οι απαντήσεις εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία. Κατά συνέπεια, το δείγμα χωρίστηκε σε δύο κατηγορίες: στους ερωτώμενους με M-A A (N=930) και στους ερωτώμενους με A-A (N=160).

Το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο που αναπτύχθηκε προσδιορίζει το επίπεδο της ξενοφοβίας των ερωτώμενων στην περίπτωση των μη αμφισβητούμενων απαντήσεων. Για την περίπτωση των αμφισβητούμενων απαντήσεων κατασκευάζουμε δύο ασαφή συστήματα, καθώς η κατάταξη δεν είναι προφανής και στην προσπάθεια να προσομοιώσουμε τον τρόπο κατάταξης του ερωτώμενου σε επίπεδα ξενοφοβίας λαμβάνουμε υπόψη μας έναν αριθμό άλλων παραγόντων. Εκμεταλλευόμαστε, δηλαδή τη συμβολική γνώση των εμπείρων του συστήματος και πιο συγκεκριμένα τη γνώση, η οποία εκφράζεται με τη μορφή κανόνων. Το πρώτο από τα δύο ασαφή συστήματα υπολογίζει με την ανάλυση κάποιων παραγόντων τον βαθμό Εμπιστοσύνης, στον οποίο εμείς πιστεύουμε πως κάποιος είναι ξενοφοβικός ή όχι και κατά πόσο, και με τον οποίο θα βαθμολογηθεί η συγκεκριμένη απάντηση. Το δεύτερο ασαφές σύστημα εξάγει το επίπεδο ξενοφοβίας λαμβάνοντας υπόψη την Εμπιστοσύνη (που είναι η έξοδος του πρώτου ασαφούς συστήματος) και τον συνολικό βαθμό (score) που έχει ο κάθε ερωτώμενος αθροίζοντας τις απαντήσεις της συγκεκριμένης κλίμακας Likert. Στη συνέχεια προσδιορίζεται ένα τελικό επίπεδο για κάθε ερωτώμενο βάσει των αποτελεσμάτων (εξόδων) των προηγούμενων συστημάτων.

Η ανάπτυξη του ασαφούς νευρωνικού συστήματος συλλογιστικής θα στηριχτεί στη θεωρία της ασαφούς λογικής (Κεφάλαιο 1) και των νευρωνικών δικτύων τα οποία παρουσιάστηκαν στο υποκεφάλαιο 4.2. Πιο συγκεκριμένα, και όσον αφορά τα ασαφή συστήματα θα οριστούν οι συναρτήσεις συμμετοχής για όλες τις εισόδους των δύο

συστημάτων καθώς και οι συναρτήσεις συμμετοχής για τις εξόδους του συστήματος, θα κατασκευαστούν οι κανόνες που θα διέπουν το σύστημα και τέλος θα εκτιμηθεί το επίπεδο της ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο με αμφισβητούμενες απαντήσεις. Το επίπεδο ξενοφοβίας για τους ερωτώμενους με μη αμφισβητούμενες απαντήσεις θα προκύψει από το νευρωνικό δίκτυο και στη συνέχεια, με τη συνένωση των αποτελεσμάτων, θα οδηγηθούμε σε ένα τελικό επίπεδο ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο.

4.4 Ένα νευρο-ασαφές σύστημα για την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας

4.4.1 Σύστημα προσδιορισμού επιπέδου ξενοφοβίας ερωτώμενου: Μη αμφισβητούμενες απαντήσεις

Στην προηγούμενη ενότητα περιγράψαμε αναλυτικά τη διαδικασία που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση της αυτόματης κατάταξης σε επίπεδα ξενοφοβίας των ερωτώμενων. Αναφέραμε ότι οι απαντήσεις των ερωτώμενων στην κλίμακα Likert χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις αμφισβητούμενες και τις μη αμφισβητούμενες. Για την δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιήθηκε ένα νευρωνικό δίκτυο για την εξαγωγή του αποτελέσματος. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί επίσης μια αλγοριθμική μέθοδος για την εξαγωγή του αποτελέσματος. Δεδομένου όμως ότι ενδιαφερόμαστε για την επέκταση και εφαρμογή του συστήματος που υλοποιούμε σε πολυπλοκότερα προβλήματα, η χρήση του τεχνητού νευρωνικού δικτύου είναι η καταλληλότερη. Οι μη αμφισβητούμενες απαντήσεις επομένως (N=930) τοποθετήθηκαν σε ένα νευρωνικό δίκτυο στην εργαλειοθήκη Neural Networks του περιβάλλοντος της Matlab R2014a. Ένα νευρωνικό δίκτυο για να υλοποιηθεί χρειάζεται μία είσοδο και μία έξοδο. Στο συγκεκριμένο νευρωνικό δίκτυο οι εισοδοί που τοποθετήθηκαν ήταν οι απαντήσεις των ερωτώμενων και ως έξοδος τοποθετήθηκε το επίπεδο ξενοφοβίας σε τιμές που ανήκουν στο διάστημα [1 5]. Το επίπεδο ξενοφοβίας προκύπτει από την επανακωδικοποίηση του συνολικού βαθμού του κάθε ερωτώμενου. Το δίκτυο που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα νευρωνικό δίκτυο τριών επιπέδων και χρησιμοποιεί τη μέθοδο Back Propagation για τη μάθηση του νευρωνικού δικτύου. Το νευρωνικό δίκτυο στη συνέχεια είχε ως αποτέλεσμα ένα (νευρωνικό) επίπεδο ξενοφοβίας λαμβάνοντας υπόψη τις απαντήσεις των ερωτήσεων. Για να επαληθεύσουμε τη μέθοδο και τα αποτελέσματα του νευρωνικού δικτύου, μέσω του

προγράμματος της Matlab, κάναμε επιπλέον χρήση του λογισμικού προγράμματος IBM SPSS Statistics Version 24.0 και συγκεκριμένα της κατηγορίας εντολών Analyze → Neural Networks. Τα δεδομένα εισήχθησαν κατά τον ίδιο τρόπο. Στην είσοδο τοποθετήθηκαν οι M-A A της κλίμακας Likert και ως έξοδος τοποθετήθηκε το επίπεδο ξενοφοβίας του κάθε ερωτώμενου. Το νευρωνικό δίκτυο είχε ως αποτέλεσμα ένα (νευρωνικό) επίπεδο ξενοφοβίας για κάθε ερωτώμενο. Πράγματι, τα επίπεδα ξενοφοβίας που προέκυψαν και με τα δύο λογισμικά προγράμματα είναι παρόμοια με ελάχιστες διαφορές και άρα ισχυροποιείται η μέθοδος που ακολουθήθηκε. Τα αποτελέσματα των 928 ερωτώμενων με M-A A θα παρουσιαστούν στο τέλος του παρόντος Κεφαλαίου μαζί με τα ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας που θα προκύψουν από τα δύο ασαφή συστήματα, τα οποία θα αναλύσουμε και θα κατασκευάσουμε στη συνέχεια του Κεφαλαίου. Για την ακρίβεια θα παρουσιαστούν ενδεικτικά τα νευρο-ασαφή επίπεδα για 56 ερωτώμενους.

4.4.2 Σύστημα προσδιορισμού επιπέδου ξενοφοβίας ερωτώμενου:

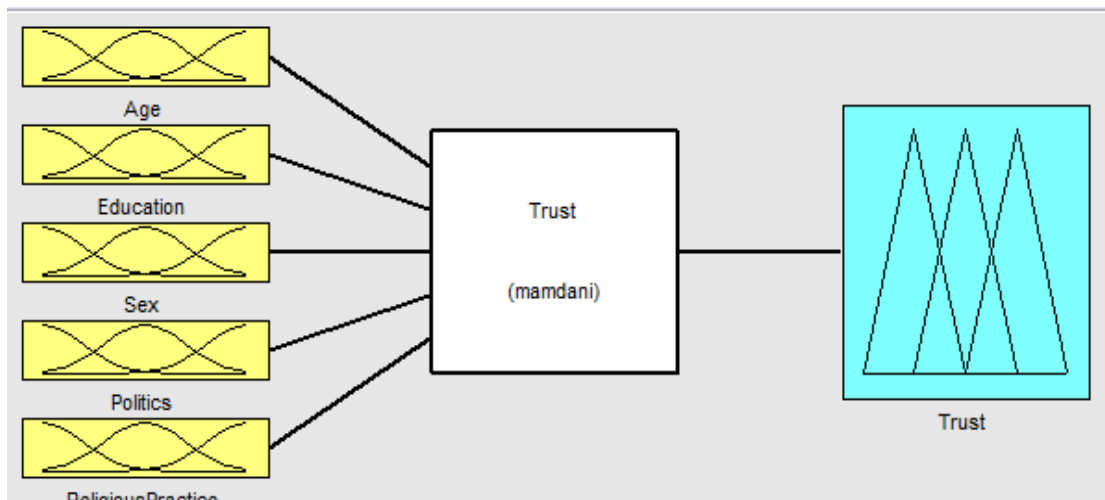
Αμφισβητούμενες απαντήσεις

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στις περιπτώσεις όπου η κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας με βάση τις απαντήσεις τους, πραγματοποιείται χωρίς αβεβαιότητα. Στη συνέχεια της ενότητας αυτής θα ασχοληθούμε με την κατάταξη των αμφισβητούμενων περιπτώσεων (N=160), όπου η κατάταξη των ερωτώμενων σε κάποιο επίπεδο δεν μπορεί να γίνει χωρίς αβεβαιότητα. Για την αξιολόγηση των απαντήσεων θα ληφθούν υπόψη τους κάποιοι παράγοντες όπως τα δημογραφικά στοιχεία και ο συνολικό βαθμός (score) που έχει ο κάθε ερωτώμενος στην κλίμακα Likert που μετρά την ξενοφοβία. Για τη μοντελοποίηση των αδιευκρίνιστων περιπτώσεων θα σχεδιαστούν και θα υλοποιηθούν δύο ασαφή συστήματα συλλογιστικής, τα οποία αναλύονται παρακάτω. Η υλοποίηση θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια της εργαλειοθήκης Fuzzy Logic του περιβάλλοντος της MATLAB R2014a, το οποίο χρησιμοποιήθηκε επίσης στο Κεφάλαιο 2. Η διαδικασία με την οποία θα κατασκευαστούν τα δύο ασαφή συστήματα παρουσιάζει ομοιότητες με αυτήν που ακολουθήθηκε στο Κεφάλαιο 2 για την κατασκευή του ασαφούς συστήματος συλλογιστικής για την ξενοφοβία.

Το πρώτο ασαφές σύστημα υπολογίζει την Εμπιστοσύνη (Trust) με την οποία θα κατατάξουμε τον ερωτώμενο. Η Εμπιστοσύνη είναι ένας αριθμός από 0 έως το 1 και χρησιμοποιείται για την κατάταξη του ερωτώμενου στα επίπεδα ξενοφοβίας. Με τον όρο «Εμπιστοσύνη» αναφερόμαστε στον βαθμό εμπιστοσύνης, δηλαδή στο κατά πόσο είμαστε σίγουροι πως ο i -ιοστός ερωτώμενος είναι ξενοφοβικός ή όχι και κατά πόσο. Η κατάταξη αυτή θα λάβει υπόψη της επιπλέον δημογραφικές πληροφορίες για τον ερωτώμενο.

Το σύστημα έχει πέντε εισόδους και μία έξοδο. Οι εισοδοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατάταξη της κάθε αμφισβητούμενης απάντησης: η Ηλικία (Age), η Εκπαίδευση (Education), το Φύλο (Sex), η Πολιτική Στάση (Politics) και η Συχνότητα Εκκλησιασμού (ReligiousPractice). Οι παραπάνω μεταβλητές εισόδου χρησιμοποιήθηκαν και στο Κεφάλαιο 2. Η έξοδος είναι μία: η Εμπιστοσύνη. Στο Σχήμα 4.5 αναπαρίστανται οι εισοδοί και η έξοδος του συστήματος.

Σχήμα 4.5 Οι εισοδοί και η έξοδος του συστήματος



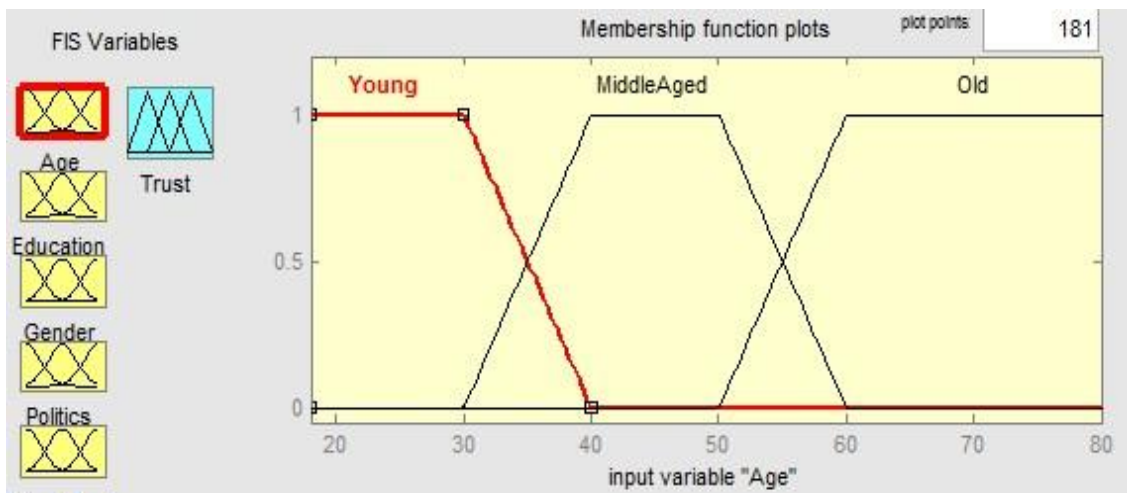
Ορίζουμε με $\mathbf{z}(i)$ το διάνυσμα εισόδου για τον i -ιοστό ερωτώμενο. Για παράδειγμα: $\mathbf{z}(i) = [\text{Age}(i), \text{Education}(i), \text{Sex}(i), \text{Politics}(i), \text{ReligiousPractice}(i)]$. Μια πιθανή πραγματοποίηση θα μπορούσε να είναι η παρακάτω

$$\mathbf{z}(i) = [23, 4, 1, 5, 3]$$

για τον i -ιοστό ερωτώμενο, δηλαδή ο συγκεκριμένος ερωτώμενος έχει ηλικία ίση με 23 έτη, έχει ολοκληρώσει το 4^ο επίπεδο εκπαίδευσης, είναι άντρας, είναι πολιτικά στο κέντρο, ενώ η συχνότητα εκκλησιασμού του είναι μεσαία.

Αφού γίνει ο προσδιορισμός των μεταβλητών εισόδου και εξόδου καθώς και του εύρους των τιμών τους πρέπει στη συνέχεια να ασαφοποιηθούν οι εισόδου. Ορίστηκαν οι ασαφείς διαμερίσεις A^1, A^2, A^3, A^4, A^5 στα πεδία ορισμού των ασαφών μεταβλητών Age, Education, Gender, Politics και Religious Practice, αντίστοιχα. Ορίστηκαν δηλαδή πέντε εισόδοι στο σύστημα με σκοπό την πρόβλεψη του βαθμού Εμπιστοσύνης για κάθε ερωτώμενο. Ασαφής διαμέριση B, τάξης 3, ορίζουμε και στο πεδίο ορισμού της εξόδου, το οποίο όπως αναφέραμε και προηγουμένως είναι το $[0,1]$. Για τις εισόδους και την έξοδο του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν τραπεζοειδείς και τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής. Η έξοδος ταξινομήθηκε σε 3 επίπεδα δηλαδή χαμηλή (θεωρούμε πως ο βαθμός εμπιστοσύνης είναι χαμηλός και άρα δεν πιστεύουμε πως ο ερωτώμενος είναι ξενοφοβικός), μεσαία και υψηλή εμπιστοσύνη (είμαστε βέβαιοι πως ο ερωτώμενος είναι ξενοφοβικός). Οι ασαφείς διαμερίσεις όπως είδαμε και στο Κεφάλαιο 2 είναι γλωσσικές αναπαραστάσεις των πεδίων ορισμού και συνεπώς τα στοιχεία τους είναι γλωσσικοί όροι της μορφής «ΜΙΚΡΟΣ», «ΜΕΓΑΛΟΣ» κ.λπ. Στο Σχήμα 4.6 αναλύεται η ασαφής διαμέριση της πρώτης εισόδου.

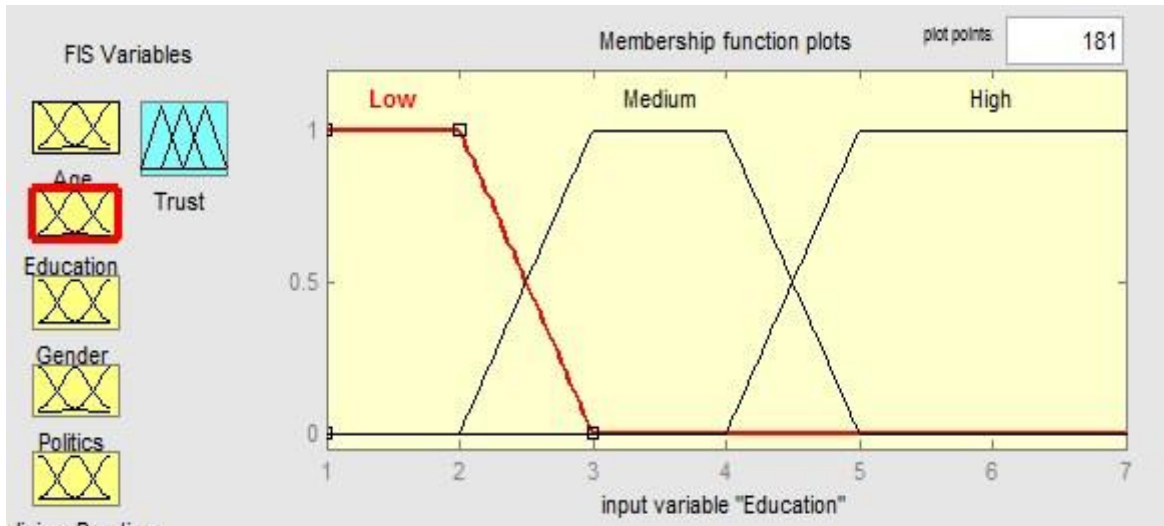
Σχήμα 4.6 Ασαφής διαμέριση της 1^{ης} εισόδου: Ηλικία (Age)



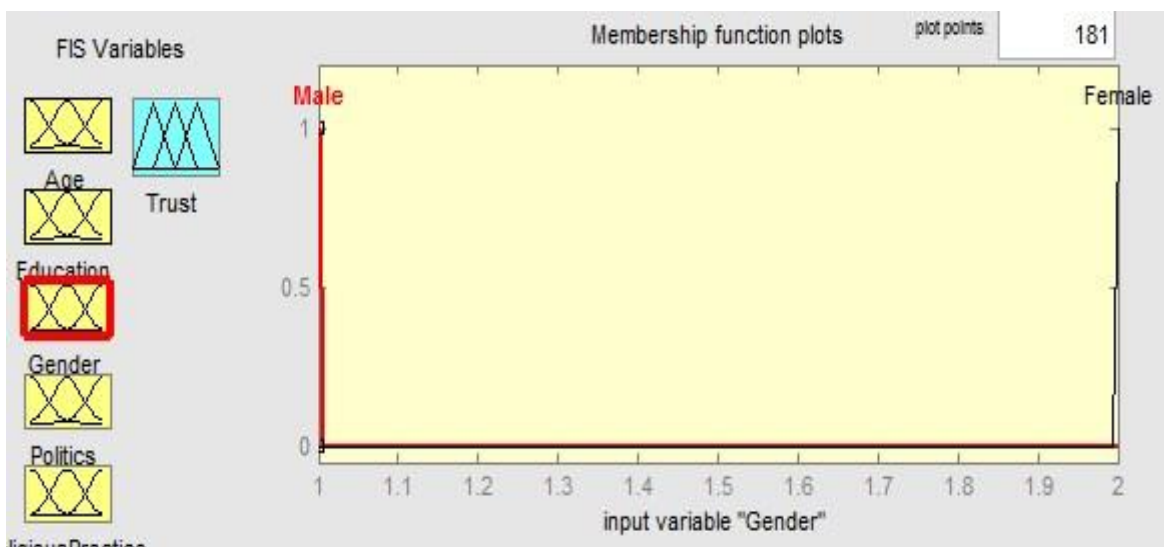
Αν η τιμή της εισόδου είναι για παράδειγμα ίση με 25 ή 75, τότε μπορούμε να πούμε πως ο ερωτώμενος είναι 100% Νέος ή 100% Ηλικιωμένος. Αν όμως η τιμή εισόδου είναι ίση με 35 τότε ο ερωτώμενος είναι κατά 0,5 νέος και κατά 0,5 Μέσης Ηλικίας. Ο παραπάνω τρόπος αντιμετώπισης, η χρήση δηλαδή των ασαφών διαμερίσεων, πλησιάζει προφανώς πολύ περισσότερο στην πραγματικότητα, γιατί προσομοιώνει

καλύτερα τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Στα Σχήματα 4.7 έως 4.10 που ακολουθούν αναπαρίστανται οι ασαφείς διαμερίσεις των άλλων 4 εισόδων.

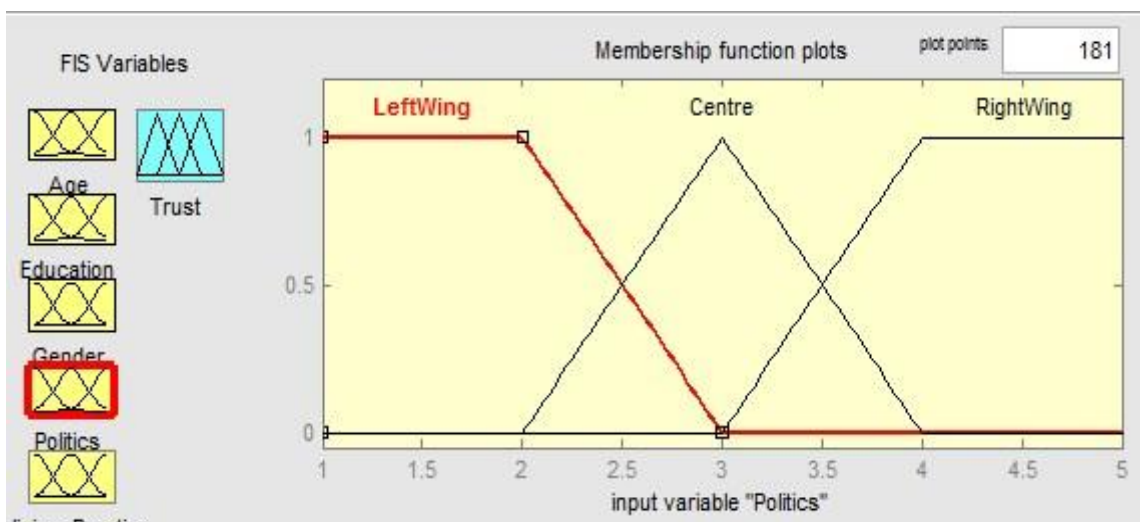
Σχήμα 4.7 Ασαφής διαμέριση της 2^{ης} εισόδου: Εκπαίδευση (Education)



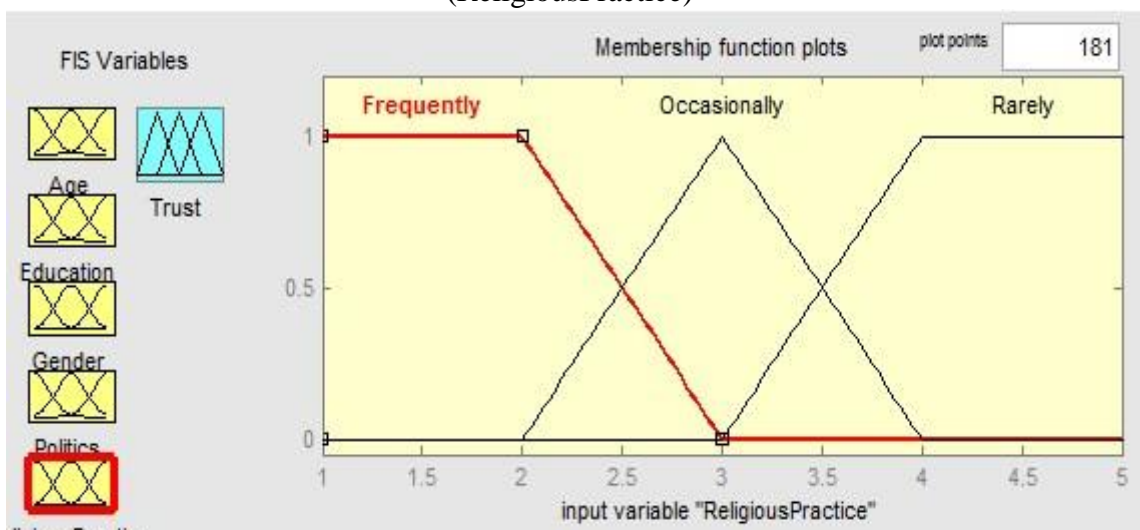
Σχήμα 4.8 Ασαφής διαμέριση της 3^{ης} εισόδου: Φύλο (Sex)



Σχήμα 4.9 Ασαφής διαμέριση της 4^{ης} εισόδου: Πολιτική στάση (Politics)



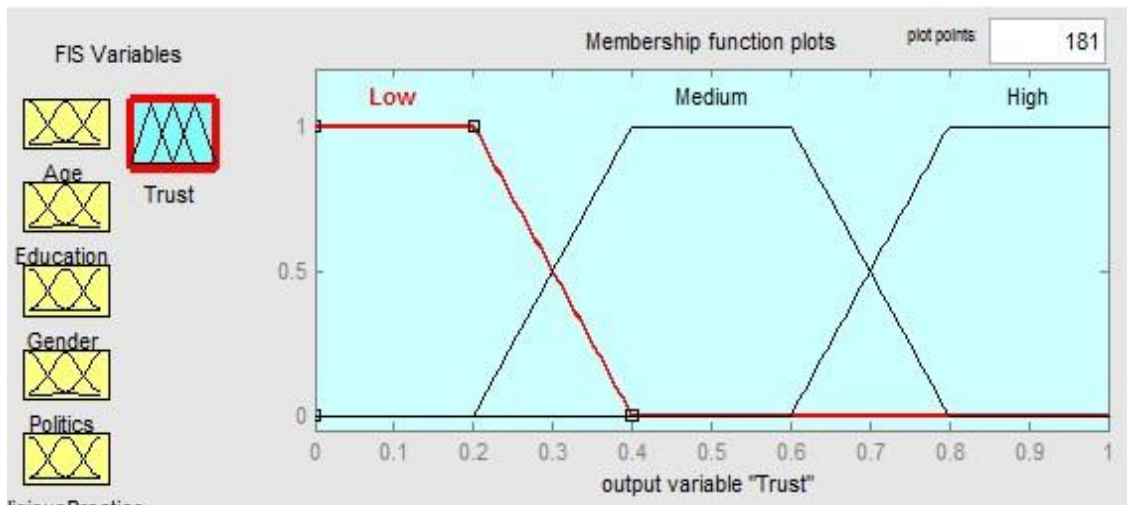
Σχήμα 4.10 Ασαφής διαμέριση της 5^{ης} εισόδου: Συχνότητα εκκλησιασμού (ReligiousPractice)



Η έξοδος του συστήματος είναι και αυτή ορισμένη με τον ίδιο τρόπο όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.11.

Το επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε τους κανόνες με τους οποίους θα διέπεται το σύστημα. Οι κανόνες αυτοί παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Σχήμα 4.11 Ασαφής διαμέριση της εξόδου: Εμπιστοσύνη (Trust)



Πίνακας 4.2 Ασαφείς κανόνες συλλογιστικής για τον βαθμό Εμπιστοσύνης

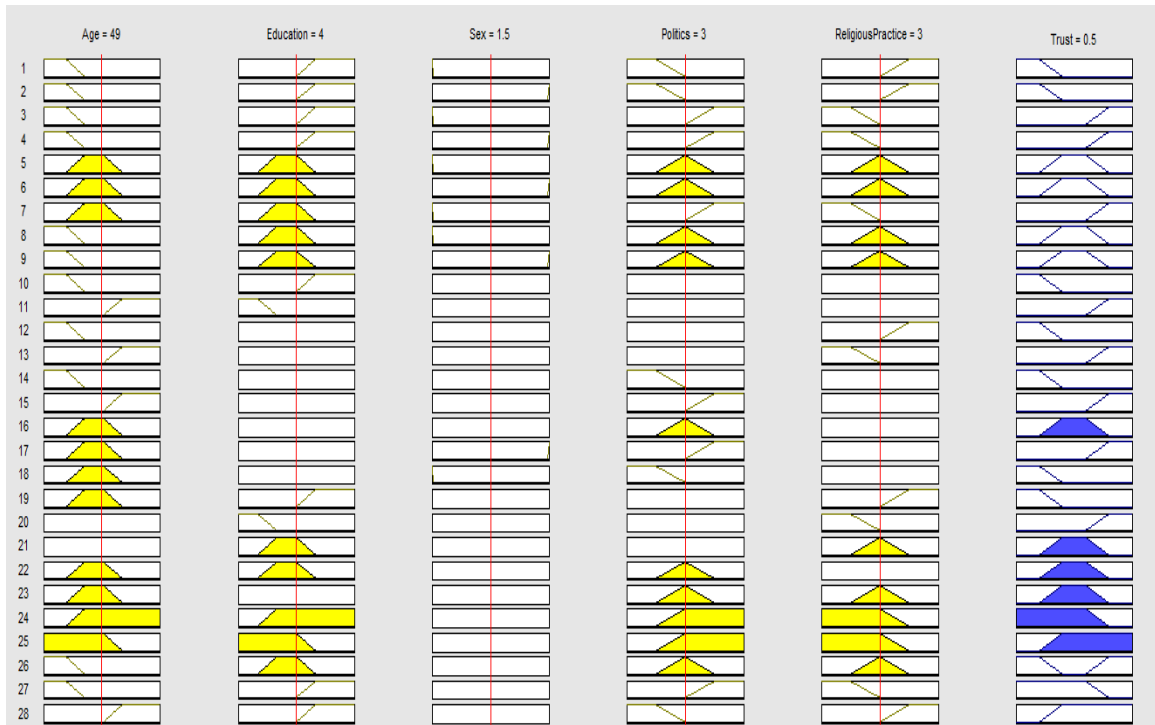
A/A	Κανόνες
1	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
2	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
3	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
4	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
5	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
6	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
7	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
8	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
9	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
10	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
11	Αν (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)

Πίνακας 4.2 Συνεχίζεται...

A/A	Κανόνες
11	Αν (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
12	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
13	Αν (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
14	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
15	Αν (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
16	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
17	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
18	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
19	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή)
20	Αν (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή)
21	Αν (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
22	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
23	Αν (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία)
24	Αν (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη δεν είναι Υψηλή)
25	Αν (Ηλικία δεν είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη δεν είναι Χαμηλή)
26	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Εμπιστοσύνη δεν είναι Μεσαία)
27	Αν (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Εμπιστοσύνη δεν είναι Υψηλή)
28	Αν (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Εμπιστοσύνη δεν είναι Χαμηλή)

Μια αναλυτική αναπαράσταση των κανόνων φαίνεται στο Σχήμα 4.12. Οι τιμές των εισόδων είναι τυχαία ορισμένες στο μέσο του πεδίου τιμών.

Σχήμα 4.12 Οι κανόνες που διέπουν το σύστημα ασαφούς συλλογιστικής



Έπειτα, με τη διαδικασία της από-ασαφοποίησης θα έχουμε ως αποτέλεσμα μία έξοδο ή έναν βαθμό Εμπιστοσύνης για κάθε ερωτώμενο που αντιστοιχεί σε ένα αμφισβητούμενο διάνυσμα απόκρισης. Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η έξοδος του βαθμού εμπιστοσύνης για τους 160 ερωτώμενους με αμφισβητούμενες απαντήσεις. Για παράδειγμα, για τον ερωτώμενο 15 είμαστε βέβαιοι κατά 0,15 πως δεν είναι ξενοφοβικός. Αντίθετα, για τον ερωτώμενο 50 είμαστε σίγουροι κατά 0,84 πως είναι ξενοφοβικός. Δηλαδή ο βαθμός εμπιστοσύνης που έχουμε είναι μεγάλος, ενώ στην περίπτωση του 15^{ου} ερωτώμενου ο βαθμός εμπιστοσύνης δεν είναι τόσο σημαντικός.

Πίνακας 4.3 Η έξοδος του βαθμού εμπιστοσύνης

A/A	Ερωτώμενος	Επίπεδο ξеноφοβίας	A/A	Ερωτώμενος	Επίπεδο ξеноφοβίας
1	4	0,51	49	376	0,35
2	15	0,15	50	390	0,84
3	18	0,48	51	407	0,16
4	24	0,19	52	422	0,48
5	34	0,61	53	427	0,65
6	35	0,65	54	432	0,44
7	37	0,15	55	433	0,84
8	60	0,17	56	445	0,5
9	64	0,48	57	448	0,36
10	65	0,48	58	461	0,84
11	68	0,35	59	463	0,5
12	69	0,65	60	467	0,84
13	101	0,65	61	485	0,84
14	144	0,48	62	488	0,16
15	146	0,15	63	489	0,63
16	147	0,45	64	491	0,84
17	155	0,48	65	503	0,62
18	158	0,21	66	516	0,15
19	179	0,36	67	517	0,15
20	202	0,34	68	521	0,15
21	215	0,84	69	527	0,84
23	235	0,48	70	533	0,48
24	236	0,18	71	543	0,65
25	239	0,43	72	580	0,84
26	246	0,65	73	588	0,84
27	247	0,84	74	592	0,65
28	249	0,65	75	615	0,84
29	262	0,66	76	624	0,5
30	268	0,5	77	629	0,84
31	271	0,15	78	636	0,48
32	282	0,48	79	644	0,84
33	284	0,84	80	645	0,65
34	294	0,15	81	652	0,84
35	302	0,39	82	654	0,34
36	306	0,84	83	657	0,84
37	311	0,84	84	662	0,84
38	314	0,65	85	666	0,84
39	317	0,5	86	668	0,15
40	325	0,36	87	676	0,35
44	355	0,47	91	720	0,15
45	356	0,15	92	737	0,34
46	361	0,5	93	738	0,84
47	368	0,84	94	751	0,65
48	373	0,36	95	752	0,84
96	755	0,84	129	1006	0,84
97	769	0,5	130	1010	0,84
98	790	0,15	131	1012	0,65
99	802	0,15	132	1020	0,84

Πίνακας 4.3 Συνεχίζεται....

A/A	Ερωτώμενος	Επίπεδο ξеноφοβίας	A/A	Ερωτώμενος	Επίπεδο ξеноφοβίας
100	806	0,84	133	1024	0,34
101	807	0,65	134	1026	0,84
102	809	0,35	135	1030	0,84
103	813	0,84	136	1032	0,65
104	818	0,82	137	1040	0,65
105	822	0,51	138	1041	0,84
106	828	0,37	139	1050	0,4
107	835	0,84	140	1054	0,65
108	846	0,65	141	1067	0,84
109	847	0,46	142	1068	0,35
110	863	0,79	143	1077	0,84
111	866	0,51	144	1085	0,54
112	874	0,66	145	1091	0,5
113	884	0,84	146	1097	0,83
114	885	0,84	147	1110	0,51
115	895	0,65	148	1114	0,53
116	900	0,84	149	1125	0,84
117	907	0,65	150	1130	0,84
118	910	0,15	151	1131	0,65
119	929	0,65	152	1133	0,65
120	950	0,51	153	1138	0,43
121	958	0,7	154	1146	0,44
122	959	0,47	155	1147	0,66
123	974	0,15	156	1158	0,15
124	975	0,65	157	1159	0,65
125	980	0,55	158	1167	0,48
126	981	0,84	159	1168	0,65
127	984	0,65	160	1197	0,51
128	1003	0,84			

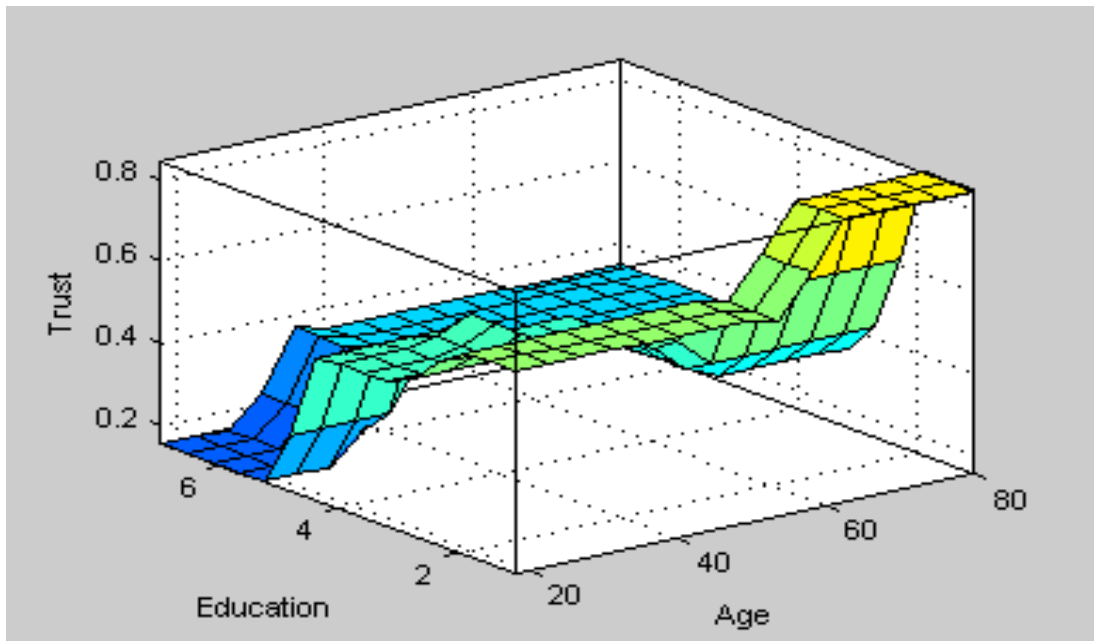
Το πεδίο ορισμού του συστήματος φαίνεται στο Σχήμα 4.13.

Στη συνέχεια και αφού έχουμε αποκτήσει τον βαθμό της Εμπιστοσύνης θα προχωρήσουμε στην ανάπτυξη του δεύτερου ασαφούς συστήματος συλλογιστικής το οποίο θα κατατάξει τους ερωτώμενους με αμφισβητούμενες απαντήσεις σε επίπεδα ξеноφοβίας. Τα δύο ασαφή συστήματα μαζί με το νευρωνικό σύστημα θα δώσουν την τελική κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξеноφοβίας.

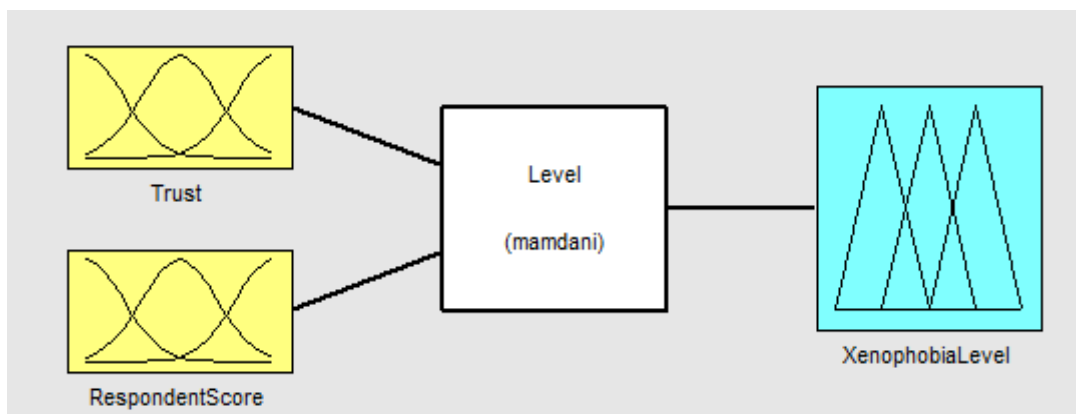
Το δεύτερο ασαφές σύστημα υπολογίζει την κατάταξη του ερωτώμενου και πιο συγκεκριμένα με βάση τον βαθμό Εμπιστοσύνης σχεδιάστηκε ένα ασαφές σύστημα για την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξеноφοβίας. Το σύστημα έχει δύο εισόδους και μία έξοδο. Η πρώτη είσοδος είναι ο βαθμός Εμπιστοσύνης (Trust) και η δεύτερη είσοδος είναι ο συνολικός βαθμός (RespondentScore) του κάθε ερωτώμενου στην

κλίμακα Likert. Η έξοδος του συστήματος (Xenophobia Level) είναι ένας αριθμός από το 1 έως το 5 που αντιστοιχεί στα πέντε επίπεδα ξενοφοβίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι το αποτέλεσμα στις αμφισβητούμενες περιπτώσεις μπορεί να είναι και δεκαδικός αριθμός. Στο Σχήμα 4.14 φαίνονται οι είσοδοι και η έξοδος του συστήματος.

Σχήμα 4.13 Το πεδίο ορισμού του συστήματος



Σχήμα 4.14 Οι είσοδοι και η έξοδος του συστήματος



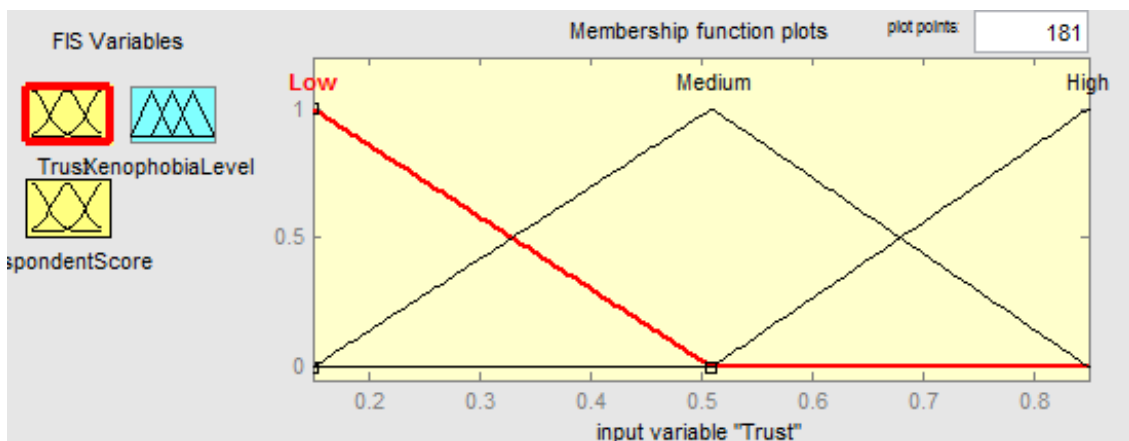
Ορίζουμε με $\mathbf{v}(i)$ το διάνυσμα εισόδου για τον i -οστό ερωτώμενο. Για παράδειγμα: $\mathbf{v}(i) = [\text{val}(\text{Trust})(i), \text{val}(\text{RespondentScore})]$. Μια πιθανή πραγματοποίηση θα μπορούσε να είναι η παρακάτω:

$$\mathbf{v}(i) = [0,52, 40]$$

για τον i -ιοστό ερωτώμενο. Αυτό θα αντιστοιχούσε σε έναν ερωτώμενο για τον οποίο το 1^ο ασαφές σύστημα υπολόγισε ότι είναι ξενοφοβικός κατά 0,52 και το ξενοφοβικό σκορ του είναι ίσο με 40.

Αφού γίνει ο προσδιορισμός των μεταβλητών εισόδου και εξόδου και του εύρους των τιμών τους πρέπει στη συνέχεια να ασαφοποιηθούν οι εισοδοί. Ορίζουμε ως ασαφείς διαμερίσεις A^1 και A^2 στα πεδία ορισμού των ασαφών μεταβλητών Trust και RespondentScore, αντίστοιχα. Το B υποδηλώνει την ασαφή διαμέριση στο πεδίο ορισμού του Επιπέδου (Level). Στο Σχήμα 4.15 φαίνονται οι τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής της πρώτης εισόδου, του βαθμού εμπιστοσύνης.

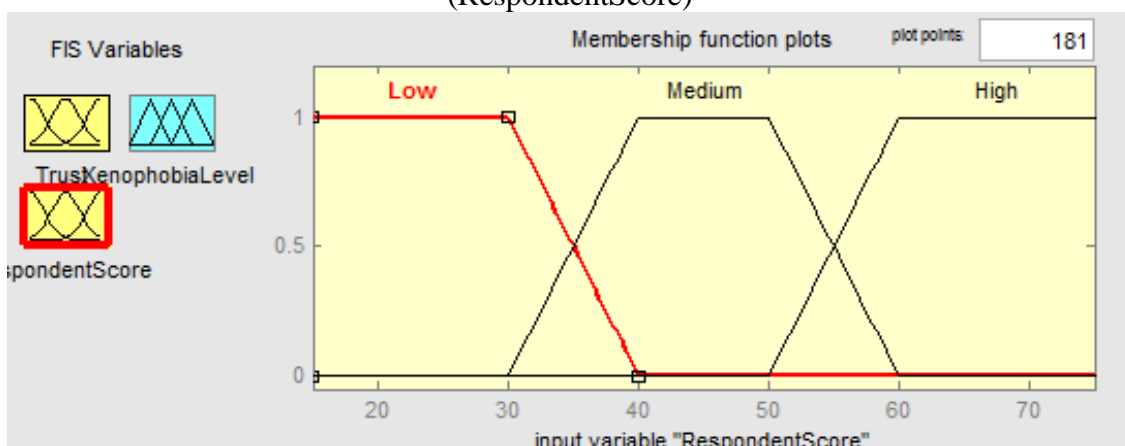
Σχήμα 4.15 Ασαφής διαμέριση της 1^{ης} εισόδου: Εμπιστοσύνη (Trust)



Οι τιμές που παίρνει η εμπιστοσύνη, όπως προκύπτει από το 1^ο ασαφές σύστημα, κυμαίνονται από 0,15 έως 0,85. Οι τιμές του άξονα X καλύπτονται από δύο συναρτήσεις συμμετοχής. Αν για παράδειγμα πάρουμε για είσοδο μία τιμή ίση με 0,33 θεωρούμε ότι η εμπιστοσύνη είναι κατά 0,5 μικρή και κατά 0,5 μεσαία. Θεωρούμε όπως και στα προηγούμενα ότι οι γλωσσικές διαμερίσεις είναι γλωσσικοί όροι της μορφής Χαμηλή (Low), Μεσαία (Middle) και Υψηλή (High).

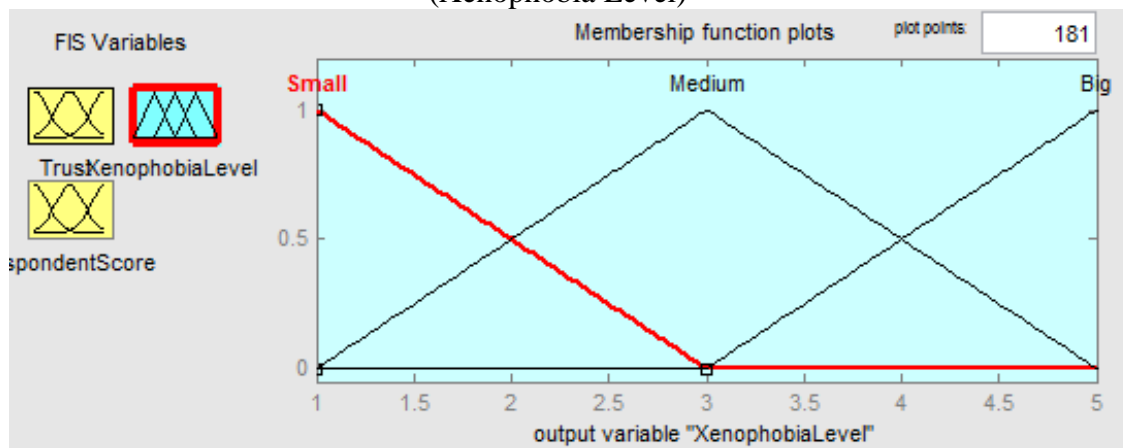
Η δεύτερη είσοδος είναι η συνολική βαθμολογία των ερωτώμενων στις 15 ερωτήσεις της κλίμακας. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η συνολική βαθμολογία είναι από 15 έως 75. Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 4.16) φαίνεται η δεύτερη είσοδος. Οι γλωσσικές διαμερίσεις για τη δεύτερη είσοδο είναι της μορφής Χαμηλός (Low), Μεσαίος (Middle) και Υψηλός (High).

Σχήμα 4.16 Ασαφής διαμέριση της 2^{ης} εισόδου: Βαθμός ερωτώμενου (RespondentScore)



Για την έξοδο του συστήματος χρησιμοποιήθηκε τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής (Σχήμα 4.17). Η έξοδος ταξινομήθηκε σε πέντε επίπεδα ξενοφοβίας. Η έξοδος του συστήματος θα είναι το επίπεδο ξενοφοβίας (XenophobiaLevel) για τους ερωτώμενους με αμφισβητούμενες απαντήσεις και η οποία παίρνει τιμές στο διάστημα [1 5].

Σχήμα 4.17 Ασαφής διαμέριση της εξόδου: Επίπεδο Ξενοφοβίας (Xenophobia Level)



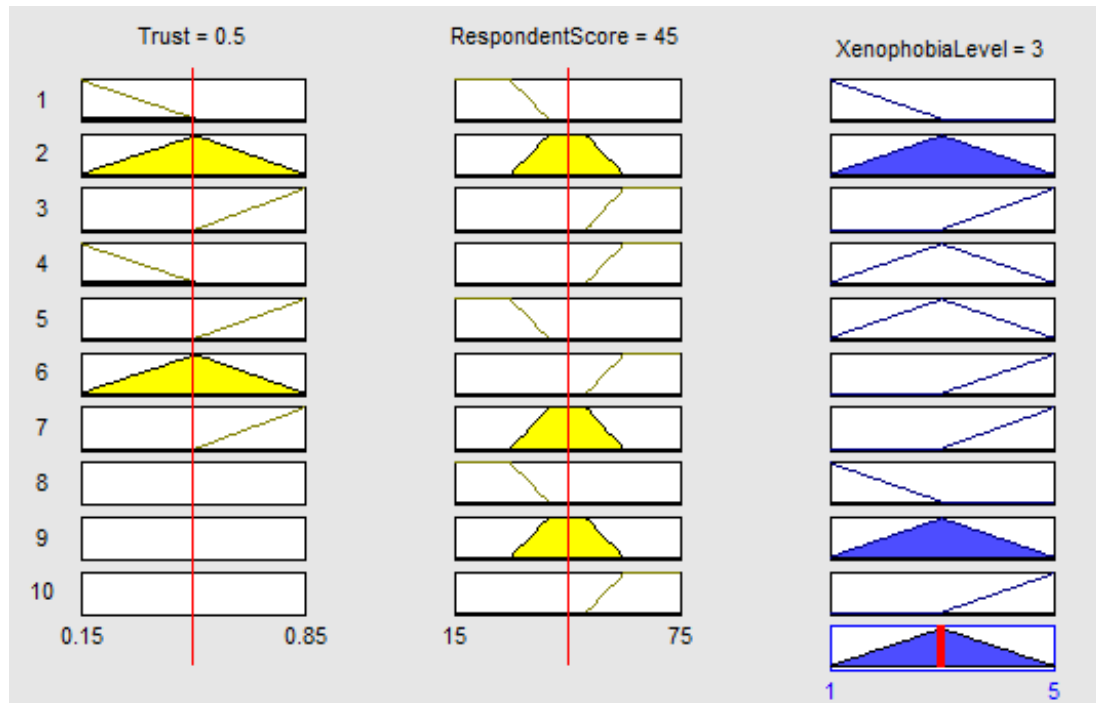
Στη συνέχεια και αφού έχουν ασαφοποιηθεί οι εισοδοί θα διατυπωθεί το σύνολο των ασαφών κανόνων συλλογιστικής (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4 Ασαφείς κανόνες συλλογιστικής για το επίπεδο ξενοφοβίας

A/A	Κανόνες
1	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Μικρός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μικρό)
2	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Μεσαίος) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεσαίο)
3	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Υψηλός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεγάλο)
4	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Χαμηλή) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Υψηλός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεσαίο)
5	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Χαμηλός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεσαίο)
6	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Μεσαία) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Υψηλός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεγάλο)
7	Αν (Εμπιστοσύνη είναι Υψηλή) και (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Μεσαίος) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεγάλο)
8	Αν (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Χαμηλός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μικρό)
9	Αν (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Μεσαίος) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεσαίο)
10	Αν (Βαθμός του ερωτώμενου είναι Υψηλός) τότε (Επίπεδο ξενοφοβίας είναι Μεγάλο)

Μια αναλυτική αναπαράσταση των κανόνων φαίνεται στο Σχήμα 4.18. Οι τιμές των εισόδων είναι τυχαία ορισμένες στο μέσο του πεδίου τιμών.

Σχήμα 4.18 Οι κανόνες που διέπουν το δεύτερο σύστημα ασαφούς συλλογιστικής

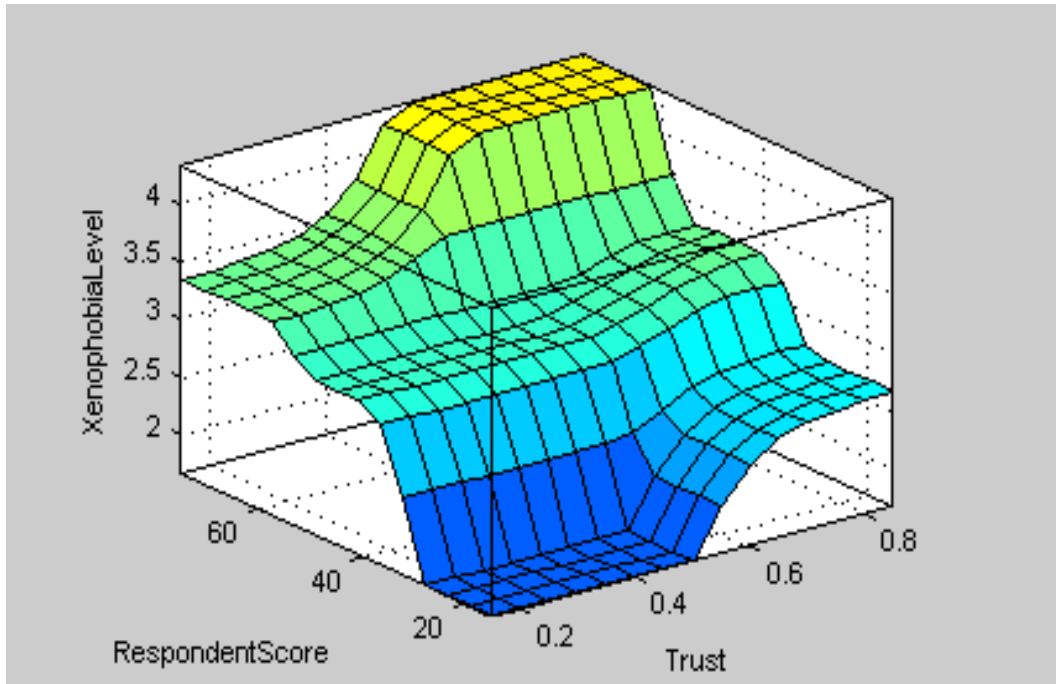


Στη συνέχεια με τη μέθοδο της από-ασαφοποίησης παράχθηκε ένα σύνολο αποτελεσμάτων με επίπεδα ξενοφοβίας που κυμαίνονταν από 1,65 έως 4,34

υποδεικνύοντας μικρή ή καθόλου ξενοφοβική συμπεριφορά καθώς και υψηλά επίπεδα που υποδείκνυαν σημαντική ξενοφοβική συμπεριφορά.

Το πεδίο ορισμού του συστήματος φαίνεται στο Σχήμα 4.19.

Σχήμα 4.19 Το πεδίο τιμών του συστήματος



4.5 Προσδιορισμός τελικού επιπέδου ξενοφοβίας

Όπως αναφέραμε στη μεθοδολογία του παρόντος Κεφαλαίου θα πραγματοποιηθεί συνένωση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το νευρωνικό δίκτυο για τους ερωτώμενους με M-A A καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δύο ασαφή συστήματα για τους ερωτώμενους με A-A. Στον Πίνακα 4.5 παρατίθεται ένα απόσπασμα των 56 πρώτων ερωτώμενων με τα κλασικά, δηλαδή τα πρωτογενή επίπεδα, και νευρο-ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας. Όπως φαίνεται τα κλασικά επίπεδα ξενοφοβίας σχετίζονται σημαντικά με τα νευρο-ασαφή επίπεδα. Παρατηρείται επίσης πως οι μεταβολές στα κλασικά και νευρο-ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας δεν είναι τόσο μεγάλες όσο με τις μεταβολές που παρουσιάστηκαν στους κλασικούς και ασαφείς βαθμούς της ξενοφοβίας (Πίνακας 2.8).

Πίνακας 4.5 Επίπεδα ξενοφοβίας (κλασική και νευρο-ασαφής) για τους πρώτους 56 ερωτώμενους

A/A	Ερωτώμενος	Επίπεδο (κλασικό)	Επίπεδο (νευρο-ασαφής)	A/A	Ερωτώμενος	Επίπεδο (κλασικό)	Επίπεδο (νευρο-ασαφής)
1	1	3	2,63	29	32	3	3,03
2	2	3	3,1	30	33	1	1,14
3	3	3	3,53	31	34	5	4,35
4	4	1	1,78	32	35	5	4,35
5	5	2	2,08	33	36	3	3,17
6	6	4	3,61	34	37	1	1,65
7	7	4	4,1	35	38	4	3,55
8	8	4	4,41	36	40	2	1,59
9	9	4	3,72	37	41	2	1,82
10	10	3	3,29	38	44	1	1,22
11	11	3	3,12	39	45	3	2,91
12	12	2	2,11	40	46	1	1,17
13	13	2	2,35	41	47	3	2,88
14	15	1	1,65	42	49	2	2,24
15	16	2	2,17	43	51	2	2,23
16	18	5	4,12	44	52	4	3,99
17	19	3	2,57	45	54	3	3,3
18	20	3	3,46	46	55	2	2,19
19	21	2	1,62	47	56	1	1,14
20	22	2	2,19	48	57	2	2,26
21	24	1	1,65	49	60	1	1,65
22	25	1	1,19	50	61	1	1,22
23	26	3	2,87	51	62	2	2,03
24	27	3	3,26	52	63	3	3,26
25	28	4	3,53	53	64	4	4,12
26	29	2	2,48	54	65	5	4,12
27	30	5	4,91	55	66	2	2,13
28	31	2	2,25	56	67	4	3,97

4.6 Επικύρωση

Στη συνέχεια, έχοντας ως στόχο την επαλήθευση της προτεινόμενης μεθοδολογίας συσχετίστηκαν τα νευρο-ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας με τις 5 μεμονωμένες ερωτήσεις, που χρησιμοποιήθηκαν και στο Κεφάλαιο 2 (Πίνακας 2.7) και τα οποία θεωρούνται στη βιβλιογραφία ως δείκτες ξενοφοβίας (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός 4 από αυτών των στοιχείων ως δείκτης (Μιχαλοπούλου κ.ά., 1998) της ξενοφοβίας. Οι συγκεκριμένοι δείκτες που σχετίζονται με την ξενοφοβία βασίζονται στην αντίληψη του αριθμού των «άλλων» (άλλης εθνικότητας ή θρησκείας) καθώς και στην ενόχληση που δημιουργείται από την παρουσία τους.

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης της ανάλυσης μεταξύ κλασικών και νευρο-ασαφών επιπέδων ξενοφοβίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα επίπεδα κλασικής και νευρο-ασαφούς ξενοφοβίας σχετίζονται σημαντικά. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε πως οι συντελεστές συσχέτισης είναι μεγαλύτεροι από τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο Κεφάλαιο 2 μεταξύ κλασικής και ασαφούς ξενοφοβίας. Ο Πίνακας 4.7 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συσχέτισης της ανάλυσης μεταξύ των δύο επιπέδων αλλά και όλων των δεικτών της ξενοφοβίας. Όπως φαίνεται τα νευρο-ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας σχετίζονται υψηλά με όλους τους δείκτες, αποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο ότι έχουμε μια ακριβή μέτρηση για τα επίπεδα της ξενοφοβίας.

Πίνακας 4.6 Pearson's Correlation Coefficients

	Ξενοφοβία (νευρο-ασαφής)	Ξενοφοβία (κλασική)
Ξενοφοβία (νευρο-ασαφής)		0,936
Ξενοφοβία (κλασική)	0,936	

*Σημείωση: N=1088, $p < .001$.

Πίνακας 4.7 Spearman's rho Correlation Coefficients

Δείκτης	Επίπεδα Ξενοφοβίας (νευρο-ασαφή)	Επίπεδα ξενοφοβίας (κλασικά)
1	-0,239	-0,238
2	-0,438	-0,434
3	-0,384	-0,367
4	-0,219	-0,215
5	-0,218	-0,204
6	0,456	0,434

*Σημείωση: N=1088, $p < .001$.

Εδώ θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι οι συντελεστές συσχέτισης των ασαφών βαθμών που προκύπτουν από το σύστημα συλλογιστικής του 2ου Κεφαλαίου είναι ελαφρώς μεγαλύτεροι κατ' απόλυτη τιμή απ' ότι οι αντίστοιχοι συντελεστές των επιπέδων ξενοφοβίας με τις μονάδες-δείκτες (Πίνακας 2.10 και Πίνακας 4.7).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των μεταβλητών (Πίνακας 2.3) που θεωρούνται σημαντικές για τη μέτρηση της ξενοφοβίας καθώς και οι συσχετίσεις των δεικτών (Πίνακας 2.7) της ξενοφοβίας με τα επίπεδα της νευρο-ασαφούς ξενοφοβίας. Οι συσχετίσεις με τα κλασικά επίπεδα ξενοφοβίας παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 (Πίνακας 2.11). Στην περίπτωση της ομαδοποίησης των νευρο-ασαφών βαθμών

εφαρμόστηκε fuzzy k-means clustering η οποία ορίστηκε σε πέντε ($k=5$) για να διατηρηθούν οι αρχικοί βαθμοί αλλά και οι εννοιολογικές ερμηνείες τους. Ο Πίνακας 4.8 παρουσιάζει μια πιο αναλυτική περιγραφή του δημογραφικού και κοινωνικού «προφίλ» της κλίμακας Likert για τα νευρο-ασαφή επίπεδα της ξενοφοβίας. Τα αποτελέσματα φαίνεται να παρουσιάζουν ομοιότητες με αυτά που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 (Πίνακες 2.11 και 2.12). Προκύπτει δηλαδή πως οι ερωτώμενοι που επιδεικνύουν ξενοφοβικές συμπεριφορές είναι μεγάλοι σε ηλικία, λιγότερο μορφωμένοι, εκκλησιάζονται συχνά και αυτοτοποθετούνται προς την κεντρική και δεξιά πλευρά της κλίμακας αριστεράς-δεξιάς. Το παραπάνω φαίνεται να επιβεβαιώνει τόσο τη θεωρία όσο και τα σχετικά εμπειρικά αποτελέσματα. Επομένως, η προτεινόμενη ομαδοποίηση, με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες, ταξινομεί τους βαθμούς των ερωτώμενων διαφοροποιώντας τις ξενοφοβικές και μη ξενοφοβικές συμπεριφορές παρέχοντας έτσι ένα συνοπτικό «προφίλ» των βαθμών της κλίμακας, σε συμφωνία πάντα με τους δείκτες της ξενοφοβίας.

Πίνακας 4.8 Το δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» της κλίμακας Likert για την ξενοφοβία μετασχηματίζοντας τους νευρο-ασαφείς βαθμούς με τη χρήση της ασαφούς k-means ανάλυσης κατά συστάδες

Μεταβλητές	N	Βαθμοί της μετασχηματισμένης νευρο-ασαφούς κλίμακας της ξενοφοβίας (%)					Σύνολο %
		(-) 1	2	3	4	5 (+)	
Ηλικία	1088						
18-29		22,3	23,0	25,5	16,4	12,8	100,0
30-44		23,0	23,3	14,4	16,7	19,5	100,0
45-59		15,2	21,8	17,1	23,3	22,6	100,0
60-80		5,9	11,1	18,5	23,0	41,5	100,0
Εκπαίδευση	1088						
Αναλόφαβτοι/ έχουν αφήσει το δημοτικό		2,5	13,6	7,4	27,2	49,4	100,0
Απόφοιτοι δημοτικού/ μερική μέση εκπαίδευση		9,3	17,0	20,1	22,0	31,6	100,0
Πλήρης μέση εκπαίδευση/ Ανώτερη σχολή		23,8	23,2	23,2	17,1	12,8	100,1
Ανώτατη σχολή/ Διδακτορικό δίπλωμα		35,1	25,8	17,2	13,9	7,9	100,0
Αυτοτοποθέτηση στην κλίμακα αριστερά-δεξιά	1018						
1-2 (Αριστερά)		31,8	28,8	6,1	18,2	19,2	100,0
3-4		28,1	16,7	22,9	17,7	14,6	100,0
5-6		15,7	21,3	22,9	17,7	14,6	100,0
7-8		11,3	19,8	19,8	20,3	28,8	100,1
9-10 (Δεξιά)		5,1	13,6	23,7	20,3	37,3	100,0
Συχνότητα εκκλησιασμού	1088						
Κάθε Κυριακή ή και συχνότερα		5,9	18,2	18,2	24,1	39,7	100,0
Δύο-τρεις φορές το μήνα		11,6	16,5	18,5	21,3	32,1	100,0
Μερικές φορές το χρόνο		18,2	22,5	20,4	19,0	19,8	100,1
Μόνο το Πάσχα		32,8	18,1	21,5	16,4	11,2	100,0
Ποτέ		33,3	21,4	19,0	9,5	16,7	100,0
Αντιλήψεις για την παρουσία ατόμων εκτός ΕΕ	1085						
Είναι πάρα πολλοί		12,3	18,6	19,8	21,2	28,2	100,1
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		24,3	23,6	19,6	17,9	14,5	100,0
Δεν είναι πολλοί		56,7	16,7	16,7	3,3	6,7	100,1
Παρουσία ατόμων άλλης εθνικότητας	1071						
Ενοχλητική		3,9	11,2	17,4	25,7	41,8	100,0
Όχι ενοχλητική		24,8	24,9	20,7	16,5	13,1	100,0
Παρουσία ατόμων άλλης θρησκείας	1084						
Ενοχλητική		5,9	12,1	17,7	25,3	39,0	100,0
Όχι ενοχλητική		23,4	25,0	21,0	16,2	14,4	100,0
Αντιλήψεις ατόμων άλλης εθνικότητας	1085						
Είναι πάρα πολλοί		9,9	19,5	19,7	22,7	28,1	100,0
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		20,2	20,0	20,4	17,6	21,8	100,0
Δεν είναι πολλοί		41,7	20,8	15,6	12,5	9,4	100,0
Αντιλήψεις ατόμων άλλης θρησκείας	1086						
Είναι πάρα πολλοί		8,0	14,1	20,1	23,6	34,2	100,0
Είναι αρκετοί αλλά όχι πάρα πολλοί		13,3	21,4	19,0	21,6	24,7	100,0
Δεν είναι πολλοί		25,7	21,0	20,7	14,3	18,3	100,0
Κατανομή της συνολικής συχνότητας της κλίμακας	1088	16,9	20,0	19,8	19,2	24,1	100,0

Σημείωση. Το άθροισμα και ο μέσος όρος των στοιχείων των νευρο-ασαφών βαθμών της συνολικής κλίμακας που μετρά την ξενοφοβία ομαδοποιήθηκαν ως εξής: 1,120-2,000 = 1; 2,001-2,669 = 2; 2,670-3,340 = 3; 3,341-4,000 = 4; 4,001-5,000 = 5. Τα αποτελέσματα των διασταυρώσεων είναι στατιστικά σημαντικά: $p < .001$.

4.7 Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο υλοποιήθηκε ένα νευρο-ασαφές σύστημα με σκοπό την κατάταξη των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σύνολο δεδομένων αλλά και τα αποτελέσματα που αποτυπώθηκαν στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διατριβής. Ειδικότερα, το σύνολο των απαντήσεων των ερωτώμενων στις ερωτήσεις-μονάδες χωρίστηκε σε δύο κατηγορίες, στις μη-αμφισβητούμενες απαντήσεις και στις αμφισβητούμενες απαντήσεις. Για τις μη αμφισβητούμενες απαντήσεις χρησιμοποιήθηκε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, το οποίο κατέταξε τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας. Στην περίπτωση των αμφισβητούμενων απαντήσεων υλοποιήθηκαν δύο ασαφή συστήματα, συνδυάζοντας την εμπειρική γνώση, τα οποία κατέταξαν τους ερωτώμενους που έχουν δώσει αμφισβητούμενες απαντήσεις σε επίπεδα ξενοφοβίας. Στη συνέχεια έγινε συνένωση των αποτελεσμάτων, αυτών του νευρωνικού δικτύου και αυτών των ασαφών συστημάτων με αποτέλεσμα την εκτίμηση του επιπέδου ξενοφοβίας για όλους τους ερωτώμενους. Πράγματι, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας έδειξαν ότι τα επίπεδα ξενοφοβίας που παράχθηκαν είναι αξιόπιστα και πιο ακριβή δεδομένου ότι με την επικύρωση που πραγματοποιήθηκε τα κλασικά και νευρο-ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας σχετίζονται υψηλά. Ακόμα, το προτεινόμενο σύστημα φαίνεται να αποτυπώνει καλύτερα την ξενοφοβία των ερωτώμενων δεδομένου ότι οι συσχετίσεις με τις ερωτήσεις που θεωρούνται δείκτες ξενοφοβίας είναι ισχυρότερες. Το ευφρές σύστημα που αποτυπώθηκε δεν έλαβε υπόψη μόνο τον τελικό βαθμό των ερωτώμενων, αλλά έναν αριθμό άλλων κρίσιμων παραγόντων και άρα θεωρήθηκε ικανό να ταξινομήσει τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την αβεβαιότητα. Επιπλέον, ο μετασχηματισμός των νευρο-ασαφών βαθμών της κλίμακας Likert εφαρμόζοντας k-means ανάλυση κατά συστάδες έδειξε πως οι νευρο-ασαφείς βαθμοί ταξινομούνται σε σημαντικές ομάδες που διαφοροποιούν τους ξενοφοβικούς από τους μη ξενοφοβικούς ερωτώμενους, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο ένα συνοπτικό «προφίλ» των νευρο-ασαφών βαθμών της κλίμακας Likert.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι από τα πιο νέα ερευνητικά πεδία και αποτελεί σημείο τομής μεταξύ πολλών επιστημών. Ανάμεσα σε αυτές συγκαταλέγονται και οι κοινωνικές επιστήμες. Η διατριβή αυτή ασχολήθηκε με δύο από τα πεδία της τεχνητής νοημοσύνης και πιο συγκεκριμένα των εμπείρων συστημάτων και πιο συγκεκριμένα, τα ασαφή συστήματα και τα νευρο-ασαφή. Στόχος της τεχνητής νοημοσύνης και κατ' επέκταση των δύο παραπάνω θεωριών είναι η σύνθεση της ευφυούς συμπεριφοράς με στοιχεία συλλογιστικής, μάθησης και προσαρμογής στο περιβάλλον. Από την άλλη, οι κλίμακες Likert κατέχουν κεντρικό ρόλο στη μέτρηση των στάσεων στην κοινωνική έρευνα τόσο για τα πλεονεκτήματα όσο και για τα μειονεκτήματά τους. Στόχος της παρούσας διατριβής ήταν η επέκταση της κλασικής θεωρίας της κλίμακας Likert, συνδυάζοντας τη θεωρία της ασαφούς λογικής και των τεχνητών νευρωνικών δικτύων αποκτώντας μια ακριβέστερη μέτρηση της στάσης η οποία θα διατηρεί τον αρχικό βαθμό και ταυτόχρονα θα ενσωματώνει τις μεθόδους που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της εννοίας, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκαν τρεις νέες μεθοδολογίες για τη μέτρηση των κατασκευών συνδυάζοντας τη θεωρία των κλιμάκων Likert, της παραγοντικής ανάλυσης, της θεωρίας ασαφούς λογικής και των τεχνητών νευρωνικών δικτύων. Οι προτεινόμενες μεθοδολογίες μπορούν να εφαρμοστούν στην κατασκευή μιας ενιαίας συνολικής κλίμακας ή υπό κλιμάκων, λαμβάνοντας υπόψη τα διασταυρούμενα φορτία (cross-loadings) διατηρώντας τον αρχικό βαθμό, όπως συμβαίνει στις περισσότερες επεξηγηματικές κοινωνικές ερευνητικές καταστάσεις. Ένα από τα κίνητρα για την έρευνα αυτήν ήταν το γεγονός ότι στις περισσότερες εφαρμογές, τα διασταυρούμενα φορτία υπάρχουν αλλά αντιμετωπίζονται μόνο στο πλαίσιο των σύνθετων κλιμάκων που δεν διατηρούν τα αρχικά δεδομένα.

Οι προτεινόμενες μεθοδολογίες δοκιμάστηκαν σε μια κλίμακα Likert η οποία χρησιμοποιήθηκε σε μια μεγάλης κλίμακας έρευνα που είχε ως σκοπό τη μέτρηση της ξενοφοβίας μεταξύ άλλων. Στην ανάλυση που παρουσιάστηκε στο 2^ο Κεφάλαιο, κατασκευάστηκε ένα ασαφές σύστημα συλλογιστικής για την ξενοφοβία το οποίο είχε ως έξοδο έναν ασαφή βαθμό για κάθε ερωτώμενο, συνδυάζοντας τη γνώση των

εμπείρων με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Τα ευρήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας προτείνουν ότι η μέτρηση της ξενοφοβίας που παράχθηκε είναι αξιόπιστη και πιο ακριβής, δεδομένου ότι η ανάλυση συσχέτισης έδειξε καταρχήν ότι οι βαθμοί της ξενοφοβίας (ασαφούς και κλασικής) σχετίζονται ισχυρά και επιπροσθέτως οι ασαφείς βαθμοί σχετίζονται ισχυρότερα με έναν αριθμό δεικτών ξενοφοβίας. Επομένως, η προτεινόμενη μεθοδολογία, ενσωματώνοντας τις παραδοσιακές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατασκευής της κλίμακας και χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και τη γνώση των εμπείρων, επεκτείνει την προτεινόμενη μεθοδολογία παρέχοντας μια πιο ακριβή μέτρηση των στάσεων.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία (Κεφάλαιο 3) για την ανάπτυξη των προφίλ στάσεων (profile analysis) για κάθε άτομο, η οποία στηρίχτηκε στη σύγκριση των πρωτογενών βαθμών με τους ασαφείς βαθμούς, οι οποίοι υπολογίστηκαν στο 2^ο Κεφάλαιο, χρησιμοποιώντας τα εκατοστημόρια ως νόρμα. Η ανάλυση των προφίλ είχε ως στόχο την κατάταξη των ατόμων σε μία κλίμακα σύμφωνα με τους βαθμούς τους. Το δείγμα της έρευνας διαιρέθηκε σε δύο υποδείγματα παρέχοντάς μας τα κατάλληλα κανονιστικά δεδομένα. Το δεύτερο υποδιαιρεμένο δείγμα χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των εκατοστημορίων ως νόρμα, σύμφωνα με τους πρωτογενείς βαθμούς. Η προτεινόμενη μεθοδολογία οδήγησε στην παραγωγή των ασαφών βαθμών, οι οποίοι αντανακλούν καλύτερα τα σχετικά επίπεδα της κατασκευής παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μια πιο συνοπτική ερμηνεία των ατομικών προφίλ. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε περιγραφική ανάλυση για τους ερωτώμενους για τους οποίους ο ασαφής βαθμός αλλάζει σημαντικά την κατάταξή τους στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα με αυτούς για τους οποίους δεν υπάρχουν σημαντικές αλλαγές. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι δύο ομάδες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Επομένως, η εύρεση των ερωτώμενων με μεγάλη ποσοστιαία διαφορά στα εκατοστημόρια που χρησιμοποιούνται ως νόρμα δεν μπορεί να εξασφαλίσει το κοινωνικό «προφίλ» των ερωτώμενων μιας κλίμακας Likert.

Στη συνέχεια της διατριβής παρουσιάστηκε μια τρίτη μεθοδολογία (Κεφάλαιο 4), χρησιμοποιώντας μεθόδους τεχνητών νευρωνικών δικτύων και ασαφούς συλλογιστικής, με σκοπό την ταξινόμηση των ερωτώμενων σε επίπεδα ξενοφοβίας λαμβάνοντας υπόψη έναν αριθμό παραγόντων που είναι σημαντικοί, όπως ο τρόπος με τον οποίο οι

ερωτήσεις-μονάδες απαντήθηκαν από τους ερωτώμενους, καθώς και ο συνολικός βαθμός του ερωτώμενου. Το πρόβλημα που είχαμε να επιλύσουμε ήταν η κατασκευή ενός ευφυούς συστήματος, το οποίο θα αξιολογούσε και θα ταξινομούσε τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας ανάλογα με κάποια στοιχεία τα οποία θα εξάγονταν από τις απαντήσεις τους. Το σύστημα που προτάθηκε έλαβε υπόψη τη σειρά των απαντήσεων για κάθε ερωτώμενο και διέκρινε μεταξύ αμφισβητούμενων και μη αμφισβητούμενων απαντήσεων. Το ευφύες σύστημα που αποτυπώθηκε δεν έλαβε υπόψη μόνο τον τελικό βαθμό των ερωτώμενων, αλλά έναν αριθμό άλλων κρίσιμων παραγόντων και άρα θεωρήθηκε ικανό να ταξινομήσει τους ερωτώμενους σε επίπεδα ξενοφοβίας μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την αβεβαιότητα. Πράγματι, τα ευρήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας έδειξαν ότι τα επίπεδα ξενοφοβίας που παράχθηκαν είναι αξιόπιστα και πιο ακριβή δεδομένου ότι με την επικύρωση που πραγματοποιήθηκε τα κλασικά και νευρο-ασαφή επίπεδα ξενοφοβίας σχετίζονται υψηλά. Ακόμα, τα νευρο-ασαφή επίπεδα σχετίζονται ισχυρότερα με τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται ως δείκτες ξενοφοβίας. Επιπλέον, οι συντελεστές συσχέτισης των ασαφών βαθμών που προκύπτουν από το σύστημα συλλογιστικής του 2^{ου} Κεφαλαίου είναι ελαφρώς μεγαλύτεροι κατ' απόλυτη τιμή απ' ότι οι αντίστοιχοι συντελεστές των επιπέδων ξενοφοβίας που παράγονται από το νευρο-ασαφές σύστημα του 4^{ου} Κεφαλαίου με τις μεταβλητές-δείκτες.

Ακόμα, στο τέλος των εφαρμογών των Κεφαλαίων 2 και 4 μετασχηματίστηκαν οι βαθμοί της κλίμακας Likert με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες. Η ανάλυση έδειξε πως οι βαθμοί ταξινομούνται σε σημαντικές ομάδες που διαφοροποιούν τους ξενοφοβικούς από τους μη ξενοφοβικούς ερωτώμενους, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο ένα συνοπτικό «προφίλ» των βαθμών της κλασικής, ασαφούς κλίμακας και νευρο-ασαφούς κλίμακας. Σύμφωνα με αυτές τις ομαδοποιήσεις δημιουργήθηκε ένα δημογραφικό και κοινωνικό «προφίλ» των κλασικών (πρωτογενών), ασαφών και νευρο-ασαφών βαθμών. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία συμβάλλει στον αυξανόμενο αριθμό μελετών για τη μέτρηση των κοινωνικών φαινομένων επιδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο πως η ομαδοποίηση με τη χρήση της k-means ανάλυσης κατά συστάδες και μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στον μετασχηματισμό των βαθμών της κλίμακας Likert (ή των υπό κλιμάκων) διευκολύνοντας την ερμηνεία των αποτελεσμάτων αλλά και ταυτόχρονα παρέχοντας ένα συνοπτικό και ουσιαστικό «προφίλ» των κλασικών

(πρωτογενών), ασαφών και νευρο-ασαφών βαθμών για τους σκοπούς της κοινωνικής πολιτικής.

Οι τρεις μεθοδολογίες μπορούν να εφαρμοστούν σε πολυδιάστατες περιπτώσεις, χρησιμοποιώντας τα φορτία που προκύπτουν από την ανάλυση παραγόντων και τα οποία δικαιολογούνται από την Επιβεβαιωτική Παραγοντική Ανάλυση. Οι αποδεδειγμένες μεθοδολογίες που προτάθηκαν έλαβαν υπόψη τη στατιστική ανάλυση, τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης καθώς και τη γνώση των εμπείρων και είχαν ως αποτέλεσμα μια πιο ακριβή μέτρηση για τη στάση που μετρήθηκε, δηλαδή την ξενοφοβία. Ακόμα, οι συγκεκριμένες μεθοδολογίες προτείνουν πως πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, η ευρετική πληροφορία, που συνήθως υπάρχει και μπορεί να περιγραφεί με τη μορφή κανόνων από τους εμπειρους της εκάστοτε περιοχής, γιατί με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η αβεβαιότητα και η ασάφεια που ενυπάρχουν στη μέτρηση των στάσεων στις κοινωνικές έρευνες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βασιλοπούλου, Δ. (2010). Κατασκευάζοντας μια κλίμακα Likert, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών.
- Καζάνη, Α. (2010). Ασαφείς κλίμακες Likert, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Ιούνιος 2010.
- Καλαματιανού, Α. Γ. (2003). *Κοινωνική στατιστική. Μέθοδοι μονοδιάστατης ανάλυσης*. Αθήνα: Παπαζήση.
- Μιχαλοπούλου, Α., Τσάρτας, Π., Γιαννησοπούλου, Μ., Καφετζής, Π., Μανώλογλου, Ε. (1998). *Μακεδονία και Βαλκάνια, Ξενοφοβία και Ανάπτυξη*, Αθήνα: ΕΚΚΕ-Αλεξάνδρεια.
- Μιχαλοπούλου, Κ. (1992). *Κλίμακες μετρήσεως στάσεων*. Αθήνα: Οδυσσέας.
- Συμεωνάκη, Μ. (2008). *Στατιστική Ανάλυση Κοινωνικών Δεδομένων με το SPSS 15.0*. Θεσσαλονίκη: Σοφία.
- Τζαφέστας, Σ. Γ. (2002). *Υπολογιστική Νοημοσύνη*, Αθήνα: Τόμος Α: Μεθοδολογίες.
- Abdulah Mohd Lazim, Abdulah Wan Salihin, Md Tap Abu Osman, «Fuzzy sets in the social sciences: An overview of related researchers», *Jurnal Teknologi*, 41 (E), Dis. 2004, 43-54.
- American Educational Research Association (1999). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Anagnostopoulos, F., Yfantopoulos, J., Moustaki, I., & Niakas, D. (2013). Psychometric and factor analytic evaluation of the 15D health-related quality of life instrument: the case of Greece. *Quality of Life Research*, 22, 8, 1973-1986.
- Aydin, O., & Pakdil, F. (2008). Fuzzy SERVQUAL analysis in airlines services. *ORGANIZACIJA*, 41, 108-115.
- Badredine, A. (2010). *Linguistic Fuzzy Logic Methods in Social Sciences*, Springer.
- Bartholomew, D. J., Steele, F., Moustaki, I., & Galbraith, J. (2008). *Analysis of Multivariate Social Science Data*. Chapman and Hall/CRC.
- Barua, A., Mudunuri, L. S., & Kosheleva, O. (2014). Why Trapezoidal and Triangular Membership Functions Work So Well: Towards a Theoretical Explanation. *Journal of Uncertain Systems*, 8, 3, 164-168. Online at: www.jus.org.uk

- Betti, G., D'Adostino, A., & Neri, L. (2011). Educational mismatch of graduates: a multidimensional and fuzzy indicator. *Social Indicators Research*, 103, 465–480.
- Biswas, R. (1995). An application of fuzzy sets in students' evaluation. *Fuzzy Sets and Systems*, 74, 187-194.
- Buckley, J. J., & Hayashi, Y. (1995). Neural networks for fuzzy systems. *Fuzzy Sets and Systems*, 71, 265-276.
- Carter, R.T. (1996). Exploring the complexity of racial identity attitude measures. In J.C. Impara (Series Ed.) & G.R. Sodowsky & J.C. Impara (Vol. Eds.), *Multicultural assessment in counseling and clinical psychology* (pp. 193-223). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements.
- DiStefano, C., Zhu, M., & Míndrilă, D. (2009). Understanding and using factor scores: Considerations for the Applied Researcher. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 14, 20, 1-11.
- Dubois, D., & Prade, H. (1997). The three semantics of fuzzy sets. *Fuzzy sets and Systems*, 90, 141-150.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D., MacCallum, R. C., & Strahan, E. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological methods*, 4, 3, 272-299.
- Gacto, M. J., Alcalfa R., & Herrera, F. (2011). A double axis classification of interpretability measures for linguistic fuzzy rule-based systems. *Fuzzy logic and Applications*, Eds A.M. Fanelli, W. Pedrycz, A. Petrosino, Springer, 99-106.
- Gibilisco, M. B., Gowen, A. M., Albert, K. E., Mordeson, J. N., Wierman, M. J., & Clark, T. D. (2014). *Fuzzy Social Choice Theory*, Springer.
- Gil, M.A., & Gil, G. R. (2012). Fuzzy vs. Likert Scale in Statistics. *Combining Experimentation and Theory Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 271, 407-420.
- Gil, M.A., de Saa, S., Lopez, M.T., & Lubiano, M.A. (2011). Comparing Likert and fuzzy scales through some statistical tools. London: ERCIM.
- Grawitz, M., Brimo, A., & Jahoda M. (2003). *Εισαγωγή στη μεθοδολογία και τις τεχνικές των κοινωνικών ερευνών* (γεν. εποπτεία Βασίλης Φίλιας). Αθήνα: Gutenberg.

- Grossberg, S. (1976). Adaptive pattern classification and universal recording: Part I. Parallel development and coding of neural feature detectors. *Biological Cybernetics*, 23, 121-134.
- Gurney, K. (1997). *An introduction to neural networks*. London: UCL Press.
- Hagan, M.T., Demuth, H. B. & Beale, M. & De Jesús, O. (2014). Neural network Design (2nd edition), Brooks/Cole. Online at: hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf
- Halgamuge, S. K., & Glesner, M. (1994). Neural networks in designing fuzzy systems for real world applications. *Fuzzy Sets and Systems*, 65, 1-12.
- Hartley, J., & Betts, L. R. (2009). Four layouts and a finding: The effects of changes in the order of the verbal labels and numerical values on Likert-type scales. *International Journal of Social Research Methodology*, 13, 17-27.
- Haykin, S. (2009). *Νευρωνικά δίκτυα και μηχανική μάθηση* (3^η έκδοση). Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Haykin, S. (1999). *Neural networks. A comprehensive foundation* (2nd ed.). Canada: Pearson Education.
- Hesketh, B., Griffin, B., & Loh, V. (2011). A future-oriented retirement transition adjustment framework. *Journal of Vocational Behavior*, 79, 2, 303–314.
- Hesketh, T., & Hesketh, B. (1994). Computerised fuzzy ratings: the concept of a fuzzy class. *Behavior Research Methods Methods: Instruments and Computers*, 26, 3, 272-277.
- Hesketh, B., McLachlan, K., & Gardner, D. (1992). Work adjustment theory: An empirical test using a fuzzy rating scale. *Journal of Vocational Behavior*, 40, 3, 318-337.
- Hesketh, B., Pryor, R. & Gleitzman, M. (1989, January). Fuzzy logic: Toward measuring Gottfredson's concept of occupational social space. *Journal of Counseling Psychology*, 36, 1, 103-109.
- Hesketh, T., Pryor, R., & Hesketh, B. (1988). An application of a computerized fuzzy graphic rating scale to the psychological measurement of individual differences. [International Journal of Man-Machine Studies](#), 29, 1, 21-35.
- Jackson, P. (1998). *Introduction to expert systems* (3rd ed.). Addison Wesley.
- Klawonn, F., Kruse R., Nauck, D. & Borgelt, C. (2003). *Neuro-Fuzzy-Systeme*. Vieweg, Wiesbaden.

- Kerlizin, Y., & Vallet, F. (1993). Robustness in Multilayer Perceptrons, *Neural Computation*, 5, 473-482.
- Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic. Theory and applications*, USA: Prentice Hall PTR.
- Kochen, M. (1975). Application of Fuzzy Sets in Psychology. In L.A Zadeh, K.S. Fu, K.Tanaka, & M. Shimura (Eds). *Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes* (pp.395-408). New York: Academic Press.
- Lalla, M., Facchinetti, G., & Mastroleo, G. (2005). Ordinal scales and fuzzy set systems to measure agreement: An application to the evaluation of teaching activity. *Quality and Quantity*, 38, 577-601.
- Lazim, A., Abu Osman, M.T., & Salihin, W. (2011). Fuzzy set conjoint model in describing student's perceptions on computer algebra system learning environment. *International Journal of Computer Sciences Issues*, 8, 2, 92-97.
- Lazim, A., & Abu Osman, M.T. (2009). Measuring teacher's beliefs about Mathematics: A fuzzy set approach. *International Journal of Human and Social Sciences*, 8, 1, 39-43.
- Lazim, A., Salihin, W., & Abu Osman, M. T. (2004). Fuzzy sets in the social sciences: An overview of related researchers. *Jurnal Teknologi*, 41 (E), Dis. 43-54.
- Likert, R. (1932, June). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- Lin, C.-T., & Lee, C. S. G. (1996). *Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Lozano, L. M., García-Cueto, M., & Muñiz, J. (2008). Effect of the number of response categories on the reliability and validity of rating scales. *Methodology*, 4, 73-79.
- Lukasiewicz, J. (1951). *Aristotle's Syllogistic from the Standpoint of Modern Formal Logic* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man -Machine Studies*, 7, 1, 1-13.
- Mamdani, E. H. (1974). Applications of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *IEEE Proc.*, 121, 1585-1588.
- Mendel, J. M. (2007, February). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2, 20-29.

- Mendel, J. M. (2003, May 26-28). Fuzzy Sets for Words: a New Beginning. *Proc. IEEE FUZZ Conference*, St. Louis, MO, 37-42.
- Mendel, J. M. (2001). *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions*. NJ: Prentice-Hall, Upper-Saddle River.
- Mendel, J. M., & McLaren, R. W. (1970). Reinforcement Learning Control and Pattern Recognition Systems. In: Mendel, J. M. and Fu, K. S. (eds.) *Adaptive, Learning and Pattern Recognition Systems: Theory and Applications* (pp. 287-318). Academic Press, New York.
- Michalopoulou, C., & Symeonaki, M. (2017). Improving Likert Scale Raw Scores Interpretability with K-means Clustering. *Sage Journals*, 135, 1, 101-109.
- Mogharreban, N., & Dilalla, L. (2006). Fuzzy inference in the analysis of non interval data, Proc. of the WSEAS International conference on Simulation. *Modelling and Optimization*, Lisbon, Portugal, September 22-24, 2006.
- Moser, C., & Kalton, G. (1971). *Survey methods in social investigation* (2nd ed.). London: Heineman Educational Books.
- Murphy, K.R., & Davidshofer, C.O. (2001). *Psychological Testing: Principles and Applications* (5th edition). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
- Murphy, G., & Murphy, L.B. (1931). Social attitudes and their measurement, Chapter 11 in *Experimental Social Psychology*, New York: Harper and Brothers, 616-690.
- Nunnally, J.C., & Bernstein, I.H. (1994). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Ragin, C. (2007). Qualitative Comparative Analysis Using Fuzzy Sets (fsQCA). In B. Rihoux & C. Ragin (Eds), *Configurational Comparative Analysis*, Sage Publications.
- Ragin, C. C., Pennings, P. (2005). Fuzzy Sets and Social Research. *Sociological Methods and Research*, 33, 4, 423-30.
- Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου. Ένα μέσον για κοινωνικούς επιστήμονες και επαγγελματίες ερευνητές* (επιμ. Καίτη Μιχαλοπούλου, επιμ. μτφρ. Φρόσω Καλύβα, μτφρ. Βασιλική Νταλάκου, Κατερίνα Βασιλικού). Αθήνα: Gutenberg.

- De la Rosa de Saa, S., Gil, M.A., González-Rodríguez, G., López, M.T., & Lubiano, M.A. (2015). Fuzzy rating scale-based questionnaires and their statistical analysis. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23, 111-126.
- De la Rosa de Saa, S., Gil, M.A., Lopez, M.T., & Lubiano, M.A. (2013). Fuzzy rating vs. fuzzy conversion scales: An empirical comparison through the MSE. In *Synergies of Soft Computing and Statistics for Intelligent Data Analysis, Advances in Intelligent Systems and Computing 190*, Eds R. Kruze, M. Berthold, C. Moewes, M.A. Gil, P. Grzegorzewski, O. Hryniewicz. Springer, 135-143.
- Sah, M., & Degtiarev, K. (2005). Forecasting enrollment model based on first-order fuzzy time series. *World Academy of Science, Engineering and Technology I*, 132-135.
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S., & Deepa, S. N. (2007). *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*. Berlin: Springer Verlag.
- Smithson, M., & Verkuilen, J. (2006). *Fuzzy set theory, Applications in the social sciences*. London: SAGE Publications.
- Song, Q., & Chissom B. (1994). Forecasting enrollments with fuzzy time series- part II. *Fuzzy Sets and Systems*, 62, 1-8.
- Song, Q., & Chissom, B. (1993a). Forecasting enrollments with fuzzy time series- part I. *Fuzzy Sets and Systems*, 54, 1-9.
- Song, Q., & Chissom B. (1993b). Fuzzy time series and its models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54, 269-277.
- Spyrou, E., Stamou, G., Avrithis Y., & Kollia, S. (2005, November). «Fuzzy Support Vector Machines for Image Classification fusing MPEG-7 Visual Descriptors», 2nd European Workshop on the Integration of Knowledge, Semantic and Digital Media Techniques, EWIMT05, London, UK.
- Stamou, G., & Tzafestas, S. (1999). Fuzzy Relation Equations and Fuzzy Inference Systems: an Inside Approach. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 99, 6, 694-702.
- Steiner, D.L., & Norman, G.R. (2008). *Health Measurement Scales: A Practical Guide to Their Development and Use* (4th ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Stevens, J. (2002). *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences* (4th edition). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

- Stoilos, G., Stamou, G., Pan, J. Z., Tzouvaras, V., & Horrocks, I. (2007). Reasoning with very expressive fuzzy description logics. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 30, 8, 279.
- Sugeno, M. (1985). Industrial applications of fuzzy control. New York: Elsevier Science Publishing Company.
- Symeonaki, M., Kazani, A., & Michalopoulou, K. (2018). A neuro-fuzzy approach to measuring attitudes, in: *The Springer Series on Demographic and Health Issues - Population Aging, Mortality and Data Analysis*, Springer, 183-198.
- Symeonaki, M. (2015). Theory of Fuzzy non homogeneous Markov systems with fuzzy states. *Quality and Quantity*, 49, 6, 2369-2385.
- Symeonaki, M., Michalopoulou, C., & Kazani, A. (2015). A fuzzy set theory solution to combining Likert items into a single overall scale (or subscales). *Quality & Quantity*, 49, 2, 739-762.
- Symeonaki, M., Michalopoulou, C. & Stamou, G. (2013, December 14-16). An attitude scaling application of fuzzy sets to profile analysis, 6th International Conference of the ERCIM WF on Computational and Methodological Statistics, London, UK.
- Symeonaki, M., & Kazani, A. (2012, June 5-8). Measuring xenophobia in Greece using neural network and fuzzy techniques. *SMTDA*, Chania, Greece.
- Symeonaki, M., Kazani, A., & Michalopoulou, C. (2011, December 15-17). Fuzzifying Likert scales with factor analysis techniques, *ERCIM, London, UK*.
- Symeonaki, M., & Kazani, A. (2011, June 7-10). Developing a fuzzy Likert scale for measuring Xenophobia in Greece. *ASMDA, Rome, Italy*.
- Symeonaki, M., & Kalamatianou, A. (2011). Markov systems with fuzzy states for the description of students' educational progress in Greek Universities. Proceedings of the 58th World Statistics Congress ISI, Dublin, Ireland.
- Symeonaki, M. (2006). Modelling Conceptual Change in Physics using Probabilistic, Fuzzy and Symbolic Approaches. *International Mathematical Forum*, 1, 12, 577-591.
- Symeonaki, M. & Stamou, G. (2004). Theory of Markov Systems with fuzzy states. *Fuzzy Sets and Systems*, 143, 427-445.
- Symeonaki, M. A., Stamou, G. B., & Tzafestas, S. G. (2002). Fuzzy non homogeneous Markov systems. *Applied Intelligence*, 17, 2, 203-214.

- Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (2007). *Using multivariate statistics*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Allyn & Bacon.
- Takagi, T., & Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 15, 1, 116-132.
- Takemura, K. (2007). Ambiguous comparative judgment: fuzzy set model and data analysis. *Japanese Psychological Research*, 49, 148-156.
- Takemura, K. (1999). A fuzzy linear regression analysis for fuzzy input-output data using the least squares method under linear constraints and its application to fuzzy rating data. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 3, 36-41.
- Thompson, B. (2005). *Exploratory and confirmatory factor analysis: understanding concepts and applications*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Treadwell, W. A. (1995). Fuzzy set theory movement in the Social Sciences. *Public Administration Review*, 55, 1, 91-98.
- Trutschnig, W., & Lubiano, M.A. (2015, December). *SAFD: Statistical Analysis of Fuzzy Data*. <http://cran.r-project.org/web/packages/SAFD/index.html>
- Trutschnig, W., Lubiano, M.A., & Lastra, J. (2013). SAFD-An R package for Statistical Analysis of Fuzzy Data, in *Towards Advanced Data Analysis by Combining Soft Computing and Statistics*. Heidelberg: Springer, 107–118.
- Turksen, I. B., & Willson, I. A. (1994). A fuzzy set preference model for consumer choice. *Fuzzy Sets and Systems*, 68, 253-266.
- Zadeh, L.A. (1994). Soft computing and fuzzy logic. *IEEE Software*, 48-56.
- Zadeh, L.A. (1992). The calculus of fuzzy if/then rules. *AI Expert*, 7, 3, 22-27.
- Zadeh, L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 8, 199-249.
- Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 3, 1, 28-44.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L.A. (1962). From circuit theory to system theory. *Proceedings of the IRE*, 50, 856-865.

Zimmermann, H. J. (2010). Fuzzy set theory. *WIREs Computational Statistics*, 2, 317-332.

Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy set theory and its applications* (4th edition). USA: Kluwer Academic Publishers.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας Α1 Κανόνες συλλογιστικής μορφής για την ξενοφοβία

A/A	Κανόνες
46	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
47	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
48	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
49	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
50	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
51	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
52	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
53	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
54	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
55	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
56	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
57	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
58	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
59	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
60	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)

Πίνακας Α1 Συνεχίζεται...

A/A	Κανόνες
61	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
61	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
62	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
63	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
64	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
65	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
66	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
67	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία δεν είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
68	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
69	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
70	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
71	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
72	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
73	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)

Πίνακας Α1 Συνεχίζεται...

A/A	Κανόνες
74	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
75	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
76	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
77	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση δεν είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
78	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
79	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
80	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
81	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
82	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
83	Αν (IPA δεν είναι Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Υψηλή) και (Ηλικία δεν είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
84	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF δεν είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
85	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
86	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
87	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
88	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)

Πίνακας Α1 Συνεχίζεται...

A/A	Κανόνες
89	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση δεν είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
90	Αν (IPA δεν είναι Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
91	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία δεν είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
92	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
93	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF δεν είναι Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
94	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
95	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
96	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
97	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Πολιτική στάση δεν είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού δεν είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
98	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Υψηλή) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Άνδρας) και (Πολιτική στάση είναι Κέντρο) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
99	Αν (IPA δεν είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση δεν είναι Χαμηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
100	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
101	Αν (IPA δεν είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF δεν είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
102	Αν (IPA είναι Ουδέτερη) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Ηλικία είναι Μέσης Ηλικίας) και (Εκπαίδευση είναι Μεσαία) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)

Πίνακας Α1 Συνεχίζεται...

A/A	Κανόνες
103	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS δεν είναι Υψηλή) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
104	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Σπάνια) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)
105	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μερικώς Στερεοτυπική) και (PS είναι Μεσαία) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Μεσαία)
106	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Φύλο είναι Γυναίκα) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Συχνά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
107	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) και (Συχνότητα Εκκλησιασμού είναι Περιστασιακά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
108	Αν (IPA είναι Ευνοϊκή) και (SSF είναι Μη Στερεοτυπική) και (PS είναι Χαμηλή) και (Ηλικία είναι Νεαρή) και (Εκπαίδευση είναι Υψηλή) και (Πολιτική στάση είναι Αριστερά) τότε (Ξενοφοβία είναι Υψηλή)
109	Αν (IPA είναι Μη Ευνοϊκή) και (SSF είναι Στερεοτυπική) και (PS είναι Υψηλή) και (Ηλικία είναι Μεγάλη) και (Εκπαίδευση είναι Χαμηλή) και (Πολιτική στάση είναι Δεξιά) τότε (Ξενοφοβία είναι Χαμηλή)

Πίνακας Α2 Κώδικας MATLAB

```
[~, ~, raw] = xlsread('DATA.xlsx','Φύλλο1','B2:I1201');
R = cellfun(@(x) (~isnumeric(x) && ~islogical(x)) || isnan(x),raw); % Find non-
numeric cells
raw(R) = {0.0}; % Replace non-numeric cells
input = reshape([raw{:}],size(raw));
clearvars raw R;

fis=readfis('FuzzySystem_new.fis')

out=evalfis([2.28 3.81 2.16 31 6 2 3 3],fis)

[x , y]=size(input)
out=zeros(x,1);

for i=1:x
out(i)=evalfis(input(i,:),fis);

end
clc
```
