

ΚΩΣΤΑΣ ΡΟΚΟΣ

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΙΚΗ
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ:
ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΘΗΝΑ
1991

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ :
ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

"Η έγκριση διδακτορικής διατριβής από το Πάντειον Πανεπιστήμιο δεν υποδηλώνει την αποδοχή των γνώμων του συγγραφέως." (Νόμος 5343/32, άρθρο 202, παρ. 2)

ΚΩΣΤΑΣ ΡΟΚΟΣ

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΙΚΗ
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ:
ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΓΚΡΙΘΕΙΣΑ

ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΝΤΕΙΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΑΘΗΝΑ
1991

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Η ξεχωριστή σημασία που έχει η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας για την πολυκριτηριακή αξιολόγηση καθώς και οι ελλείψεις που παρουσίασαν οι προσπάθειες για την βελτίωση της κλασσικής προσέγγισης του Guttman στις δύο τελευταίες δεκαετίες (προσεγγίσεις των Maitre, Degenne, Goodman, Clogg) αποτέλεσαν κίνητρο για την αναζήτηση ενός πληρέστερου μοντέλου ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας και διαβάθμισής της.

Η αναζήτηση αυτή είχε ως αφετηρία ένα σχέδιο-πρότοτο του Οργανισμού της Αθήνας (ΟΑ του ΥΠΕΧΩΔΕ) για την συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση μιας από τις πλέον υποβαθμισμένες περιοχές βορειοανατολικά της Πρωτεύουσας. Πρόκειται για σχέδιο-πρότοτο στο πλαίσιο διαχειρησιακών, κυρίως, συγκοινωνιακών παρεμβάσεων υποστηριζομένων με μέτρα περισσότερο παρά με συγκοινωνιακά έργα. Παρεμβάσεις που, από την φύση τους, προϋποθέτουν την αξιολόγηση εναλλακτικών συγκοινωνιακών διαδρομών, με ιδιαίτερη έμφαση στην συμπεριφορά του χρήστη των συγκοινωνιών.

Η μελέτη αυτή στην οποία είχα την ευθύνη καθορισμού και εφαρμογής της μεθοδολογίας αξιολόγησης, συνεπάγεται την διαβάθμιση συνόλων ποιοτικών χαρακτηριστικών (τακτικών κλιμάκων) της αναγνωσιμότητας στους συγκοινωνιακούς άξονες. Μου έδωσε, έτσι, την ευκαιρία της αναζήτησης ενός μοντέλου ελέγχου της κλιμακωσιμότητας (στο σύνολο των χαρακτηριστικών/κριτηρίων που συνθέτουν την αναγνωσιμότητα) και διαβάθμισης των εναλλακτικών διαδρομών. Πράγμα που επιχειρήθηκε στην μελέτη του ΟΑ με το μοντέλο Attitude, ένα μοντέλο εδραζόμενο στην μηδενική υπόθεση κλιμακωσιμότητας του Maitre.

Η συστηματική προσέγγιση μιας καλύτερης έκφρασης της κλιμακωσιμότητας και πληρέστερης διαβάθμισής της με οδήγησε στο μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ. Αλλωστε, τόσο η κλιμακωσιμότητα όσο και η πολυκριτηριακή απόφαση, γενικότερα, είναι τομείς όπου και παλιότερα είχα ασχοληθεί τόσο στο επίπεδο του σχεδιασμού όσο και σ αυτό της έρευνας. Με γνώμονα, λοιπόν, όχι μόνον τις διατυπωμένες κριτικές θέσεις για τις υφιστάμενες προσεγγίσεις ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας (Clogg and Sawyer, Shye, Degenne, Goodman, κλπ) αλλά και την εμπειρία μου, η θεωρητική έδραση του προτεινόμενου μοντέλου επιχειρήθηκε σε νέες και σαφώς διατυπωμένες υποθέσεις (μηδενικές υποθέσεις και υποθέσεις ισορροπίας των παραμέτρων του μοντέλου).

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν συστηματικοί έλεγχοι της συνθέσεως των παραμέτρων του μοντέλου και του αποτελέσματός τους - καθέκαστα και συνθετικά - στην μέτρηση και στην απόδοση της κλιμακωσιμότητας. Οι ενδεικτικές τιμές των παραμέτρων του μοντέλου, σε αντιδιαστολή με αντίστοιχες τιμές άλλων μοντέλων παρουσιάζονται στην διατριβή, αμέσως μετά την θεωρητική θεμελίωση του προτεινόμενου μοντέλου.

Πιστεύω πως τόσο η θεωρητική θεμελίωση του μοντέλου, όσο και η λειτουργική επάρκεια και πληρότητά του στην χρήση σε συνδυασμό με την σημαντική οικονομία λογισμού που προσφέρει έναντι άλλων προσεγγίσεων αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματά του.

Ουσιαστικό χαρακτηριστικό της διατριβής αυτής αποτελεί το γεγονός ότι το προτεινόμενο μοντέλο διερευνήθηκε και βεβαιώθηκε εμπειρικά όχι μόνον με τα δεδομένα της ανάλυσης αναγνωσιμότητας στην εφαρμογή της μελέτης του ΟΑ αλλά και με δεδομένα άλλων παραδειγμάτων δανεισμένων από ανακοινώσεις τρίτων (Nie et al και Goodman). Τόσο στις εφαρμογές αυτές όσο και στην εφαρμογή της ανάλυσης της αναγνωσιμότητας ο υπολογισμός των τιμών των παραμέτρων του προτεινόμενου μοντέλου και, παράλληλα, ο υπολογισμός των παραμέτρων των μοντέλων Guttman, Maitre, Degenne και Goodman προσφέρουν την δυνατότητα αντιπαραβολής των δυνατοτήτων και της απόδοσης του προτεινόμενου μοντέλου σε σχέση με τις προηγούμενες προσεγγίσεις. Πρόκειται για αντιπαραβολή που έρχεται να συμπληρώσει την αντίστοιχη αντιπαραβολή ενδεικτικών τιμών.

Νομίζω, τέλος, ότι ουσιαστικά προσόντα του προτεινόμενου μοντέλου έναντι των προγενέστερων προσεγγίσεων συνιστούν, αφενός η δυνατότητα γενίκευσής του για τακτικές κλίμακες και, αφετέρου, η δυνατότητα αυτοδιόρθωσής του με βάση ιδιαίτερους, κατά περίπτωση, δείκτες του.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η προσέγγιση αυτή πιστεύω ότι παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα - θεωρητικά και λειτουργικά - έναντι των προγενεστέρων της αλλά και ευρύτερο μεθοδολογικό ενδιαφέρον στον χώρο της πολυκριτηριακής αξιολόγησης και απόφασης. Γεγονός που δεν απορρέει μόνον από την, όποια, επάρκεια του μοντέλου στην ανάλυση και διαβάθμιση της αναγνωσιμότητας αλλά και από την δυναμική του κλάδου της πολυκριτηριακής αξιολόγησης/απόφασης ενός κλάδου που παρουσιάζει έντονη ανάπτυξη στις μέρες μας καθώς και σημαντικές θεωρητικές ανακατατάξεις, έχοντας ήδη αρχίσει να αυτονομείται και να συγκροτείται σε αυτοτελή τομέα ανάλυσης.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες για την βοήθειά τους στην προσέγγιση και έκφραση των εννοιών της συγκοινωνιακής/πολεοδομικής αναγνωσιμότητας, που αποτέλεσε τον κύριο θεματικό χώρο εμπειρικής δοκιμής του μοντέλου, οφείλονται στους συγκοινωνιολόγους του ΥΠΕΧΩΔΕ κυρίους Γ.Αργυράκο, Θ.Βλαστό και Κ.Πετράκη. Ευχαριστίες οφείλονται επίσης στους καθηγητές κυρίους Κ.Δελή, Η.Σιδηρόπουλο, Μ.Σάλλα και Α.Τασόπουλο που παρακολούθησαν την διατριβή και ιδιαίτερα στον επιβλέποντά της καθηγητή Ν.Κόνσολα. Ευχαριστίες οφείλονται τέλος στον μαθηματικό κύριο Θ.Διαμαντίδη που είχε την επιμέλεια της παρουσίασης του τόμου.

0.Εισαγωγή.	1
1. Η ποιοτική πολυκριτηριακή αξιολόγηση.	5
1.1. Η προσέγγιση και τα μειονεκτήματα της συμβατικής αξιολόγησης.	7
1.2. Βασικές έννοιες της πολυκριτηριακής αξιολόγησης.	10
1.3. Τυπολόγηση των μεθόδων της πολυκριτηριακής αξιολόγησης.	14
1.4. Οι κύριες μέθοδοι στα ποιοτικά δεδομένα.	19
1.5. Η θέση της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας στην ποιοτική αξιολόγηση.	23
2. Η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας: βασικές έννοιες και κριτική των υφισταμένων προσεγγίσεων.	25
2.1. Η έννοια της κλιμάκωσης.	26
2.1.1. Η τέλεια κλιμάκωση.	26
2.1.2. Οροι και συμβολισμοί.	27
2.1.3. Οι ιδιότητες της τέλει κλιμάκωσης και η κλιμακωσιμότητα.	32
2.1.4. Η σημασιολόγηση της κλιμάκωσης.	34
2.2. Η μέτρηση της κλιμακωσιμότητας κατά Guttman.	35
2.2.1. Ο συντελεστής αναπαραγωγής και ο συντελεστής κλιμακωσιμότητας.	35
2.2.2. Η διαβάθμιση των αντικειμένων της κλιμακώσιμης περιγραφής.	38
2.3. Η κριτική της προσέγγισης του Guttman.	39
2.4. Οι νεώτερες προσεγγίσεις.	41
2.4.1. Η προσέγγιση του Maitre (Loevinger).	41
2.4.2. Η προσέγγιση του Goodman.	44
2.5. Κριτική των προσεγγίσεων Maitre (Loevinger), Degenne και Goodman.	51
3. Το προτεινόμενο μοντέλο κλιμακωσιμότητας.	59
3.1. Η μορφή του προτεινόμενου μοντέλου.	60
3.2. Η δομή του προτεινόμενου μοντέλου.	61
3.2.1. Η έκφραση της μονοδιάστασης.	61
3.2.2. Η έκφραση της σωρευτικότητας.	64
3.2.3. Η σύνθεση της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας στην κλιμακωσιμότητα.	68
3.3. Ενδεικτικές τιμές παραμέτρων του προτεινόμενου μοντέλου.	76
3.4. Πρόταση τροποποίησης του δείκτη αναπαραγωγής.	86

3.5. Ανάλυση και τροποποίηση δεδομένων στα παραδείγματα των Nie et al και του Goodman σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο.	86
3.5.1. Το παράδειγμα των Nie et al.	87
3.5.2. Το παράδειγμα του Goodman.	89
3.6. Από την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας στην διαβάθμιση των εναλλακτικών της αξιολόγησης.	93
4. Εφαρμογή και εμπειρική βεβαίωση του προτεινόμενου μοντέλου.	99
4.1. Ο σκοπός, τα δεδομένα και η ιδιαίτερη προβληματική της εφαρμογής.	102
4.2. Η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας.	106
4.3. Η διαβάθμιση των συνδυασμών (εναλλακτικών) της αξιολόγησης.	109
4.4. Η εμπειρική βεβαίωση.	112
4.5. Η ερμηνεία της εφαρμογής.	118
5. Η χρήση, ο χαρακτήρας και η συμβολή στην ανάλυση του προτεινόμενου μοντέλου: συνοπτική αποτίμηση.	121
Βιβλιογραφία.	125

Στην τελευταία δεκαετία αναπτύχθηκε μια μεγάλη σειρά μοντέλων πολυκριτηριακής ανάλυσης (απόφασης) σε διακριτά δεδομένα· αποσκοπώντας στην αντιμετώπιση ουσιαστικών μειονεκτημάτων ανάλυσης στις συμβατικές προσεγγίσεις της μονοσυναρτησιακής αξιολόγησης. Σε προσεγγίσεις, δηλαδή, εδραζόμενες στην αριστοποίηση (ελαχιστοποίηση/μεγιστοποίηση) αντικειμενικών συναρτήσεων - γραμμικών συνήθως - στο πλαίσιο της ανάλυσης κόστους/ωφελειών, της θεωρίας της επιλογής ή της θεωρίας της χρησιμότητας.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην αξιολόγηση με τακτικά δεδομένα (soft multicriteria evaluation) όπου αναπτύχθηκε μια μεγάλη σειρά μοντέλων· προσανατολισμένη, κυρίως, στην αξιολόγηση συγκρουομένων κριτηρίων (ή / και στόχων) και ξεκινώντας από δεδομένα κριτηρίων επιθυμίας (desirability) περισσότερο παρά εφικτότητας (attainability). Έτσι, τόσο ο ιδιαίτερος προσανατολισμός της ανάλυσης (αξιολόγησης) όσο και η διάθεση μελέτης που τον συνόδευε οδηγούσε συνήθως στην a priori αποδοχή των κριτηρίων αξιολόγησης ως ανεξάρτητων μεταβλητών.

Με λανθάνοντα συνήθως τρόπο ή ρητά, σπανιότερα, η αξιολόγηση θεωρεί την δομή των κριτηρίων ως δομή ανεξάρτητων μεταβλητών. Έτσι, δεν υπήρξαν στα τελευταία χρόνια, με περιορισμένες εξαιρέσεις, σημαντικές διερευνήσεις ιδιαίτερων δομών των δεδομένων αξιολόγησης (βλ. κεφ.

1.), ενώ, συχνά, μοντέλα κλιμακωσιμότητας - όπως αυτό του Guttman - δεν συμπεριλαμβάνονταν στις τυπολογήσεις των μοντέλων αξιολόγησης.

Το μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ αναφέρεται στην δομή της κλιμακωσιμότητας. Μια ιδιαίτερη δομή της αξιολόγησης που προσδιορίζεται συνήθως σε κριτήρια εφικτότητας παρά επιθυμίας και η οποία προσανατολίζεται στην διακρίβωση των σχέσεων συνεπαγωγής (εγκλεισμού συχνотήτων) μεταξύ των κριτηρίων (βλ. κεφ. 2.).

Η διακρίβωση της δομής της συνεπαγωγής σε περιγραφές συμπεριφορών των κοινωνικών κλάδων αφορά άμεσα στην θεωρητική (επιστημονική) συγκρότηση των κλάδων αυτών. Η συνεπαγωγή αποτελεί την κύρια ιδιότητα - άλλοτε ρητή και άλλοτε λανθάνουσα - σε πληθώρα θεωρητικών σχηματοποιήσεων των κοινωνικών φαινομένων αποτελώντας την αφετηρία της διατυπωσης σε θεωρία των θεωρητικών σχημάτων.

Είναι χαρακτηριστικό, π.χ., ότι η συνεπαγωγή μεταξύ των χαρακτηριστικών περιγραφής των κοινωνικών φαινομένων αποτελεί την ιδιότητα/βάση όλων των σχημάτων των λεγομένων "εξελικτικών θεωριών". Η θεωρία των σταδίων της μεγέθυνσης (Rostow), οι θεωρίες της εξέλιξης της αστικής δομής ή οι θεωρίες των κεντρικών θέσεων αποτελούν παραδείγματα "εξελικτικών" θεωρητικών σχημάτων στον χώρο της περιφερειακής επιστήμης.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η προσφορά της ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας (ως διακρίβωση της δομής της συνεπαγωγής στα χαρακτηριστικά/κριτήρια περιγραφής των κοινωνικών φαινομένων) στην θεωρητική συγκρότηση των κοινωνικών κλάδων είναι αυτονόητη· πράγμα που προσδιορίζει, *δυνάμει*, την ιδιαίτερη επιστημονική σημασία (ειδικό βάρος) των μοντέλων ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας.

Μετά από την συστηματική παρουσίαση και επισήμανση των μειονεκτημάτων του πρώτου, ιστορικά, μοντέλου κλιμακωσιμότητας (μοντέλο Guttman) καθώς και των μοντέλων που επιχείρησαν, αργότερα, την βελτίωσή του -τα μοντέλα Maitre, Degenne και Goodman (κεφ. 2.)- παρουσιάζεται (κεφ. 3.) η προσπάθεια συγκρότησης ενός πληρέστερου μοντέλου ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας και αξιολόγησης.

Την παρουσίαση της θεωρητικής συγκρότησης του προτεινόμενου μοντέλου και των ενδεικτικών τιμών των παραμέτρων του (παρ. 3.1., 3.2. και 3.3.) ακολουθεί η εφαρμογή του· τόσο σε παραδείγματα από αναλύσεις τρίτων (Nie et al, Goodman, παρ. 3.5.) όσο και σε μια ειδική εφαρμογή (case study) στην αξιολόγηση εναλλακτικών προτάσεων βελτίωσης συγκοινωνιακού δικτύου (κεφ. 4.).

Στην τελευταία εφαρμογή δίνεται η δυνατότητα συγκριτικού ελέγχου της αξιοπιστίας του προτεινόμενου μοντέλου ως προς άλλα μοντέλα κλιμακωσιμότητας καθώς και της ερμηνευτικής του ικανότητας (εμπειρική βεβαίωση). Ενώ στις προηγούμενες εφαρμογές (παρ. 3.5.) δίνεται η δυνατότητα ελέγχου της ευρύτητας εφαρμογής και της λειτουργικότητας του μοντέλου.

Από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της θεωρητικής συγκρότησης και της εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου προσδιορίζεται συνοπτικά η χρήση του (πεδίο εφαρμογής) και ο ιδιαίτερος χαρακτήρας του ενώ, τέλος, αποτιμάται η συμβολή του στην ανάλυση (κεφ. 5.).

Διαπιστώνεται ότι το προτεινόμενο μοντέλο γενικεύοντας σημαντικά την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας (σε πολυτομικά τακτικά κριτήρια) και προσφέροντας την δυνατότητα αναλυτικής προσέγγισης ή / και τροποποίησης της αρχικής περιγραφής ευρύνει ουσιαστικά το πεδίο εφαρμογής της ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας στην αξιολόγηση.

Παράλληλα, η θεωρητική πληρότητα, ο πιθανοτικός χαρακτήρας, η επακριβής απόδοση της κλιμακωσιμότητας σε αριθμητικές κλίμακες και η λογιστική οικονομία του μοντέλου συμβάλουν ουσιαστικά στην εφαρμογή του στην αξιολόγηση.

Η, δυνάμει, ιδιαίτερη σημασία του προτεινόμενου μοντέλου (ως εκ του θεματικού χώρου αναφοράς του) αφενός, και οι ιδιότητες της συγκρότησής του αφετέρου, όπως συνοψίζονται στα προηγούμενα (βλ., αναλυτικότερα, κεφ. 3., 4., 5.) προσδιορίζουν την συμβολή του στην θεωρητική συγκρότηση των κοινωνικών κλάδων της γνώσης, γενικά, και της περιφερειακής επιστήμης ειδικότερα.

Ο όρος πολυκριτηριακή αξιολόγηση συνοψίζει τον τρόπο προσέγγισης μιας μεγάλης σειράς μεθόδων και τεχνικών αξιολόγησης που εμφανίστηκαν στην διεθνή βιβλιογραφία από τις αρχές της δεκαετίας του '70 τείνοντας να αντικαταστήσουν, σήμερα, τις συμβατικές προσεγγίσεις στην αξιολόγηση.

Η "απόφαση πολλαπλών στόχων" (multiple objective decision), η "αξιολόγηση συγκρουόμενων προτεραιοτήτων" (conflicting priorities evaluation), η "πολυκριτηριακή επιλογή" (multi-criteria choice), ή η "κλιμάκωση πολλαπλών διαστάσεων" (multidimensional scaling) αποτελούν ονόματα ιδιαίτερων πεδίων εφαρμογής που στηρίζονται - αλλά και ενσωματώνονται, πρόσφατα* - στο ενιαίο θεωρητικό υπόβαθρο της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Η πολλαπλότητα των ονομάτων και των μεθόδων της πολυκριτηριακής αξιολόγησης οφείλεται στην αντίστοιχη πολλαπλότητα των στόχων της αξιολόγησης αλλά και στην πολλαπλότητα της μορφής των φαινομένων όπου επιχειρείται η αξιολόγηση (βλ. παρ. 1.2.). Έτσι ο προσδιορισμός του θεωρητικού υποβάθρου της πολυκριτηριακής ανάλυσης δεν επιχειρείται συνήθως αυτοτελώς αλλά

* Βλέπε, γενικά, Hwang and Yoon 1981, Zeleny 1982, Roy and Vincke 1981, Keeney and Raiffa 1982, Chankong and Haimes 1983, καθώς και Nijkamp and Rietveld 1986, Seo and Masatoshi 1988, σε ότι αφορά στον περιφερειακό σχεδιασμό.

σε αντιδιαστολή με τις συμβατικές προσεγγίσεις (βλ. Zeleny 1982). Αντιδιαστολή που δεν αναφέρεται στον αριθμό των εξεταζομένων παραμέτρων (βλ. παρ. 1.1.) όπου, ενδεχόμενα, παραπέμπει ο όρος αλλά στον τρόπο σύνθεσής τους.

Αυτό που κυρίως διακρίνει την πολυκριτηριακή από τις συμβατικές προσεγγίσεις αξιολόγησης είναι το ότι, αντίθετα με αυτές, δεν επιχειρεί την σύνθεση των παραμέτρων αξιολόγησης σε ενιαία - πλήρως οριζόμενη μαθηματικά - συνάρτηση. Η λύση του προβλήματος της πολυκριτηριακής αξιολόγησης δεν αποτελεί συνεπώς "άριστη" λύση σε ένα πλήρως οριζόμενο περιβάλλον απόφασης αλλά "επαρκή" λύση με την έννοια του Koopmans, σε ένα περιβάλλον μη προκαθορισμένων σχέσεων των παραμέτρων και, συχνά, υψηλής αβεβαιότητας (risky environment).

Με την παρουσίαση των μειονεκτημάτων των συμβατικών προσεγγίσεων (παρ. 1.1.), των βασικών εννοιών της πολυκριτηριακής αξιολόγησης (παρ. 1.2.) και των μεθόδων της ποσοτικής πολυκριτηριακής αξιολόγησης (παρ. 1.4.) προσδιορίζονται οι διαφορές της πολυκριτηριακής από την συμβατική προσέγγιση και εντοπίζεται η προσφορά της.

Η ουσιαστική διαφοροποίηση της διάθεσης μελέτης (ανάλυσης) που συνεπάγεται η πολυκριτηριακή προσέγγιση έναντι της συμβατικής φαίνεται να συνδέεται στενά με τις ιστορικές συνθήκες που επηρέασαν την πρακτική του σχεδιασμού στην δεκαετία του '70.

Κύριοι παράγοντες που συνέτειναν στην επισήμανση των μειονεκτημάτων των συμβατικών μεθόδων αλλά και στην αναζήτηση πληρέστερου θεωρητικού υπόβαθρου για την αξιολόγηση φαίνεται να ήταν:

- η έντονη κριτική του μεταπολεμικού τρόπου ανάπτυξης (welfare society) στις δυτικές κοινωνίες. Αλλωστε, η έλλειψη ρητά διατυπωμένης κριτικής, αντίστοιχα, στις ανατολικές χώρες την εποχή εκείνη συμβαδίζει με την έλλειψη πολυπαραμετρικών εφαρμογών εκεί.
- οι ενεργειακές κρίσεις στις αρχές (1973) και στα τέλη (1978) της δεκαετίας του '70 που ενέτειναν την πληρέστερη παρακολούθηση (monitoring) της αποτελεσματικότητας (effectiveness) και της απόδοσης (efficiency) του σχεδιασμού.
- η κοινωνική ευαισθητοποίηση σχετικά με τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις δραστηριοτήτων και έργων.
- η ευρεία διάδοση των διαδικασιών της κοινωνικής συμμετοχής στον σχεδιασμό της ανάπτυξης τόσο στα τοπικά όσο και στα ευρύτερης σημασίας σχέδια και προγράμματα.
- η έντονη προβολή της αναγκαιότητας ολοκληρωμένου σχεδιασμού (οικονομικού, περιβαλλοντικού, φυσικού και ενεργειακού) που απορρέει από τα προηγούμενα και υιοθετήθηκε αργότερα ως προϋπόθεση για την ενίσχυση τοπικών και ευρύτερων σχεδίων ανάπτυξης (Προγράμματα ΜΟΠ και ΣΠΑ της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, Προγράμματα συντονισμού των δικτύων μεταφορών του ΟΗΕ, όπως π.χ. το πρόγραμμα TEM, κ.λπ.).

Από επιστημολογική άποψη οι προηγούμενοι παράγοντες, που επηρέασαν τον σχεδιασμό της ανάπτυξης και την περιφερειακή πολιτική, συμβαδίζουν με την εγκατάλειψη των άκαμπτων θεωρητικών σχημάτων του περασμένου αιώνα και την πλατιά διάδοση της εμπειρικής ανάλυσης· τόσο στους παραδοσιακούς επιστημονικούς κλάδους, και ιδιαίτερα στην βιολογία, όσο και στους κλάδους των λεγόμενων κοινωνικών επιστημών (οικονομετρία, κοινωνιομετρία,

ψυχομετρία) καθώς και στους κλάδους που συνδέονται άμεσα με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Θεωρία Αυτομάτων, Αναγνώριση Μορφών, Νευροφυσιολογία κ.λπ.).

Όσο χαμηλότερη ήταν η ερμηνευτικότητα των θεωριών αυτών στα εξεταζόμενα φαινόμενα τόσο δραστικότερη ήταν η προσφυγή στην εμπειρική ανάλυση που υποβοηθήθηκε σημαντικά από την διάδοση των Η/Υ. Κοινό επιστημολογικό χαρακτηριστικό (προυπόθεση) της ανάπτυξης της πολυκριτηριακής ανάλυσης στους κλάδους αυτούς ήταν συνήθως η αβεβαιότητα του περιβάλλοντος της απόφασης, η έλλειψη των συνθηκών που προυποθέτει η εκλογικευμένη επιλογή (rational choice), η ανάγκη ανάδειξης της καθέκαστα επιρροής τους σε περιπτώσεις ισχυρής αλληλοσύνδεσης των κριτηρίων απόφασης, ή ο διαδραστικός (interactive) χαρακτήρας της απόφασης. Προυποθέσεις τις οποίες η συμβατική αξιολόγηση δεν μπόρεσε να αντιμετωπίσει.

Έτσι παράλληλα προς την αναγκαιότητα αλλαγής της σχεδιαστικής πρακτικής στην δεκαετία του '70 που ευνόησε την ανάπτυξη της πολυκριτηριακής αξιολόγησης, η ανάπτυξη αυτή επιβλήθηκε από ριζικές επιστημολογικές αναθεωρήσεις στο θεωρητικό υπόβαθρο των κοινωνικών επιστημών. Αναθεωρήσεις που αμφισβητώντας την επιστημολογική "επάρκεια" των άκαμπτων θεωρητικών σχημάτων συνηγορούν στην υιοθέτηση περισσότερο ερμηνευτικών, εύκαμπτων προσεγγίσεων. Ιδιότητες στις οποίες προσανατολίστηκε η ανάπτυξη των μεθόδων της πολυκριτηριακής αξιολόγησης (βλ. παρ. 1.3. και 1.4.).

Ιδιαίτερη επιστημολογική σημασία για την πολυκριτηριακή αξιολόγηση έχει η αξιολόγηση με βάση την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας (βλ. παρ. 1.5. και κεφ. 2.). Και τούτο γιατί η αξιολόγηση αυτή στηριζόμενη στις σχέσεις συνεπαγωγής (εγκλεισμού) μεταξύ των κριτηρίων της αξιολόγησης συμβάλει στην θεωρητική μορφοποίηση του εξεταζόμενου φαινομένου - επιτρέποντας την σημασιολόγησή του - αλλά και στον έλεγχο διαφορετικών (εναλλακτικών) θεωρητικών σχημάτων πάνω στην σχετική επιρροή των κριτηρίων της αξιολόγησης (βλ. κεφ. 3 και 4).

1.1. Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.

Οι συμβατικές προσεγγίσεις αξιολόγησης - στηριζόμενες στις θεωρίες της χρησιμότητας και της επιλογής (utility theory, choice theory) - αποβλέπουν στην αριστοποίηση κάποιας συνάρτησης g . Η συνάρτηση αυτή αντιπροσωπεύει κάποια συγκεκριμένη άποψη αξιολόγησης, ονομαζόμενη συνήθως αντικειμενική συνάρτηση (objective function) ή συνάρτηση διαβάθμισης (value function) ή συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) ή δείκτης επιτέλεσης (performance indicator).

Συνδέει κάθε εναλλακτική του συνόλου A με μια τιμή έτσι ώστε:

$$\text{η εναλλακτική } \alpha \text{ είναι καλύτερη της } \beta \text{ εάν } g(\alpha) > g(\beta), \quad \forall \alpha, \beta \in A \quad (1.1)$$

Συνεπώς η συνάρτηση g προσδιορίζει την άριστη (optimum) εναλλακτική.

Έχοντας προσδιορίσει το σύνολο A και την συνάρτηση g , αναζητείται η ύπαρξη και η μοναδικότητα της αρίστης εναλλακτικής με την βοήθεια κάποιου αλγόριθμου.

Αυτός είναι ο στοχος της αριστοποίησης σε συμβατικές εφαρμογές όπως αυτές του γραμμικού προγραμματισμού ή της ανάλυσης κόστους/ωφελειών. Ακόμη κι όταν τα κριτήρια αξιολόγησης είναι περισσότερα του ενός $(C_1, \dots, C_j, \dots, C_m)$, με την αριστοποίηση συντίθενται σε ένα και μόνον κριτήριο. Έτσι οι εναλλακτικές του συνόλου A ως προς ένα σύνολο μεταβλητών απόφασης $(a_1, \dots, a_i, \dots, a_j)$ θεωρείται ότι ικανοποιούν, μια σειρά περιορισμών. Ισχύουν, δηλαδή:

$$\max_{a_i \in A} u(C_1, \dots, C_j, \dots, C_m)$$

$$\text{έτσι ώστε } C_j = C_j(a_1, \dots, a_j, \dots, a_n) \quad j = 1, \dots, m \quad (1.2)$$

$$f_i = (a_1, \dots, a_i, \dots, a_n) \leq K_i \quad i = 1, \dots, L$$

όπου οι συναρτήσεις f αναπαριστούν τους περιορισμούς στις μεταβλητές απόφασης.

Ανάλογα με την εξειδίκευση των σχέσεων (1.2) η αριστοποίηση θα μπορούσε να επιδιωχθεί με την μέθοδο του Lagrange (αν οι ανισότητες αντικατασταθούν με ισότητες), με γραμμικό προγραμματισμό (αν όλες οι σχέσεις είναι γραμμικές), ή με βάση τις συνθήκες Kuhn-Tucker ή κάποιον μη γραμμικό αλγόριθμο όταν οι σχέσεις δεν είναι γραμμικές.

Ως πρόβλημα αριστοποίησης θα μπορούσε να θεωρηθεί και η ανάλυση κοινωνικού κόστους/ωφελειών. Πρόβλημα που ανήκει στην οικογένεια των 0/1 προβλημάτων (πραγματοποίησης/μη πραγματοποίησης) ως προς κάθε συγκεκριμένη εναλλακτική. Ισχύει δηλαδή:

$$\max \omega = \sum_{i=1}^n B_i \times \Pi_i$$

$$\text{έτσι ώστε } \sum_{i=1}^n \Pi_i \leq 1, \quad \Pi_i = 0,1 \quad (1.3)$$

$$\text{και όταν } B_i = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m (\beta_{jt} - C_{jt}) \times e^{-pt}$$

$$\sum_{i=1}^n \Pi_i \times \sum_{j=1}^m k_{ijt} \leq K_t \quad \forall t \quad (t=1, \dots, T)$$

όπου:

B_i : η καθαρή ωφέλεια κάθε (εναλλακτικής) επενδύσεως i .

β_j : η στοιχειώδης (ως προς κάθε στοιχείο/κριτήριο του έργου, j) ωφέλεια.

C_j : το στοιχειώδες κόστος (ως προς κάθε στοιχείο/κριτήριο του έργου).

t : η στοιχειώδης μονάδα (περίοδος) χρόνου του ορίζοντος αξιολόγησης T .

K_t : η προβλεπόμενη χρηματοδότηση στην περίοδο t .

k_{ijt} : οι μοναδιαίες δαπάνες οι συνδεόμενες με την εναλλακτική i ως προς το στοιχείο του έργου j και για την περίοδο t .

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η αριστοποίηση, όπως εφαρμόζεται στις συμβατικές προσεγγίσεις αξιολόγησης, μπορεί να θεωρηθεί τυπικά/μαθηματικά ως πλήρως οριζόμενη (βλ. Roy and Vincke

1981). Πράγμα που επιτρέπει πάντοτε την επιλογή μιας, ή περισσότερων, λύσεων που ικανοποιούν τις υποθέσεις της ανάλυσης.

Ωστόσο οι ίδιες οι υποθέσεις της ανάλυσης περιορίζοντας την αλληλεπίδραση των - συχνά ανταγωνιστικών - κριτηρίων στις ενιαίες συναρτήσεις, g, δεν επιτρέπουν την επαρκή απόδοση των αναλυομένων φαινομένων. Γεγονός που αποτέλεσε, συχνά, την αιτία της χαμηλής ερμηνευτικής και προγνωσιακής αξίας των συμβατικών αξιολογήσεων (βλ. Nijkamp and Rietveld 1986, Zeleny 1982). Από την αδυναμία αυτή των συμβατικών προσεγγίσεων απορρέουν, ή και συνδέονται στενά, σημαντικά μειονεκτήματά τους έναντι των πολυπαραμετρικών προσεγγίσεων και κυρίως:

- η υπόθεση της εκλογικευμένης επιλογής (rational choice behaviour) που αποτελεί δεδομένο πλαίσιο ανάλυσης της οικονομικής-κοινωνικής συμπεριφοράς στην θεωρία της χρησιμότητας και επιλογής. Αντίθετα η πολυπαραμετρική προσέγγιση δίνει την δυνατότητα διερεύνησης του τύπου συμπεριφοράς που θα μπορούσε, κάλλιστα, να μην ανταποκρίνεται σε πρότυπα της εκλογικευμένης επιλογής.
- η υπόθεση ενός στατικού, μη διαδρασιακού (non interactive), περιβάλλοντος αξιολόγησης όπου η απόφαση θεωρείται ως μοναδική -εφάπαξ- ενέργεια. Αντίθετα η πολυπαραμετρική προσέγγιση δίνει την δυνατότητα διαδρασιακού ελέγχου ή και αναθεώρησης της απόφασης.
- η αδυναμία της ενσωμάτωσης ποιοτικών δεδομένων (ονομαστικών και τακτικών κριτηρίων) στην αξιολόγηση αντίθετα από την πολυπαραμετρική προσέγγιση που μπορεί να αντιμετωπίσει είτε αμιγώς ποιοτικά δεδομένα είτε μικτές ομάδες (ποσοτικών και ποιοτικών) κριτηρίων.
- η αδυναμία ανάδειξης της καθέκαστα επιρροής διαφορετικών ή και συγκρουομένων κριτηρίων στην σύνθεση της επιλογής. Αντίθετα προς την πολυπαραμετρική προσέγγιση.
- η αδυναμία ενσωμάτωσης διαφορετικών συντελεστών της απόφασης (ομάδων ειδικού ενδιαφέροντος, εκπροσώπων κοινωνικών ή κρατικών φορέων, κ.λ.π.) στην διαδικασία διαμόρφωσής της. Αντίθετα, και εδώ, με τις μεθόδους της πολυκριτηριακής αξιολόγησης.

Τα περισσότερα από τα προηγούμενα μειονεκτήματα υφίστανται και σε μια σειρά προσεγγίσεων που επιχειρούν την βελτίωση των συμβατικών μονοπαραμετρικών προσεγγίσεων, και κυρίως:

- στην ανάλυση κόστους/αποτελεσματικότητας (cost effectiveness analysis) και στην ανάλυση πύλης (threshold analysis), βλ. English 1968, Seiler 1968, Malisz 1970.
- στην συμβατική ανάλυση αντιπαροχής (trade off analysis), βλ. Fishburn 1978, Keeney and Raiffa 1976, Tell 1976.
- στην ανάλυση του προγραμματικού ισοζυγίου (planning balance sheet), βλ. Lichfield et al 1975.
- στην ανάλυση του μητρώου επιτεύξεως στόχων (goals - achievement matrix), βλ. Hill 1973.

Ακόμη και σε προσεγγίσεις που συχνά παρουσιάζονται ως πολυπαραμετρικές - όπως, π.χ., η

μέθοδος της ζυγισμένης άθροισης (weighted summation method, βλ. Voogd 1983) ή η ανάλυση της πολυπαραμετρικής χρησιμότητας (multiattribute utility analysis, βλ. Zeleny 1982) - τα περισσότερα από τα προηγούμενα μειονεκτήματα επηρεάζουν σημαντικά το αποτέλεσμα της αξιολόγησης.

Η καταγωγή των πολυπαραμετρικών προσεγγίσεων από τις συμβατικές φαίνεται να εξηγεί την αντίφαση. Έτσι αν και από το 1896 είχε διατυπωθεί η έννοια της αριστοποίησης κατά Pareto (Pareto-optimality), ενώ ο Koopmans διατύπωνε, μισό αιώνα αργότερα (1951), την συγγενή έννοια της επαρκούς λύσεως (efficient solution) και οι Kuhn and Tucker (1951), την έννοια της ανισματικής μεγιστοποίησης (vector maximization), η πολυπαραμετρική αξιολόγηση άρχισε να εφαρμόζεται στις αρχές της δεκαετίας του '70 ενώ συστηματικές συνολικές θεωρήσεις εμφανίζονται στις αρχές της δεκαετίας του '80 (βλ. Roy and Vincke 1981, Zeleny 1982, Raiffa 1986, Hwang and Yoon 1981, γενικά, και Nijkamp and Rietveld 1983, 1986, ειδικότερα στην περιφερειακή ανάλυση).

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '60 η αναγκαιότητα των πολλαπλών στόχων στην αξιολόγηση αντιμετωπίζεται με την αύξηση των περιορισμών της συμβατικής αξιολόγησης, την αύξηση του αριθμού I , δηλαδή, στην σχέση (1.2) ή με την αύξηση της παραμέτρου j στην ανάλυση του κόστους/ωφελών (σχέση 1.3), έτσι ώστε με την προσέγγιση του σκιώδους έργου (shadow project approach - βλ. Klaassen and Botterweg 1973) τα κόστη και οι ωφέλειες από περιβαλλοντικές, κοινωνικές ή πολιτισμικές επιπτώσεις να συμπεριληφθούν στην ανάλυση. Γεγονός που, φυσικά, δεν αλλάζει καθόλου τον συναρτησιακό χαρακτήρα της.

Αντίθετα η πολυκριτηριακή αξιολόγηση απαλλαγμένη από την μονοσυναρτησιακή έκφραση των υποθέσεων της προσφέρει την δυνατότητα περισσότερο ελαστικών στόχων αξιολόγησης, περισσότερο ελαστικών μεθόδων αξιολόγησης και περισσότερο ελαστικής αποτίμησης (assessment) του αποτελέσματος της αξιολόγησης.

Είναι χαρακτηριστικό άλλωστε ότι στις μεθόδους των συνεχών δεδομένων κυρίως (βλ. παρ. 1.3.) συμπεριλαμβάνεται σήμερα μια μεγάλη σειρά τροποποιημένων μεθόδων και τεχνικών προερχόμενων από τις συμβατικές προσεγγίσεις και ιδιαίτερα από τη θεωρία της χρησιμότητας, τα γραμμικά σχήματα αντιπαροχής (trade-off methods) ή την ανισματική αριστοποίηση (vector optimization theory). Πράγμα που επιβεβαιώνει την θετική συνεισφορά της πολυκριτηριακής προσέγγισης στην διεύρυνση του πλαισίου (ορίζοντα) των συμβατικών αξιολογήσεων.

1.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.

Η πολλαπλότητα των στόχων και των μορφών ανάλυσης στην πολυκριτηριακή αξιολόγηση δεν επιτρέπει τον εντοπισμό κάποιων χαρακτηριστικών θεωρητικής συγκρότησης - ή κάποιας θεωρητικής αφετηρίας, έστω - ως ενιαίου θεωρητικού υπόβαθρου για την αξιολόγηση. Έτσι η θεωρητική συγκρότηση ή και κατεύθυνση, μπορεί να προσδιοριστεί, ξεχωριστά, για κάθε μέθοδο (βλ. παρ. 1.4.). Αφού στοιχειώδεις, για ορισμένες πολυκριτηριακές μεθόδους, θεωρητικές αφετηρίες, όπως αυτές της "επαρκούς λύσης", της "ανισματικής μεγιστοποίησης" ή του

"μετατιθέμενου ιδεατού" (displaced ideal), δεν έχουν ούτε καθολική εφαρμογή αλλά ούτε και καθολική αντιμετώπιση στο πλούσιο πεδίο της πολυκριτηριακής αξιολόγησης. Πεδίο που ορίζεται περισσότερο σε αντιδιαστολή με τις συμβατικές συναρτησιακές αξιολογήσεις παρά αυτοτελώς.

Ωστόσο, μια σειρά από έννοιες που συνδέονται με τους στόχους, το αντικείμενο και την περιγραφή των δεδομένων της πολυκριτηριακής αξιολόγησης αποτελούν βασικές έννοιες για την κατανόηση του θεωρητικού υπόβαθρου και της εφαρμογής των μεθόδων της. Έννοιες που περιγράφουν συγχρόνως το πεδίο εφαρμογών της πολυκριτηριακής αξιολόγησης.

Ως πολυκριτηριακή αξιολόγηση ενός συνόλου A (εναλλακτικών σχεδίων, προγραμμάτων, λύσεων, αποφάσεων, κ.λ.π.) νοείται η διαδικασία εκείνη που προσανατολίζεται σε έναν από τους ακολουθούς στοιχειώδεις στόχους:

α.στην "επιλογή" της καλύτερης εναλλακτικής (choice).

β.στην "διαμέριση" του συνόλου των εναλλακτικών σε ομάδες (partitioning).

γ.στην "συλλογή" ενός συνόλου καλών (επαρκών) εναλλακτικών (selection). Η συλλογή είναι, προφανώς, υπό-κατηγορία της διαμέρισης, αφού πρόκειται για διαμέριση σε δύο ομάδες - επαρκών/μη επαρκών - εναλλακτικών.

δ.στην "διάταξη" του συνόλου A από τις καλύτερες προς τις χειρότερες εναλλακτικές (ordering).

ε.στην "διαβάθμιση" κάθε εναλλακτικής του συνόλου A (valuation ή scaling), που αποτελεί έναν περισσότερο εξειδικευμένο, από τον προηγούμενο, στόχο αφού εδώ ζητείται η προσέγγιση μιας αριθμητικής κλίμακας έναντι της τακτικής κλίμακας του στόχου δ .

Η ανάλυση κλιμακωσιμότητας όπως παρουσιάζεται στην εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου (βλ. κεφ. 4.) προσανατολίζεται στην διαβάθμιση ενός συνόλου 133 αντικειμένων, ομαδοποιημένων σε συνδυασμούς ποιοτικών κριτηρίων.

Το αντικείμενο της αξιολόγησης αποτελεί, όπως και οι στόχοι της, ουσιαστικών παράγοντα διαφοροποίησης των μεθόδων προσέγγισής της· ποικίλλοντας ανάλογα με την μορφή του συνόλου των αντικειμένων της αξιολόγησης A και την μορφή των χαρακτηριστικών της αξιολόγησης (κριτηρίων).

Το σύνολο A των αντικειμένων της αξιολόγησης μπορεί:

-να προσδιορίζεται είτε απαριθμητικά (με την μορφή ενός καταλόγου αντικειμένων/εναλλακτικών) είτε με την βοήθεια μαθηματικών περιορισμών. Όπως π.χ., ένα σύνολο γραμμικών ανισοτήτων.

-να είναι ορισμένο ή αόριστο.

-να είναι σταθερό ή αναπτυκτό. Όταν, π.χ., κατά την διάρκεια της διαδικασίας

αξιολόγησης μεταβολές στα κριτήρια ή στις τιμές τους περιορίζουν ή διευρύνουν τον αριθμό των εναλλακτικών.

-να αποτελείται από αμοιβαία αποκλειόμενα στοιχεία ή όχι.

Ως κριτήρια της αξιολόγησης (ή χαρακτηριστικά^{*}) νοούνται οι προσδιορισμοί των αντικειμένων που προκύπτουν από περισσότερο ή λιγότερο αντικειμενικές θεωρήσεις (ή και θεωρίες) του προς ανάλυση φαινομένου.

Συχνά τα κριτήρια αποτελούν συνθέσεις χαρακτηριστικών (όπως π.χ. το συνολικό κόστος ή η άνεση μεταφοράς, ή η ασφάλεια επενδύσεως ή το επίπεδο ευμάρειας), αλλά και απλές επιλογές χαρακτηριστικών· πράγμα που δικαιολογεί την εναλλακτική χρήση των όρων χαρακτηριστικά/κριτήρια αξιολόγησης. Το σύνολο των κριτηρίων της αξιολόγησης διακρίνεται:

-ανάλογα με την μορφή των μετρήσεων των κριτηρίων σε ποσοτικό, ποιοτικό ή μικτό σύνολο. Ποσοτικά κριτήρια είναι αυτά που η μέτρησή τους αποδίδεται σε αριθμητικές κλίμακες ενώ ποιοτικά κριτήρια είναι αυτά που η μέτρησή τους αποδίδεται σε ονομαστικές, δυαδικές ή πολυτομικές κλίμακες. Μικτά σύνολα κριτηρίων είναι αυτά που περιλαμβάνουν ποιοτικά και αριθμητικά κριτήρια.

-ανάλογα με την διάθεση ανάλυσης σε κριτήρια επιθυμίας (desirability criteria) ή σε κριτήρια εφικτότητας (attainability criteria) των εναλλακτικών (αντικειμένων) της επιχειρούμενης ανάλυσης.

-ανάλογα με τις μεταξύ τους σχέσεις τα κριτήρια διακρίνονται σε αποκλειστικά κριτήρια (veto criteria) και σε μη αποκλειστικά.

Τα αποκλειστικά κριτήρια, έχοντας την αυστηρή μορφή της αναγκαιότητας και ικανής συνθήκης^{**}, οδηγούν στις λεγόμενες "αξιολογήσεις κόσκινου" (sieve evaluations). Αξιολογήσεις που, γενικά, πρέπει να αποφεύγονται αφού καταλήγουν σε διαιρετικές αξιολογήσεις αντίστοιχα προς τις μονοθετικές ταξινομήσεις (βλ. Ρόκος 1988) ενώ είναι δύσκολο να εδράζονται σε συγκεκριμένο θεωρητικό υπόβαθρο (βλ. Ρόκος 1984).

Στην γενική μορφή της κάθε διαδικασία πολυκριτηριακής αξιολόγησης χρησιμοποιεί τρεις πίνακες περιγραφής (δεδομένων), αυτούς του σχήματος 1.1. τον πίνακα (μητρώο) των επιδόσεων, τον πίνακα των προτεραιοτήτων και τον πίνακα της αποτίμησης.

Ο πρώτος πίνακας αποτελεί, οπωσδήποτε, πίνακα εισόδου για την διαδικασία της αξιολόγησης, ενώ ο τελευταίος (μητρώο αποτίμησης) αποτελεί τον πίνακα/αποτέλεσμα της διαδικασίας όπου εδράζεται - αν δεν δίνεται αυτονόητα, - η απόφαση (επιλογή, συλλογή, διάταξη ή διαβάθμιση

* Ως χαρακτηριστικά των αντικειμένων (της αξιολόγησης) νοούνται οι μετρήσεις των εναλλακτικών που αποτελούν φυσικούς ή φυσιολογικούς προσδιορισμούς (απεικονίσεις) ιδιοτήτων ή άλλων γνωρισμάτων τους. Τα χαρακτηριστικά δηλαδή συνιστούν την αντικειμενική παρουσία των αντικειμένων (εναλλακτικών της αξιολόγησης) στον "έξω κόσμο" όπως αποτιμάται η παρουσία αυτή με κάποια αντικειμενική μέτρηση. Αντίθετα τα κριτήρια μπορούν να αποτελούν υποκειμενικές εκτιμήσεις, απλές προτιμήσεις ή και κλιμακώσεις επιθυμίας.

** Στην αξιολόγηση με αποκλειστικά κριτήρια τα κριτήρια δρουν ως καθέκαστα επηρεάζουσες την διαδικασία αξιολόγησης πύλες ή σταθερότυπα. Πρόκειται δηλαδή για εκφυλισμό της διαδικασίας της αξιολόγησης σε απλή λεξικογραφική διάταξη κατά την αξία (βάρος) των κριτηρίων.

- βλ. στόχους της αξιολόγησης).

		K	P	I	T	H	P	I	A	
		1	.	.	.	j	.	.	m	
E	1			.						
N	.			.						
A	.			.						
Λ	.			.						
A	i	.	.	.	ε _{ij}	.	.	.	.	
K	.			.						
T	.			.						
I	.			.						
K	.			.						
E	.			.						
Σ	n			.						

Μητρώο Επιδόσεων

		K	P	I	T	H	P	I	A	
		1	.	.	.	j	.	.	m	
1				.						
A	.			.						
Π	.			.						
Ο	k	.	.	.	w _{kj}	.	.	.	.	
Ψ	.			.						
E	.			.						
I	.			.						
Σ	.			.						
q				.						

Μητρώο Προτεραιοτήτων

		A	Π	Ο	Ψ	E	I	Σ	
		1	.	.	.	j	.	.	q
E	1			.					
N	.			.					
A	.			.					
Λ	.			.					
A	i	.	.	.	α _{ik}	.	.	.	
K	.			.					
T	.			.					
I	.			.					
K	.			.					
E	.			.					
Σ	n			.					

Μητρώο Αποτίμησης

Σχήμα 1.1. Οι πίνακες (μητρώα) δεδομένων στην πολυκριτηριακή ανάλυση.

Το δεύτερο μητρώο (των προτεραιοτήτων) αποτελεί, συνήθως, πίνακα δεδομένων για την αξιολόγηση. Συχνά όμως προκύπτει είτε άμεσα, από επεξεργασία του πρώτου πίνακα (πίνακας επιδόσεων), είτε έμμεσα από συμπληρωματικές μετρήσεις, δημόσκοπήσεις, εκδήλωση προτιμήσεων, κ.λπ..

Στο μητρώο των επιδόσεων (score matrix ή impact matrix ή evaluation matrix ή project effect ή effectiveness matrix στη διεθνή βιβλιογραφία), κάθε στοιχείο του μητρώου e_{ij} αποδίδει την επίδοση του αντικειμένου (εναλλακτικής) της αξιολόγησης i ως προς το χαρακτηριστικό (κριτήριο) j . Ο πίνακας αυτός μπορεί να είναι αριθμητικός, ποσοτικός ή μικτός ανάλογα με την μορφή των κριτηρίων.

Στο μητρώο των προτεραιοτήτων (weight matrix ή priority ή views ή scenarios matrix) κάθε στοιχείο του μητρώου w_{kj} αποδίδει την προτεραιότητα (ειδικό βάρος) κάθε κριτηρίου j ως προς κάποια συγκεκριμένη άποψη k (κλιμάκωση των κριτηρίων).

Ο πίνακας αυτός μπορεί επίσης, όπως ο προηγούμενος, να είναι αριθμητικός, ποιοτικός ή μικτός ανάλογα με την μορφή των απόψεων. Οι απόψεις που κλιμακώνουν το βάρος των κριτηρίων, τα ανίσματα/γραμμές του πίνακα, μπορούν να προέρχονται είτε από αντικειμενικές εκτιμήσεις - με βάση το μητρώο επιδόσεων, ή από ανεξάρτητες από το μητρώο μεταβλητές/κριτήρια - είτε από την έκφραση προτιμήσεων : προτιμήσεων ειδικών επιστημόνων, ειδικών ομάδων ενδιαφέροντος ή και δημοσκοπήσεων.

Συνήθως η κλιμάκωση της αξίας (τιμής) των κριτηρίων ομαλοποιείται ώστε το άθροισμα των τιμών των κριτηρίων που συγκροτούν την άποψη, το άνισμα/γραμμή του πίνακα, να έχει άθροισμα την μονάδα:

$$\sum_{i=1}^m w_{kj} = 1 \quad (1.4)$$

Στο μητρώο αποτίμησης (appraisal matrix ή assessment matrix ή conflict matrix) κάθε στοιχείο του μητρώου α_{ik} αποδίδει την σχετική αξία της εναλλακτικής επιλογής i ως προς την

άποψη k . Κάθε άνισμα/στήλη του μητρώου αποτελεί δηλαδή μίαν αξιολόγηση των αντικειμένων (εναλλακτικών), i , ως προς κάποια άποψη (κλιμάκωση των κριτηρίων) k .

Συνήθως για την διευκόλυνση της σύγκρισης μεταξύ των διαφορετικών απόψεων k οι τιμές κάθε ανίσματος/στήλης ομαλοποιούνται έτσι ώστε η χαμηλότερης τιμής εναλλακτική επιλογή να παίρνει την τιμή 0 και η μεγαλύτερης αξίας εναλλακτική να παίρνει την τιμή 1000, αντίστοιχα, σύμφωνα με την σχέση:

$$a''_{ik} = \frac{a_{ik} - \min(a_k)}{\max(a_k) - \min(a_k)} \times 1000$$

όπου:

a''_{ik} : η νέα ομαλοποιημένη τιμή της αρχικής τιμής a_{ik}

$\min(a_k), \max(a_k)$: η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή, αντίστοιχα, ως προς την άποψη k .

Στην περίπτωση όπου οι πολλαπλές απόψεις οφείλονται στην συμμετοχή διαφορετικών φορέων στην διαμόρφωση της τελικής αξιολόγησης (απόφασης), η επεξεργασία του μητρώου αποτίμησης έχει την έννοια του συστηματικού εντοπισμού ή και της επίλυσης των συγκρούσεων (conflict identification και conflict resolution ή conflict dissolution κατά Zeleny) μεταξύ διαφορετικών απόψεων.

Στην περίπτωση όπου οι πολλαπλές απόψεις οφείλονται στην παρουσία εναλλακτικών σεναρίων ή στην αβεβαιότητα απόδοσης προτεραιοτήτων, με μία και μόνον κλιμάκωση των κριτηρίων, τότε, η επεξεργασία του μητρώου αποτίμησης έχει την έννοια της συστηματικής ανάλυσης ευαισθησίας (sensitivity analysis) ως προς διαφορετικά σενάρια, πολιτικές ή απλές κλιμακώσεις.

1.3. ΤΥΠΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

Στη σειρά των βιβλιογραφικών αναφορών της εισαγωγής (Roy and Vincke, Zeleny, Keeney and Raiffa, Hwang and Yoon, Chankong and Haimes, Nijkamp and Rietveld) επιχειρούνται διαφορετικές τυπολογήσεις των μεθόδων πολυκριτηριακής αξιολόγησης βασισμένες άλλοτε στις μορφές των πινάκων περιγραφής, άλλοτε στον τυπικό προσανατολισμό της και άλλοτε στους θεματικούς στόχους της αξιολόγησης.

Άλλες τυπολογήσεις αναφέρονται στον χαρακτήρα της αβεβαιότητας του περιβάλλοντος της αξιολόγησης ενώ άλλες στον τρόπο σχηματισμού και διατύπωσης των προτιμήσεων μεταξύ των κριτηρίων.

Μία συστηματική τυπολόγηση αναφερόμενη ιδιαίτερα στον χώρο της περιφερειακής επιστήμης είναι αυτή των Nijkamp and Rietveld (1986). Η τυπολόγηση αυτή στηρίζεται σε τρεις κύριες διακρίσεις των διαδικασιών αξιολόγησης:

-στην διάκριση ως προς τον τύπο αξιολόγησης: οι μέθοδοι χωρίζονται σε διαδραστικές (interactive) και σε απλές. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο τύπων μεθόδων βρίσκεται στο ότι στην δεύτερη περίπτωση οι εναλλακτικές λύσεις είναι εκ των προτέρων προσδιορισμένες (σχεδιασμένες), ενώ στην πρώτη περίπτωση ο σχεδιασμός εντάσσεται στην

διαδικασία της αξιολόγησης. Υπάρχει, δηλαδή, μια συνεχής διαδικασία αξιολόγησης όπου σε κάθε στοιχειώδες βήμα της, τα δεδομένα τροποποιούνται ή και εμπλουτίζονται τόσο ως προς τις προς αξιολόγηση εναλλακτικές όσο και ως προς τα κριτήρια της αξιολόγησης.

-στην διάκριση ως προς το σύνολο των αντικειμένων: οι μέθοδοι χωρίζονται σε διακριτών δεδομένων (discrete methods) και σε συνεχών δεδομένων (continuous methods). Στην πρώτη κατηγορία οι προς αξιολόγηση εναλλακτικές είναι περιορισμένες (κατ' ελάχιστον δύο), ενώ στην δεύτερη κατηγορία οι προς αξιολόγηση εναλλακτικές είναι άπειρες.

-στην διάκριση ως προς την περιγραφή των δεδομένων της αξιολόγησης: οι μέθοδοι χωρίζονται σε ποσοτικών, ποιοτικών και μικτών δεδομένων. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι μέθοδοι που αναφέρονται σε μητρώα επιδόσεων ποσοτικών κριτηρίων αποκλειστικά, στην δεύτερη κατηγορία οι μέθοδοι που αναφέρονται αντίστοιχα σε ποιοτικά κριτήρια αποκλειστικά ενώ στην τρίτη κατηγορία, των μικτών δεδομένων, ανήκουν οι μέθοδοι που αναφέρονται σε μητρώα επιδόσεων με ποιοτικά και ποσοτικά, συγχρόνως, κριτήρια.

Οι Hinlopen et al (1983) παρατηρούν ότι συχνά ως ποιοτικές θεωρούνται και μέθοδοι που αναφέρονται σε ποιοτικά ανίσματα απόψεων στον πίνακα προτεραιοτήτων. Ωστόσο θεωρούν ως γνήσια ποιοτικές μεθόδους αυτές που αναφέρονται σε ποιοτικά κριτήρια στον πίνακα των επιδόσεων.

Σύμφωνα με την τυπολόγηση των Nijkamp and Rietveld οι μέθοδοι χωρίζονται σε οκτώ μεγάλες κατηγορίες από τις οποίες συνηθέστερης χρήσης είναι οι δύο ομάδες μεθόδων των απλών (μη διαδρασιακών) και διακριτών μεθόδων.

Οι απλές (μη διαδρασιακές) μέθοδοι - βλ. Hwang and Masud 1979, Rietveld 1980, White 1983 και Wierzbiki 1983 - απαιτούν συνήθως δεδομένα μελετών επιπτώσεων (impact analysis) ή προ/μετά μελετών (before-after analysis) ή διαδικασίες κυλιόμενου σχεδιασμού όπου είναι δεδομένη η ανανέωση και ο εμπλουτισμός δεδομένων με συστήματα συνεχούς παρακολούθησης των αποτελεσμάτων (monitoring).

Αντίστοιχα οι συνεχείς μέθοδοι αναφέρονται συνήθως σε αριστοποιήσεις συνεχών συναρτήσεων με ποσοτικά δεδομένα (βλ. Spronk 1981) ενώ ποσοτικές συνεχείς μέθοδοι δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί (βλ. Leung 1985).

Οι κύριες μέθοδοι που εντάσσονται συνήθως* στην κατηγορία των απλών (μη διαδρασιακών) διακριτών διαδικασιών αξιολόγησης είναι:

1. Μέθοδοι Ποσοτικών Δεδομένων.

1.1. Του Μετατιθέμενου Ιδεατού (displaced ideal method), βλ. Zeleny 1982.

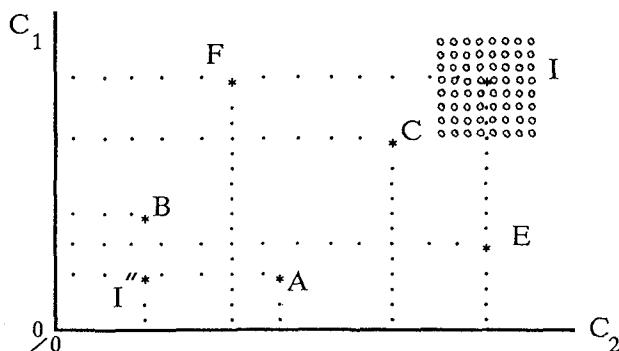
1.2. Της Ανάλυσης Συμφωνίας (concordance analysis), βλ. Roy 1968, Guigou 1974.

* Ο κατάλογος αυτός διαφέρει αρκετά από τους καταλόγους των Nijkamp and Rietveld τόσο ως προς μεθόδους που δεν αναφέρονται γιατί παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα (π.χ. weighted summation, στις ποσοτικές ή extreme value στις ποιοτικές) όσο και ως προς μεθόδους που δεν αποτελούν παρά απλές παραλλαγές άλλων και, γιαυτό, δεν θεωρήθηκαν ως ξεχωριστές μέθοδοι. Πρόκειται, συνεπώς, για μια γενική καταλογοποίηση οικογενειών μεθόδων και τεχνικών.

- 1.3. Της Ανάλυσης Εντροπίας (entropy method), βλ. Zeleny 1974, Nijkamp 1976.
- 1.4. Της Ανάλυσης Παραγόντων (factor analysis), βλ. Kim and Mueller 1978, 1984, Ρόκος 1988.
2. Μέθοδοι Ποιοτικών Δεδομένων.
 - 2.1. Ποιοτικής Συμφωνίας (ordinal concordance), βλ. Roy 1968, Guigou 1974.
 - 2.2. Μέθοδος Μεταθέσεων (permutation analysis), βλ. Paelink 1976, 1978.
 - 2.3. Μέθοδος Καταστάσεως (regime method), βλ. Hinlopen et al 1983.
 - 2.4. Ποιοτικής Εντροπίας (qualitative entropy), βλ. Nijkamp 1976.
 - 2.5. Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεραρχίας (analytic hierarchy progress), βλ. Saaty 1980, Harker and Vargas 1987.
 - 2.6. Πολυδιάστατης Διαβάθμισης (multidimensional scaling), βλ. Kruskal and Wish 1978, Voogt 1983.
3. Μέθοδοι Μικτών Δεδομένων.
 - 3.1. Μέθοδος των Μικτών Δεδομένων (mixed-data method), βλ. Voogt 1983.

Δεδομένου ότι οι μέθοδοι ποιοτικών δεδομένων παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο, εδώ, παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέθοδοι των ποσοτικών και των μικτών δεδομένων.

Η μέθοδος του Μετατιθέμενου Ιδεατού στηρίζεται στην σύγκριση των εναλλακτικών αντικειμένων αξιολόγησης με κάποια (υποθετική) "αόριστη" εναλλακτική: την ιδεατή. Συνήθως η ιδεατή εναλλακτική σχηματίζεται από το άνισμα των μεγίστων τιμών κάθε κριτηρίου όπως, π.χ., στο σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2. Η ιδεατή εναλλακτική I

Στο σχήμα αυτό η ιδεατή εναλλακτική ως προς τα δύο κριτήρια C_1 και C_2 είναι η I η οποία διαθέτει τις μέγιστες τιμές των πραγματικών εναλλακτικών. Με βάση κάποια μέτρα απόστασης Minkovski $d_{i,I}$ συνήθως - ή και συντελεστές συσχέτισεως - μετράται η απόσταση κάθε (πραγματικής) εναλλακτικής ως προς την ιδεατή:

$$d_{i,I} = \left[\sum_{j=1}^m W_j (e_{Ij} - e_{ij})^p \right]^{1/p} \quad (1.5)$$

όπου:

e_{ij} : η επίδοση της εναλλακτικής i ως προς το κριτήριο j ($j=1,2,\dots,m$)

w_j : το σχετικό βάρος (<1 , βλ. σχέση 1.4) του κριτηρίου j .

Ως καλύτερη εναλλακτική θεωρείται η ελαχίστη αποστάσεως από το ιδανικό σημείο. Οι μεταθέσεις του ιδεατού σημείου - ως διαφορές αντιλήψεων σε ομάδες απόφασης, αλλαγές του συστήματος προτίμησης, ή λόγω της υψηλής αναλυτικής αβεβαιότητας κ.λπ. - λαμβάνονται υπόψη στην μέτρηση με την μορφή της αναλύσεως ευαισθησίας. Συνήθως, η ανάλυση αυτή (βλ. Zeleny 1982) αναφέρεται:

- στην μεταβολή της παραμέτρου p (με τιμή εκκινήσεως, συνήθως, την τιμή 2).*
- στην εναλλαγή του ιδεατού σημείου με το αντι-ιδεατό I'' (συνήθως το σημείο των ελαχίστων επιδόσεων, για κάθε κριτήριο, ή και το κριτήριο των ελαχίστων επιδόσεων, $(0,0)$, εδώ). Εναλλαγή που προϋποθέτει η υπόθεση ότι η επιλογή δεν διαμορφώνεται από την ανάγκη προσέγγισης μιας ιδανικής λύσης αλλά από την ανάγκη απομάκρυνσης από μια μη επιθυμητή λύση.
- στην εναλλαγή των τιμών των κριτηρίων (συντεταγμένων) της ιδεατής λύσης θεωρούμενης ως κεντροειδούς, και μόνον, μιας ασαφούς περιοχής ιδεατών λύσεων (fuzzy sets theory) όπως υποδηλώνεται σχηματικά με την διαγραμμισμένη περιοχή (βλ. σχήμα 1.2.).

Η μέθοδος της Ανάλυσης Συμφωνίας (concordance ή concordance/discordance analysis) στηρίζεται στην σύγκριση, ανά δύο, όλων των εναλλακτικών.

Για κάθε ζεύγος εναλλακτικών i και i'' προσδιορίζονται τα μεγέθη συμφωνίας ($c_{ii''}$) και ασυμφωνίας ($d_{ii''}$) ως εξής:

$$c_{ii''} = \left[\frac{\sum_{j \in K_{ii''}} w_j^p}{\sum_j w_j^p} \right]^{1/p}$$

$$d_{ii''} = \left[\frac{\sum_{j \in L_{ii''}} (w_j |e_{ji} - e_{ji''}|)^p}{\sum_j (w_j |e_{ji} - e_{ji''}|)^p} \right]^{1/p}$$
(1.6)

όπου:

$$K_{ii''} = \{ j \mid e_{ji} \geq e_{ji''} \} : \text{το σύνολο των συμφωνιών}$$

$$L_{ii''} = \{ j \mid e_{ji} < e_{ji''} \} : \text{το σύνολο των διαφωνιών.}$$

Με βάση κάποιες τιμές-πύλες για τα μεγέθη της συμφωνίας και ασυμφωνίας που προσδιορίζονται εξωγενώς επιλέγονται μία ή περισσότερες εναλλακτικές ή και διαβαθμίζονται σύμφωνα με την σχέση:

$$S_i = \sum_{\substack{i''=1 \\ i'' \neq i}} Z_{ii''} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq i''}} Z_{ii''}$$

$$Z_{ii''} = 0 \Leftrightarrow C_{ii''} < \pi_1 \ \& \ d_{ii''} > \pi_2$$

$$Z_{ii''} = 1 \Leftrightarrow C_{ii''} \geq \pi_1 \ \& \ d_{ii''} \geq \pi_2$$
(1.7)

* Περίπτωση όπου ο δείκτης (1.5) ταυτίζεται με την ευκλείδεια απόσταση, εφόσον:

$$w_j = \frac{1}{m}, \quad \forall j \in C \quad (C=1,2,\dots,m).$$

όπου:

π_1 και π_2 : οι τιμές-πύλες για την επιτρεπτή συμφωνία/ασυμφωνία, αντίστοιχα.

Αναλύσεις ευαισθησίας θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν και εδώ (βλ. Roy 1971) με μεταβολές των τιμών της παραμέτρου p και των πυλών π_1 και π_2 .

Με τη Μέθοδο της Εντροπίας αποτιμάται η διαφοροποίηση του πληροφοριακού περιεχομένου των εναλλακτικών. Για κάθε κριτήριο j αποτιμάται καταρχήν η εντροπία (E_j) του συνόλου των εναλλακτικών/αντικειμένων της αξιολόγησης:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \times \ln(p_{ij}) \quad (1.8.1)$$

όπου το p_{ij} υπολογίζεται ως πιθανότητα της επιδόσεως e_{ij} :

$$p_{ij} = e_{ij} / \sum_{i=1}^n e_{ij} \quad (1.8.2)$$

και η k είναι σταθερά που εξασφαλίζει το διάστημα της τιμής της εντροπίας $0 \leq E_j \leq 1$

$$k = 1 / \ln(n) \quad (1.8.3)$$

Ο δείκτης της διαφοροποίησης για κάθε κριτήριο (βλ. Zeleny 1974) ορίζεται ως η διαφορά:

$$d_j = 1 - E_j \quad (1.8.4)$$

Σύμφωνα με την τιμή αυτή προσδιορίζεται η αξία (τιμή) κάθε εναλλακτικής για κάθε κριτήριο, ως "διόρθωση" της επίδοσής της:

$$V_{ij} = \frac{d_j \times e_{ij}}{\sum_{j=1}^m d_j \times W_j} \quad (1.8)$$

και $V_i = \sum w_j \times V_{ij}$, για το σύνολο των κριτηρίων.

Οι τιμές V_i από τις ψηλότερες προς τις χαμηλότερες διαβαθμίζουν τις εναλλακτικές από τις καλύτερες προς τις χειρότερες, αντίστοιχα.

Η οικογένεια των Μεθόδων Ανάλυσης Παραγόντων στηρίζεται στην ανάλυση της εσωτερικής δομής των σχέσεων των κριτηρίων περιγραφής (βλ. Ρόκος 1988). Η δομή αυτή προσδιορίζεται από τις γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των κριτηρίων (αρχικών ή γραμμικοποιημένων). Με βάση τις συσχετίσεις αυτές προσδιορίζεται ένα νέο σύνολο παραγόντων-κριτηρίων που αποτελούν γραμμικές συναρτήσεις των αρχικών:

$$c''_j = a_1 C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3 + \dots + a_m C_m \quad (1.9)$$

Τα νέα κριτήρια-παράγοντες έχουν την ιδιότητα να είναι γραμμικά ανεξάρτητα μεταξύ τους κατά την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, που είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος, και αποτελούν ιδιοδιανίσματα n διάστασης που κάθε τιμή τους (e''_{ij}) αντιστοιχεί στην νέα, τροποποιημένη, επίδοση της εναλλακτικής.

Δεδομένου ότι οι αλληλοσυσχετίσεις των αρχικών κριτηρίων περιορίζουν σημαντικά τον αρχικό χώρο από m σε μικρότερο του m χώρο είναι ευχερής η διαβάθμιση των εναλλακτικών ως γραμμικής συνάρτησης των νέων κριτηρίων-τιμών:

$$V_i = \sum_{j=1}^{l < m} w_j \times e''_{ij} \quad (1.10)$$

Εδώ, τα σχετικά βάρη w_j προσδιορίζονται συνήθως από την ίδια την μέθοδο. Αποτελούν, δηλαδή, τις σταθμισμένες ιδιότητες του μητρώου μετατροπής των αρχικών στα νέα κριτήρια.

Οι περισσότερες από τις μεθόδους των ποιοτικών δεδομένων έχουν συχνά χρησιμοποιηθεί και σε ποσοτικά δεδομένα λαμβάνοντας υπόψη, όμως, τα τακτικά χαρακτηριστικά της διαθέσιμης πληροφορίας και μόνον. Έτσι, πρόσφατα, γίνεται προσπάθεια επεξεργασίας τεχνικών προσαρμοσμένων σε μικτά δεδομένα (βλ. Nijkamp and Rietveld 1986).

Μια τέτοια μέθοδος για μικτά δεδομένα έχει αναπτυχθεί πρόσφατα, στηριγμένη σε μια ιδιαίτερη τεχνική της πολυδιάστατης διαβάθμισης: την γεωμετρική διάθμιση (βλ. παρ. 1.4.).

◊

1.4. ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.

Δύο από τις μεθόδους ποιοτικών δεδομένων που παρουσιάζονται παρακάτω - αυτές της ποιοτικής συμφωνίας και της ανάλυσης εντροπίας - στηρίζονται στην ίδια λογική και σε αντίστοιχη έκφραση με αυτήν που έχουν στα ποσοτικά δεδομένα. Και στις δύο περιπτώσεις, μάλιστα, αντίθετα με τις άλλες μεθόδους των ποιοτικών δεδομένων, οι δύο μέθοδοι παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα στην έκφρασή τους στα ποιοτικά έναντι της αντίστοιχης έκφρασής τους στα ποσοτικά δεδομένα.

Στην Ποιοτική Ανάλυση Συμφωνίας ισχύουν επίσης οι σχέσεις (1.6) και (1.7). Το γεγονός όμως ότι οι επιδόσεις e_{ij} αποτελούν τακτικούς αριθμούς εδώ μειώνει σημαντικά την αξιοπιστία της μεθόδου.

Ο Voogt προτείνει, στην περίπτωση τακτικών βαρών w_{ij} μια κλιμάκωση των γινομένων του βάρους και της επίδοσης που μετριάξει το προηγούμενο μειονέκτημα. Οπωσδήποτε, ουσιαστικότερη είναι η αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων με τις μεθόδους των Μεταθέσεων και της Καταστάσεως.

Στην Ποιοτική Ανάλυση Εντροπίας η σχέση (1.8.4) που προσδιορίζει τον δείκτη διαφοροποίησης για κάθε κριτήριο μεταβάλλεται ως εξής:

$$d''_j = \sum_{i=1}^I |e''_{ij} - \mu_j| \quad (1.11.1)$$

όπου:

μ_j : επιλεγόμενη τιμή αναφοράς των τακτικών επιδόσεων e''_{ij} .

Με βάση την ομαλοποίηση των d''_j σε φθίνουσα τακτική κλίμακα προσδιορίζονται ανάλογα προς

την σχέση (1.8) οι τιμές v_{ij}'' και v_i'' των εναλλακτικών ως προς κάθε κριτήριο j , ξεχωριστά, και ως προς το σύνολο των κριτηρίων, αντίστοιχα:

$$V_{ij}'' = \frac{d_j'' \times e_{ij}''}{\sum_{j=1}^m d_j'' \times w_j} \quad (1.11)$$

$$V_i'' = \sum w_j \times v_{ij}''$$

Η Μέθοδος των Μεταθέσεων στηρίζεται στον προσδιορισμό της μεταθέσεως των εναλλακτικών λύσεων η οποία "συμφωνεί περισσότερο" με την διάταξη των βαρών των κριτηρίων.

Στην περίπτωση των εναλλακτικών αντικειμένων της αξιολόγησης κατασκευάζονται, αρχικά ο πίνακας των μεταθέσεων των n εναλλακτικών που αποτελείται από $n!$ διαφορετικές διατάξεις των εναλλακτικών. Ακολουθώς κάθε μετάθεση (διάταξη των εναλλακτικών) συγκρίνεται με την διάταξη κάθε μιας από τις m στήλες (διατάξεις) του μητρώου των επιδόσεων (e_{ij}). Με μέτρο την τακτική συσχέτιση του Kendall (r_{nj}) αποτιμάται η συνάφεια μεταξύ των $n!$ μεταθέσεων και κάθε μιας, από τις διατάξεις του μητρώου επιδόσεως.

Από τον $n! \times m$ πίνακα των συσχετίσεων επιλέγονται, τέλος, οι διατάξεις με τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη Kendall κατά στήλες. Στην περίπτωση αριθμητικών βαρών, w_j , των κριτηρίων η διαβάθμιση των εναλλακτικών μπορεί να πραγματοποιηθεί ως γραμμικός συνδυασμός μεταξύ των μεταθέσεων και των βαρών:

$$V_n = \sum_{j=1}^m r_{nj} \times w_j \quad (1.12)$$

Με τον τρόπο αυτό επιλέγεται η καλύτερη μετάθεση των εναλλακτικών, και συνεπώς η καλύτερη διάταξή τους.

Στην περίπτωση όπου τα βάρη w_j δεν δίδονται αριθμητικά αλλά τακτικά, με την μορφή κάποιας διάταξής τους, η επιλογή ανάγεται στο μοντέλο προγραμματισμού:

$$\max_n! \sum_{j=1}^m w_j \times r_{nj}$$

όπου: $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_j$ (1.13)

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

Ο προσδιορισμός των "καλύτερων μεταθέσεων" (ή η καλύτερη διάταξη/λύση των εναλλακτικών) στηρίζεται, εδώ, στην αναζήτηση των τιμών των μεταθέσεων ως προς το κυρτό πολυέδρου που σχηματίζουν οι ακρότατες τιμές των διατάξεων των βαρών:

$(1, 0, \dots, 0), (1/2, 1/2, 0, \dots, 0), (1/3, 1/3, 1/3, 0, \dots, 0), \dots, (1/m, 1/m, \dots, 1/m)$.

Καθώς και των τιμών των μεταθέσεων για ιδιαίτερους συνδυασμούς των ακρότατων τιμών ανά δύο, τρεις, κ.λπ. Ένας ιδιαίτερος συνδυασμός μπορεί να θεωρηθεί και το κέντρο βάρους του πολυέδρου (βλ. Paelink 1976).

Για κάθε ακρότατη τιμή, ή και για το κέντρο του πολυέδρου, εάν ενδιαφέρει μία και μόνον -

κεντρική - αξιολόγηση επιλέγεται η μετάθεση/διάταξη που μεγιστοποιεί τον γραμμικό συνδυασμό της σχέσης (1.13), ως η διάταξη/λύση της αξιολόγησης.

Η *Ανάλυση Κατάστασης* θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μέθοδος που ανήκει στην ίδια οικογένεια με την ποιοτική συμφωνία (βλ. Hinlopen et al 1983, Nijkamp and Rietveld 1986).

Δοθέντων των δεικτών c_{ij} και c_{ji} (βλ. σχέση (1.6)) η διαφορά τους μπορεί να ερμηνευθεί ως δείκτης της ιδιαίτερης αξίας της εναλλακτικής i συγκρινομένης με την εναλλακτική j . Εφόσον όμως τα βάρη λ_j είναι τακτικά η διαφορά αυτή δεν έχει μηδενική τιμή. Με την ανάλυση καταστάσεως επιδιώκεται συνεπώς ο προσδιορισμός της κατηγορίας της διαφοράς κι όχι η τιμή της. Ο προσδιορισμός αυτός διαχωρίζει τις διαφορές σε δύο μεγάλες κατηγορίες: θετικές και αρνητικές.

Σε πολλές περιπτώσεις η διάταξη των βαρών είναι αρκετή για να προσδιορίσει μία διάταξη των εναλλακτικών σύμφωνα με τις τιμές τους (+1, -1). Στις περιπτώσεις όπου αυτό δεν είναι δυνατόν μπορεί να προσδιοριστεί μια διαμέριση του συνόλου των αριθμητικών βαρών που να συμφωνεί με τις τακτικές σχέσεις τους έτσι ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός της κατηγορίας της διαφοράς. Το τελικό αποτέλεσμα της μεθόδου είναι μια πλήρης και μεταβατική διάταξη των εναλλακτικών για κάθε υποσύνολο των βαρών.

Επίσης, η μέθοδος προσδιορίζει και την σχετική αξία κάθε υποσυνόλου βαρών. Ετσι, τελικά, είναι δυνατή η σύνθεση των δύο διατάξεων είτε γραμμικά, είτε ως σύνθεση πιθανοτήτων που προσδιορίζεται για κάθε εναλλακτική σύμφωνα με το σχετικό βάρος του υποσυνόλου των βαρών. Στην παράγραφο 4.4. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου καταστάσεως σε εμπειρικά δεδομένα όπου εφαρμόστηκε το προτεινόμενο μοντέλο κλιμακωσιμότητας.

Η *Διαδικασία της Αναλυτικής Ιεραρχίας* (βλ. Saaty 1977, 1980, Harker and Vargas 1987) επιχειρεί την απόδοση αριθμητικών τιμών βάρους παίρνοντας ως δεδομένες τακτικές κλίμακες που αποδίδουν την σχετική αξία των κριτηρίων αξιολόγησης.

Σύμφωνα με την μέθοδο σε κάθε ζεύγος κριτηρίων (j, j') αντιστοιχείται η αξία του κριτηρίου j ως προς το κριτήριο j' σε μια τακτική κλίμακα βάρους. Ακολούθως οι κατά ζεύγη ιεραρχήσεις αντιστοιχούνται σε μία, ενιαία, κλίμακα αξιολόγησης - συνήθως από 1 έως 9 - που αποδίδει την σχετική υπεροχή μεταξύ των κριτηρίων $\beta_{jj'}$. Ετσι στον $m \times m$ πίνακα της σχετικής υπεροχής τα στοιχεία της διαγωνίου έχουν πάντοτε την τιμή 1, ενώ ισχύει η συμμετρική σχέση:

$$\beta_{jj'} = 1 / \beta_{j'j} \quad (1.14.1)$$

Ακολούθως οι διατάξεις του μητρώου B των σχετικών αξιών $\beta_{jj'}$ χρησιμοποιούνται για την απόδοση αριθμητικών τιμών, των βαρών w_j , από τα ανίσματα του πίνακα.

Σημειώνεται ότι εάν οι διατάξεις του πίνακα B ήταν απόλυτα συνεπείς μεταξύ τους, το άνισμα των βαρών θα ήταν το ίδιο για κάθε σειρά-στήλη του. Η διαφοροποίηση δικαιολογείται ως έλλειψη συνολικής συνθέσεως των ιδιαίτερων ζευγών. Η έλλειψη αυτή αντιμετωπίζεται από την μέθοδο, ως προσέγγιση των επί μέρους ανισμάτων βάρους σε ένα, μοναδικό άνισμα.

Η προσέγγιση αυτή πραγματοποιείται με βάση τις ιδιότητες του μητρώου B ανάλογα προς την εφαρμογή των κυρίων συνιστωσών στις μεθόδους ανάλυσης παραγόντων (βλ. παρ. 4.3.).

Ακολουθώς οι αριθμητικές τιμές του βάρους, όπως προσδιορίστηκαν από τις ιδιοτιμές χρησιμοποιούνται με γραμμικές σχέσεις για τον προσδιορισμό της τιμής των εναλλακτικών. Η αξιολόγηση δηλαδή παίρνει την μορφή μιας γραμμικής συναρτήσεως χρησιμότητας.

Η Μέθοδος της Πολυδιάστατης Διαβάθμισης μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στην μετατροπή ενός ποιοτικού μητρώου επιδόσεων σε αριθμητικό μητρώο, όσο και στην σύγχρονη μετατροπή σε αριθμητικό ενός ποιοτικού μητρώου επιδόσεων και ενός ποιοτικού ανίσματος βαρών. Η επίλυση του πρώτου προβλήματος αποτελεί και την βάση επίλυσης του δεύτερου.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί ως δεδομένα εισόδου την ανά δύο "ομοιότητα" μεταξύ των εναλλακτικών/αντικειμένων (interpoint proximities, βλ. Kruskal and Wish 1978). Χρησιμοποιεί δηλαδή, ως πίνακα εισόδου τον συμμετρικό, $n(n-1)/2$ στοιχείων πίνακα Δ , όπου κάθε στοιχείο του, δ_{ij} , αντιστοιχεί στην ομοιότητα (ανομοιότητα) επιδόσεως μεταξύ των εναλλακτικών i και j .

Εάν ορισθεί ο πίνακας D που περιέχει τις αποστάσεις d_{ij} , μεταξύ των εναλλακτικών X_i και X_j , το πρόβλημα της πολυδιάστατης διαβάθμισης διατυπώνεται ως πρόβλημα προσδιορισμού και αριστοποίησης της αντικειμενικής συναρτήσεως που ελαχιστοποιεί την διαφοροποίηση μεταξύ των (ομαλοποιημένων) τιμών δ_{ij} και d_{ij} .

Εάν δηλαδή η ευκλείδια απόσταση είναι:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{l=1}^n (X_{il} - X_{jl})^2} \quad (1.14)$$

τότε, σκοπός της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός της συναρτήσεως $\hat{\delta}_{ij} = f(\delta_{ij})$ έτσι ώστε ο πίνακας/αναπαράσταση των ομοιοτήτων $\hat{\delta}_{ij}$ να ελαχιστοποιεί την συνάρτηση τάσεως: f stress

$$f\text{-stress} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j < i}^n [\hat{\delta}_{ij} - d_{ij}]^2}{\sum_i \sum_j d_{ij}^2}} \quad (1.15)$$

Με την ελαχιστοποίηση της συναρτήσεως τάσεως επιδιώκεται, δηλαδή, η αναγωγή των τακτικών σχέσεων δ_{ij} σε αριθμητικές σχέσεις, έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η σύγκριση των ομοιοτήτων δ_{ij} με τις αριθμητικές αποστάσεις χωρίς την αυθαίρετη χρήση των τακτικών κλιμάκων ως κλιμάκων λόγου ή διαφοράς όπως γίνεται, π.χ. με την ποιοτική ανάλυση συμφωνίας.

Με την επιλογή της συνάρτησης $f(\delta_{ij})$ που ελαχιστοποιεί την f -stress προσδιορίζεται αυτονόητα, και ο πίνακας αναπαράστασης $n \times n$ διαστάσεων. Εφόσον ο πίνακας έχει αναζητηθεί σε χώρο μικρότερο των n διαστάσεων (πράγμα που εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του f -stress όσο και από τις ανάγκες σημασιολόγησης του αποτελέσματος - βλ. Kruskal and Wish 1978) η αναπαράσταση προσφέρεται στην ευκολότερη παρουσίαση και ερμηνεία της αξιολόγησης.

Η υπολογιστική διαδικασία για τον προσδιορισμό της καλύτερης αναπαράστασης στηρίζεται σε

προσεγγιστικές μεθόδους της αριθμητικής ανάλυσης όπως αυτή των κλίσεων (method of gradients) ή αυτή της υπερβάλλουσας καθόδου (steepest descent method). Ένας νεώτερος αλγόριθμος, αυτός της γεωμετρικής διαβάθμισης, παρουσιάστηκε από τον Voogt (1983).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η πολυδιάστατη διαβάθμιση επιχειρεί - στις μη γραμμικές δομές δεδομένων - αυτό που η ανάλυση παραγόντων επιχειρεί στις γραμμικές δομές δεδομένων. Προσδιορίζει την αναπαράσταση η εναλλακτικών σε έναν χώρο r διαστάσεων (συνήθως $r < n$) με την ελάχιστη απώλεια πληροφορίας.

Αντίθετα, όμως, προς την ανάλυση παραγόντων που συνοψίζει έναν μεγάλο αριθμό μεταβλητών σε έναν μικρό αριθμό νέων μεταβλητών/παραγόντων, η πολυδιάστατη διαβάθμιση ανασυνθέτει μια μοναδική μεταβλητή στον ελάχιστο αριθμό διαστάσεων που απαιτούνται για την απόδοση μιας συγκροτημένης και ερμηνεύσιμης αναπαράστασής της.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η πολυδιάστατη ανάλυση εφαρμόζεται, φυσικά, και σε ποσοτικά δεδομένα. Στην περίπτωση αυτή η συνάρτηση $f(\delta_{ij}) = d_{ij}$ χρησιμοποιεί τις αριθμητικές (μετρικές) ιδιότητες των ομοιοτήτων. Στην περίπτωση των τακτικών δεδομένων η συνάρτηση περιγράφει, απλά, μian αύξουσα (φθίνουσα) σχέση αφού εξαρτάται από την διάταξη των ομοιοτήτων, και μόνον.

Αντίστοιχα, βέβαια, και η ανάλυση παραγόντων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ποιοτικά δεδομένα σύμφωνα με ιδιαίτερο χειρισμό του μητρώου τακτικών δεδομένων (βλ. Shepard and Kruskal 1975). Έτσι η παρουσίαση, εδώ, της ανάλυσης παραγόντων στις μεθόδους ποιοτικών δεδομένων και της πολυδιάστατης διαβάθμισης στις μεθόδους ποσοτικών δεδομένων ακολουθεί, απλά, την συνηθέστερη χρήση των μεθόδων. Ωστόσο είναι δυνατή η χρήση - και των δύο μεθόδων - τόσο στα ποσοτικά όσο και στα ποιοτικά δεδομένα.

1.5. Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.

Η ανάλυση κλιμακωσιμότητας ως μέθοδος αξιολόγησης στηρίζεται σε πίνακες περιγραφής (μητρώα επιδόσεων) με δίτιμα - 0,1 - κριτήρια που περιγράφουν το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων/αντικειμένων της περιγραφής. Αντικείμενό της είναι η διαβάθμιση των εναλλακτικών με βάση την πληροφορία την περιεχόμενη στα τακτικά (δίτιμα) κριτήρια παίρνοντας υπόψη την σχετική συχνότητα των εναλλακτικών.

Στην ανάλυση της κλιμακωσιμότητας το ζητούμενο είναι η ιεράρχηση των κριτηρίων, εφόσον οι σχέσεις των κριτηρίων παρουσιάζουν δύο ιδιαίτερες ιδιότητες, την μονοδιάσταση και την σωρευτικότητα, πράγμα που επιτρέπει την ιεράρχηση των κριτηρίων (βλ. κεφ. 2. και 3.). Η μέτρηση της κλιμακωσιμότητας κάνει δυνατή την απόδοση βάρους στα κριτήρια, έτσι ώστε να καταρτιστεί το άνωμα βαρών που, με τη μέθοδο αυτή, δεν δίδεται εκ των προτέρων. Η ιεράρχηση και η απόδοση βάρους στα κριτήρια επιτρέπουν, με τη σειρά τους, την διαβάθμιση των εναλλακτικών.

Η μέθοδος αυτή, δηλαδή, όπως και η μέθοδος της πολυδιάστατης διαβάθμισης ή της ανάλυσης παραγόντων ξεκινώντας από τακτικές, επί μέρους, διατάξεις προσεγγίζει μια συνολική - αριθμητική - διατίμηση των εναλλακτικών.

Η ουσιαστική διαφορά της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας - όπως και της πολυδιάστατης διαβάθμισης και της ανάλυσης παραγόντων - από τις άλλες μεθόδους των ποιοτικών δεδομένων βρίσκεται στο ότι με τις μεθόδους αυτές τα κριτήρια του μητρώου των επιδόσεων δεν θεωρούνται ως - καταρχήν - ανεξάρτητες μεταβλητές.

Όπως και στην πολυδιάστατη ανάλυση θεωρείται δεδομένη η σχετική μονοτονικότητα (γραμμικότητα στην μετρική πολυδιάστατη ανάλυση) στην σχέση μεταξύ των ομοιοτήτων δ_{ij} και d_{ij} και όπως με την ανάλυση κυρίων συνιστωσών θεωρείται ως δεδομένη η σχετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ των κριτηρίων έτσι και εδώ θεωρείται ως δεδομένη μια ιδιαίτερη ιδιότητα στις σχέσεις μεταξύ των κριτηρίων: η συνεπαγωγή (εγκλεισμός) μεταξύ των κριτηρίων.

Πρόκειται για μια ιδιότητα που συνδέεται άμεσα με την ερμηνεία και την πρόγνωση στην εμπειρική ανάλυση επηρεάζοντας, έτσι, ουσιαστικά την θεωρητική συγκρότηση των κοινωνικών επιστημών (βλ. κεφ. 3., 4., και 5.) γενικότερα.

Η ανίχνευση της δομής της συνεπαγωγής μεταξύ των κριτηρίων στην ανάλυση της κλιμακωσιμότητας ενός πίνακα επιδόσεων (μιας πολύ πιο απαιτητικής/αυστηρής δομής από την δομή της μονοτονικότητας ή την συσχετισιακή δομή) προσδίδει την ιδιαίτερη αξία τους - για την ανάλυση - στα μοντέλα της κλιμακωσιμότητας.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η περιορισμένη χρήση της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας στην αξιολόγηση με ποιοτικά δεδομένα - συχνά δεν αναφέρεται ως ιδιαίτερη μέθοδος ανάλυσης - δεν μπορεί να αποδοθεί στην ιδιαίτερη σημασία της. Έτσι, στον βαθμό που δεν οφείλεται στην σχετική σπανιότητα των προβλημάτων αξιολόγησης, όπου τα κριτήρια συνδέονται με την δομή της συνεπαγωγής, η περιορισμένη χρήση της ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας φαίνεται να συνδέεται στενά με τους περιορισμούς στα δεδομένα εισόδου και τα αναλυτικά μειονεκτήματα των σημερινών μεθόδων (βλ. κεφ. 2.).

Το προτεινόμενο μοντέλο ανάλυσης στην παρούσα μελέτη (βλ. κεφ. 3.) εκεί ακριβώς αποσκοπεί: στην γενίκευση του μοντέλου για τακτικές κλίμακες περισσότερων των δύο τιμών και στην αναλυτικότερη/και πληρέστερη, θεωρητικά, συγκρότησή του.

Η δομή της κλιμάκωσης μεταξύ των (ποιοτικών) χαρακτηριστικών μιας περιγραφής αποτελεί την αυστηρότερη, τυπικά, δομή σε έναν πίνακα αξιολόγησης. Πρόκειται για μια δομή (βλ. παρ. 2.1.3. και 2.1.4.) που βασισμένη στις σχέσεις συνεπαγωγής μεταξύ των χαρακτηριστικών περιγραφής συνδέεται άμεσα με την θεωρητική συγκρότηση του εξεταζόμενου φαινομένου. Έτσι τα μοντέλα (ποιοτικής) αξιολόγησης που στηρίζονται στη δομή της κλιμάκωσης - αναφερόμενα αυτονόητα στην συνεπαγωγή των χαρακτηριστικών - προσφέρονται άμεσα στην αξιολόγηση και στον έλεγχο της θεωρητικής γενίκευσης· πολύ περισσότερο απ'ότι η αξιολόγηση που στηρίζεται σε δομές ανεξάρτητων μεταβλητών ή σε δομές συσχέτισης των μεταβλητών περιγραφής.

Λαμβάνοντας υπόψη την αξία της στη θεωρητική συγκρότηση, η σχετικά περιορισμένη χρήση της δομής της κλιμάκωσης στην αξιολόγηση δεν μπορεί να αποδοθεί παρά σε αδυναμίες των υφισταμένων προσεγγίσεων και των εν χρήσει μοντέλων· στον βαθμό, βεβαίως, που δεν οφείλεται στην σχετική σπανιότητα των κλιμακώσιμων δομών στον πραγματικό κόσμο ή σε θεωρητικές προκαταλήψεις.

Η κριτική των εν χρήσει μοντέλων κλιμάκωσης επισημαίνει συστηματικά τις αδυναμίες τους. Στο κεφάλαιο αυτό μετά από την παρουσίαση των βασικών εννοιών κλιμάκωσης (παρ. 2.1.)

παρουσιάζεται η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας με την συμβατική προσέγγιση του Guttman (παρ. 2.2.) και μετά την κριτική της (παρ. 2.3.) παρουσιάζονται (παρ. 2.4.) και κρίνονται (παρ. 2.5.) τα εν χρήσει νεώτερα μοντέλα των Maitre (Loevinger), Degenne και Goodman. Μοντέλα που, ωστόσο, ακόμη και σήμερα, χρησιμοποιούνται λιγότερο από το μοντέλο του Guttman. Το παράδοξο αυτό που, ωστόσο, δικαιολογείται από την κριτική των νεώτερων προσεγγίσεων υπογραμμίζει την αναγκαιότητα μιας πληρέστερης και αναλυτικότερης προσέγγισης στην κλιμακωσιμότητα που επιχειρείται στο, επόμενο, κεφάλαιο 4.

2.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗΣ.

2.1.1. Η τέλεια κλιμάκωση.

Η κλιμάκωση και η κλιμακωσιμότητα αναφέρονται σε μια ιδιαίτερη μορφή σχέσης ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες ποιοτικές μεταβλητές (χαρακτηριστικά, κριτήρια) που περιγράφουν ένα σύνολο αντικειμένων (εναλλακτικών επιλογών, λύσεων, σχεδίων, κ.λ.π). Οι μεταβλητές αυτές είναι, κατά κανόνα*, δυαδικές μεταβλητές (0 - 1) όπου το 0 δηλώνει την απουσία (ή άρνηση ή χαμηλό επίπεδο) και το 1 την παρουσία, αντίστοιχα, κάποιου χαρακτηριστικού.

Ο έλεγχος της κλιμάκωσης προϋποθέτει - πριν απ' όλα - την (ανά)διάταξη του αρχικού πίνακα της περιγραφής (αξιολόγησης) κατά γραμμές και στήλες: από τις στήλες (χαρακτηριστικά) των περισσότερων θετικών τιμών των χαρακτηριστικών (1) προς αυτές των λιγότερων και από τις γραμμές των περισσότερων θετικών τιμών των αντικειμένων προς αυτές των λιγότερων. Το σχήμα 2.1.α παρουσιάζει μια τέτοια -(άνα)διαταγμένη - περιγραφή (π).

Σύμφωνα με την κλασική προσέγγιση του Guttman** ένα σύνολο δίτιμων μεταβλητών περιγραφής παρουσιάζει τέλεια κλιμάκωση (πλήρως κλιμακωτή δομή) όταν διακρίνεται από την ιδιότητα/προυπόθεση: κάθε αντικείμενο (ή τύπος αντικειμένου) της αναδιαταγμένης περιγραφής που ανταποκρίνεται θετικά (είναι 1) σε κάποια μεταβλητή χαμηλότερης τάξης ανταποκρίνεται θετικά και σε όλες τις μεταβλητές ψηλότερης τάξης.

Αν πρόκειται, π.χ., για δύο διαταγμένες μεταβλητές G και H με δυνατούς συνδυασμούς (τύπους αντικειμένων), 11, 10, 00 και 01 η τέλεια κλιμάκωση (δομή Guttman) αποκλείει την παρουσία αντικειμένων του τετάρτου (01) συνδυασμού. Αποκλείεται δηλαδή, στην τέλεια κλιμάκωση, η παρουσία αντικειμένων που ανταποκρίνονται θετικά στην παρουσία "δυσκολότερων" (=μικρότερης

* Σε όλες τις θεωρητικές παρουσιάσεις της μέτρησης κλιμακωσιμότητας, παλαιότερες (Guttman) και νεώτερες (Maitre, Degenne, Goodman, Clogg), η μέτρηση αναφέρεται σε δίτιμες μεταβλητές. Το προτεινόμενο μοντέλο ανάλυσης/διαβάθμισης γενικεύεται σε πολυτομικές μεταβλητές (βλ. κεφ. 3.) όπου, άλλωστε, εφαρμόζεται (βλ. κεφ. 4.).

** Συστηματικές, γενικές, παρουσιάσεις προσφέρονται από τους Guttman (1950), Edwards (1957), Torgerson (1962), Lazarsfeld and Henry (1968), Mokken (1971), Coombs et al (1978), Kim and Rabjohn (1979), Nie et al (1980), Clogg and Sawyer (1981), McCutcheon (1989). Στην ελληνική βιβλιογραφία βλέπε ΑΚΟ (1973), Ρόκος (1984). Η πληρέστερη παρουσίαση του τυπικού υποβάθρου της κλιμάκωσης βρίσκεται στους Degenne (1972) και EHESS (1971), ιδιαίτερα στα άρθρα των Barbut, Benzecri, Degenne, Flamment, Lerman και Maitre.

θετικής συχνότητας) χαρακτηριστικών και, συγχρόνως, αρνητικά στην παρουσία "ευκολότερων" χαρακτηριστικών.

Στο σχήμα 2.1. παρουσιάζονται μια τέλεια κλιμάκωση (π^0) 100 αντικειμένων, ως προς τρία χαρακτηριστικά, ενώ στο σχήμα 2.2. παρουσιάζεται η περιγραφή και η κλιμάκωση 118 αντικειμένων ως προς τρία διτιμα χαρακτηριστικά. Πρόκειται για ένα παράδειγμα που χρησιμοποιούν οι Nie et al (1980).

Στο σχήμα 2.3. παρουσιάζεται μια σειρά συμβολισμών απαραίτητων για τον ορισμό εννοιών και μέτρων της κλιμάκωσης.

2.1.2. Οροι και συμβολισμοί.

Η παρουσίαση μιας σειράς όρων, ορισμών και συμβολισμών που συνδέονται με την έννοια της κλιμάκωσης (βλ. σχήματα 2.1., 2.2., 2.3.), είναι απαραίτητη για την κατανόηση της έννοιας της κλιμάκωσης ενώ η προσέγγιση της μέτρησης της κλιμακωσιμότητας - είτε κατά Guttman είτε κατά τις νεώτερες προσεγγίσεις - προϋποθέτει την συστηματική χρήση τους.

Δύο όροι που συνδέθηκαν ιστορικά με την ανίχνευση της δομής της κλιμάκωσης στην ανάλυση ερωτηματολογίων είναι οι όροι *δημοτικότητα* και *επίδοση* (ή επίπεδο συνδυασμού), που χρησιμοποιούνται σε οποιαδήποτε περιγραφή η αντικειμένων ως προς m μεταβλητές.

Συμβολίζουμε με $\binom{ij}{gh}$ τον τυχόντα συνδυασμό δύο οποιωνδήποτε μεταβλητών G και H που ενδιαφέρει η κλιμακωσιμότητά τους και που παίρνουν διαφορετικές τιμές i και j ($i=1,0$ $j=1,0$ στις διτιμες μεταβλητές, ενώ $i=...3,2,1,0$ $j=...3,2,1,0$ στις πολυτομικές μεταβλητές). Ο τυχόν συνδυασμός μιας οποιασδήποτε περιγραφής των ποιοτικών μεταβλητών $(a,b,c,...,g,h,...,m)$ συμβολίζεται αντίστοιχα $\binom{ij}{gh}$. Οι συχνότητες των συνδυασμών στις δύο περιπτώσεις συμβολίζονται f_{gh}^{ij} και f_{gh}^{ij} . Ισχύουν, αυτονόητα:

$$\sum_{ij} f_{gh}^{ij} = n \quad \text{και} \quad \sum_{ij} f_{gh}^{ij} = n \quad (2.1)$$

τόσο στις διτιμες μεταβλητές ($i=1,0$ $j=1,0$) όσο και στις πολυτομικές ($i=...3,2,1,0$ $j=...3,2,1,0$). Στο παράδειγμα του σχήματος 2.1.:

$$\sum_{ij} f_{gh}^{ij} = f_{abc}^{111} + f_{abc}^{110} + f_{abc}^{100} + f_{abc}^{000} = 20 + 30 + 40 + 10 = 100.$$

Η *δημοτικότητα* ορίζεται ως προς κάθε μεταβλητή (g) και αποτελεί το άθροισμα των συχνοτήτων των μη μηδενικών συνδυασμών της μεταβλητής ($i \neq 0$) με τις άλλες:

$$\delta(g) = \sum_{\substack{h=a \\ a \neq g}}^m f_{gh}^{ij} \quad \text{για } i > 0 \quad (2.2)$$

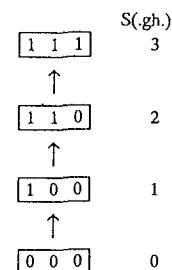
Στο παράδειγμα του σχήματος 2.2.: $\delta(b) = 1(13) + 1(23) + 1(23) + 1(17) = 76$.

Η *επίδοση* ορίζεται ως προς κάθε συνδυασμό, (gh) και αποτελεί το άθροισμα των μη μηδενικών στοιχείων (μεταβλητών) - $i,j,k \neq 0$ - κάθε συνδυασμού:

ΠΛΗΘΟΣ ΚΑΤΑ ΟΜΑΔΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ		ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ			ΕΠΙΔΟ- ΣΕΙΣ $S(\begin{smallmatrix} ij \\ .gh. \end{smallmatrix})$
		a	b	c	
$\left. \begin{smallmatrix} (.gh.) \\ \in \\ B \end{smallmatrix} \right\}$	20	1	1	1	3
	30	1	1	0	2
	40	1	0	0	1
	10	0	0	0	0
ΔΗΜΟΤΙΚΟΤΗΤΑ $\delta(g)$		90	50	20	

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)	ΣΥΧΝΟ- ΤΗΤΕΣ $f(.gh.)$
1 1 1	
a b c	20
1 1 0	
a b c	30
1 0 0	
a b c	40
0 0 0	
a b c	50

$$\sum_i \sum_j f_{ij}^{gh} = n : 100$$



α. η διαταγμένη περιγραφή (π)

β. οι συχνότητες κατά συνδυασμούς

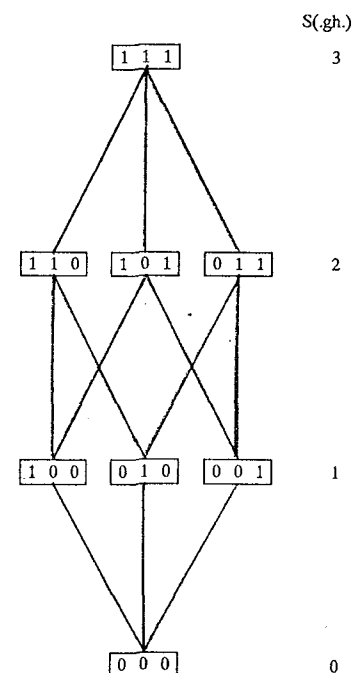
$$Gr = 1 - 0 = 1,0000$$

γ. το πλέγμα των συνδυασμών (συμπεριφορών της π)

Σχήμα 2.1. Η τέλεια κλιμάκωση (δομή Guttman, π_0) σε ένα σύνολο 100 αντικειμένων περιγραφόμενων ως προς 3 διτима χαρακτηριστικά (μεταβλητές).

ΠΛΗΘΟΣ ΚΑΤΑ ΟΜΑΔΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙ- ΜΕΝΩΝ		ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ			ΕΠΙΔΟ- ΣΕΙΣ $S(\begin{smallmatrix} ij \\ .gh. \end{smallmatrix})$
		a	b	c	
$\left. \begin{smallmatrix} (.gh.) \\ \in \\ B \end{smallmatrix} \right\}$	13	1	1	1	3
	23	1	1	0	2
	66	1	0	0	1
	47	0	0	0	2
$\left. \begin{smallmatrix} (.gh.) \\ \notin \\ B \end{smallmatrix} \right\}$	23	0	1	1	2
	11	1	0	1	2
	8	0	0	1	1
	17	0	1	0	1
ΔΗΜΟΤΙΚΟ- ΤΗΤΑ $\delta(g)$		113	76	55	

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)	ΣΥΧΝΟ- ΤΗΤΕΣ $f(.gh.)$	ΛΑΘΗ ΣΥΝ/ΜΟΥ $\lambda(.gh.)$	ΛΑΘΗ GUTTMAN $e(.gh.)$
1 1 1			
a b c	13	-	-
1 1 0			
a b c	23	-	-
1 0 0			
a b c	66	-	-
0 0 0			
a b c	47	-	-
0 1 1			
a b c	23	2	46
1 0 1			
a b c	11	2	22
0 0 1			
a b c	8	2	16
0 1 0			
a b c	17	2	34
$\sum_i \sum_j f_{ij}^{gh} = n : 208$		$\sum e(.gh.) : 118$	



α. η διαταγμένη περιγραφή (π)

β. οι συχνότητες κατά συνδυασμούς

$$Gr = 1 - \frac{118}{3 \times 208} = 0,81090$$

γ. το πλέγμα των συνδυασμών
B: 000 → 100 → 110 → 111
 $f(B): 47 + 66 + 23 + 13 = 149$
 $p(B): 149/208 = 0,71635$

Σχήμα 2.2. Η κλιμάκωση στο παράδειγμα των Nie et al (1980): 208 αντικείμενα, 3 διτима μεταβλητές.

ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ
ΑΝΑ ΖΕΥΓΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ
ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ

H

$\sum \binom{(s)}{gh} \binom{(u)}{ij} : \binom{(u)}{gh} \binom{(u)}{ij}$	$\sum \binom{(u)}{gh} \binom{(t)}{ij} : \binom{(t)}{gh} \binom{(t)}{ij}$
$i = \max(i)$ $j = \max(j)$ $i \geq j$	$i = \min(i)$ $j = \min(j)$

G

ΑΝΑ ΖΕΥΓΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ ΣΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ 2.2.

B

$f_{ab}^{(s)} = 36$	$f_{ab}^{(v)} = 77$	$n = 208$	
$f_{ab}^{(u)} = 40$	$f_{ab}^{(t)} = 55$	$n = 208$	

A

B

$f_{ab}^{(s)} = 36$	$f_{ab}^{(u)} = 40$	$n = 208$	
$f_{ab}^{(u)} = 19$	$f_{ab}^{(t)} = 113$	$n = 208$	

A

B

$f_{abc}^{(s)} = 32$	$f_{abc}^{(v)} = 68, 7$	$n = 208$	
$f_{abc}^{(u)} = 30$	$f_{abc}^{(t)} = 77, 3$	$n = 208$	

ΑΝΑ ΖΕΥΓΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ
ΚΑΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ

ΑΚΡΑΙΟΙ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

$$f_{ab}^{(s+t)} = 36+55 = 91$$

$$f_{ab}^{(s+t)} = 24+64 = 88$$

$$f_{ab}^{(s+t)} = 36+113 = 149$$

$$f_{abc}^{(s+t)} = 2 \sum f_{gh}^{(s+t)} / 3 \times 2$$

ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

$$p_{ab}^{(s+t)} = 91/208 = 0,43750$$

$$p_{ab}^{(s+t)} = 88/208 = 0,42308$$

$$p_{ab}^{(s+t)} = 149/208 = 0,71635$$

$$p_{abc}^{(s+t)} = 105,3/208 = 0,50625$$

ΕΝΤΟΣ ΚΥΡΙΑΣ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

$$f_{ab}^{(v+u)} = 77+40 = 117$$

$$f_{ab}^{(v+u)} = 89+31 = 120$$

$$f_{ab}^{(v+u)} = 40+19 = 59$$

$$f_{abc}^{(v+u)} = 68,7+30 = 98,7$$

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

$$p_{ab}^{(v+u)} = 117/208 = 0,56250$$

$$p_{ab}^{(v+u)} = 120/208 = 0,57692$$

$$p_{ab}^{(v+u)} = 59/208 = 0,28365$$

$$p_{abc}^{(v+u)} = 98,7/208 = 0,47452$$

ΕΝΤΟΣ ΚΥΡΙΑΣ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

$$f_{ab}^{(\bar{u})} = 36+77+55 = 168$$

$$f_{ab}^{(\bar{u})} = 24+89+64 = 177$$

$$f_{ab}^{(\bar{u})} = 36+40+113 = 189$$

$$f_{abc}^{(\bar{u})} = 32+68,7+77,3 = 178$$

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

$$p_{ab}^{(\bar{u})} = 168/208 = 0,80769$$

$$p_{ab}^{(\bar{u})} = 177/208 = 0,85096$$

$$p_{ab}^{(\bar{u})} = 189/208 = 0,90865$$

$$p_{abc}^{(\bar{u})} = 178/208 = 0,85577$$

$$S(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}) = \sum_{ij} (\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}) \quad \text{για } i > 0, j > 0 \quad (2.3)$$

Στο παράδειγμα του σχήματος 2.2. ισχύουν: $S(\begin{smallmatrix} 110 \\ abc \end{smallmatrix})=2$, $S(\begin{smallmatrix} 000 \\ abc \end{smallmatrix})=0$, $S(\begin{smallmatrix} 101 \\ abc \end{smallmatrix})=2$.

Ως *διαταγμένη περιγραφή* $\Gamma(\pi)$ νοείται κάθε (άνα)διάταξη του δοθέντος πίνακα δεδομένων κατά φθίνουσα τάξη δημοτικότητας και κατά φθίνουσα τάξη επιδόσεων.

Ως *πλέγμα* συνδυασμών ή συμπεριφορών νοείται η αναπαράσταση της διαταγμένης περιγραφής οργανωμένη κατά επίπεδα συνδυασμών (επιδόσεων) και κατά την σχέση του εγκλεισμού.

Η *σχέση εγκλεισμού* στα σχήματα 2.1. και 2.2. δηλώνεται με βέλη που συνδέουν δύο άμεσα συγκρίσιμους συνδυασμούς (μη μεταβατικός εγκλεισμός) όταν ο συνδυασμός στην αιχμή του βέλους περιέχει όλα τα θετικά στοιχεία που περιέχει και ο συνδυασμός στην αφετηρία του βέλους και κάποιο επί πλέον. Όταν δηλαδή ο συνδυασμός της αφετηρίας "εγκλείεται" (είναι γνήσια κατώτερος) στον συνδυασμό της αιχμής του βέλους.

Το πλέγμα των συνδυασμών ορίζει, δηλαδή, στο σύνολό τους μια *μερική διάταξη* όπου δύο οποιοδήποτε συνδυασμοί έχουν ένα κατώτερο όριο "infimum" και ένα ανώτερο όριο "supremum".

Παράλληλα, η έννοια της *μερικής διάταξης* αποδίδει την αδυναμία σύγκρισης (εγκλεισμού) όλων των συνδυασμών της περιγραφής.

Στο πλέγμα των δυνατών συνδυασμών (πλήρες πλέγμα) ενός συνόλου μεταβλητών ο ανώτατος συνδυασμός είναι αυτός όπου όλες οι μεταβλητές παίρνουν την ανώτερη τιμή τους:

$$\sup(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}): i = \max(i), j = \max(j).$$

Ενώ ο κατώτατος συνδυασμός είναι αυτός όπου όλες οι μεταβλητές παίρνουν την κατώτερη (μηδενική σύμφωνα με τους συμβολισμούς που υιοθετήσαμε) τιμή τους:

$$\inf(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}): i = j = 0.$$

Τα στοιχεία $(\begin{smallmatrix} 111 \\ abc \end{smallmatrix})$ και $(\begin{smallmatrix} 000 \\ abc \end{smallmatrix})$ είναι οι ανώτατοι και κατώτατοι συνδυασμοί των πλεγμάτων των σχημάτων 2.1. και 2.2..

Συμπεριφορά στο πλέγμα ονομάζεται μια ακολουθία συνδυασμών του από τον κατώτατο (infimum) προς τον ανώτατο (supremum) συνδυασμό του πλέγματος που συνδέονται, ανά δύο, μεταξύ τους με την σχέση εγκλεισμού. Η ακολουθία, π.χ., των συνδυασμών 000, 010, 110, 111 στο πλέγμα του σχήματος 2.2. αποτελεί συμπεριφορά αφού περιέχει τα supremum και infimum του πλέγματος (000, 111) και αφού κάθε κατώτερο στοιχείο της εγκλείεται στα ανώτερά του.

Σύμφωνα με το ορισμό της, μια κύρια ιδιότητα της συμπεριφοράς είναι το ότι διαθέτει έναν μόνον συνδυασμό κατά επίδοση. Επίσης, κάθε συμπεριφορά αποτελεί μια πλήρη διάταξη των συνδυασμών της (βλ. σχήμα 2.1.γ).

Σύμφωνα με το ορισμό της, η συμπεριφορά αποτελεί μια *αλυσίδα εγκλεισμού*, μια διαδοχή συνδυασμών, δηλαδή, όπου κάθε συνδυασμός είναι συγκρίσιμος με τον αμέσως ανώτερό του.

Κύρια συμπεριφορά (B) ονομάζεται η συμπεριφορά του πλέγματος που διαθέτει το μέγιστο άθροισμα συχνότητας των εντός της συμπεριφοράς συνδυασμών. Η κύρια συμπεριφορά στο πλέγμα του σχήματος 2.1., π.χ. είναι η συμπεριφορά των συνδυασμών, 000, 100, 110, 111 που διαθέτει συχνότητα 149 αντικειμένων:

$$f(B) : \sum f_{gh}^{ij} \in B \quad (2.4)$$

και στο παράδειγμα : $f(B) = 149 (=f_{abc}^{000} + f_{abc}^{100} + f_{abc}^{110} + f_{abc}^{111})$.

Οι συνδυασμοί εκτός της κύριας συμπεριφοράς έχουν, αντίστοιχα, συχνότητα

$$f(\bar{B}) = n - f(B) = 59.$$

Η αναλογία των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών είναι:

$$p(B) = f(B)/n = 149/208 = 0,716.$$

Το πλήρες πλέγμα (πλέγμα των δυνατών συνδυασμών) m διτιμών μεταβλητών ($a, b, \dots, g, h, \dots, m$) περιέχει 2^m συνδυασμούς, που οργανώνονται σε $m+1$ επίπεδα συνδυασμών (επιδόσεις) και σε $m!$ διαφορετικές συμπεριφορές. Ενώ οι συνδυασμοί της κύριας συμπεριφοράς είναι $m+1$.

Ετσι το πλήρες πλέγμα των 3 διτιμών μεταβλητών, π.χ., περιέχει 8 συνδυασμούς ($=2^3$), 4 επίπεδα συνδυασμών ($=3+1$), 4 συνδυασμούς στην κύρια συμπεριφορά και 6 συμπεριφορές ($=1 \times 2 \times 3$), ενώ το πλήρες πλέγμα των τεσσάρων διτιμών μεταβλητών περιέχει 16 συνδυασμούς, 5 επίπεδα συνδυασμών, 5 συνδυασμούς κύριας συμπεριφοράς και 24 διαφορετικές συμπεριφορές.

Ο αριθμός των συνδυασμών σε πλήρη πλέγματα πολυτομικών μεταβλητών είναι $|i| \times |j| \times |k| \times \dots$. Ενώ ο αριθμός των συνδυασμών της κύριας συμπεριφοράς είναι: $|i-1| + |j-1| + |k-1| + \dots + 1$.

Ιδιαίτερη σημασία για την περιγραφή (ή το πλέγμα της περιγραφής) έχουν οι σχέσεις των μεταβλητών της περιγραφής κατά ζεύγη ή, αλλιώς, οι δυαδικές σχέσεις των μεταβλητών της περιγραφής.

Σε κάθε διατεταγμένη περιγραφή (πλέγμα) διακρίνονται τέσσερις τύποι δυαδικών σχέσεων των ζευγών των μεταβλητών της, αναφερόμενοι στους συνδυασμούς της $(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix})$:

1. $(\begin{smallmatrix} s \\ gh \end{smallmatrix}) : \forall (\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}) \in r(\pi), i = \max(i), j = \max(j)$
2. $(\begin{smallmatrix} t \\ gh \end{smallmatrix}) : \forall (\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}) \in r(\pi), i = \min(i), j = \min(j)$
3. $(\begin{smallmatrix} v \\ gh \end{smallmatrix}) : \forall (\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}) \in r(\pi), i \geq j$
4. $(\begin{smallmatrix} u \\ gh \end{smallmatrix}) : \forall (\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}) \in r(\pi), i < j$ (εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμοί).

Οι συχνότητες των τύπων των δυαδικών σχέσεων είναι τα αθροίσματα των συχνοτήτων των συνδυασμών που ανταποκρίνονται στις 4 ιδιότητες της σχέσης (2.5). Π.χ., ισχύει:

$$f_{gh}^{(v)} = \sum_{ij} f_{gh}^{ij} \quad \forall (\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix}), i \geq j \quad (2.6)$$

Αντίστοιχα οι αναλογίες των τύπων των δυαδικών σχέσεων είναι οι συχνότητές τους διηρημένες με το πλήθος των αντικειμένων της περιγραφής:

$$p_{gh}^{(v)} = f_{gh}^{(v)} / n \quad (2.7)$$

Με βάση τις σχέσεις (2.5), (2.6) και (2.7) ορίζονται οι έννοιες των ενδιάμεσων, των ακραίων και των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών - κατά ζεύγη - της περιγραφής (πλέγματος, π).

Καθώς και οι σχετικές έννοιες των συχνοτήτων και των αναλογιών τους:

-ακραίοι συνδυασμοί κατά ζεύγη :

$$(\begin{smallmatrix} s+t \\ gh \end{smallmatrix}) : f_{gh}^{(s+t)} = f_{gh}^{(s)} + f_{gh}^{(t)}, \quad p_{gh}^{(s+t)} = f_{gh}^{(s+t)} / n$$

-ενδιάμεσοι συνδυασμοί κατά ζεύγη :

$$(\begin{smallmatrix} v+u \\ gh \end{smallmatrix}) : f_{gh}^{(v+u)} = f_{gh}^{(v)} + f_{gh}^{(u)}, \quad p_{gh}^{(v+u)} = f_{gh}^{(v+u)} / n$$

-εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμοί, κατά ζεύγη :

$$(\begin{smallmatrix} \bar{u} \\ gh \end{smallmatrix}) : f_{gh}^{(\bar{u})} = f_{gh}^{(s+t+v)} = f_{gh}^{(s)} + f_{gh}^{(t)} + f_{gh}^{(v)} = n - f_{gh}^{(u)}, \quad p_{gh}^{(\bar{u})} = f_{gh}^{(\bar{u})} / n$$

Στο σχήμα 2.3. παρουσιάζονται αναλυτικά οι δυαδικές σχέσεις των παραδειγμάτων των σχημάτων 2.1. και 2.2..

Σημειώνεται ότι μεταξύ των συχνοτήτων και αναλογιών των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών - κατά ζεύγη - στο σύνολο της περιγραφής και των αντίστοιχων συχνοτήτων και αναλογιών των συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς ($f(B)$ και $p(B)$, βλ. σχέση (2.4)) υπάρχει σημαντική διαφορά. Γενικά το πρώτο μέγεθος είναι μεγαλύτερο του δευτέρου:

$$f_{gh}^{(\bar{u})} = 2 \sum_{g=a}^{m+1} \sum_{h=b}^m f_{gh} / m(m-1) \geq f(B), \quad p_{gh}^{(\bar{u})} \geq p(B) \quad (2.9)$$

Παράβαλε αντίστοιχα μεγέθη στους πίνακες 2.2. και 2.3., όπου ισχύουν οι ανισότητες (2.9), αφού: $0,80769 > 0,71635$, $0,85096 > 0,71635$, $0,90865 > 0,71635$ και $0,85577 > 0,71635$.

2.1.3. Οι ιδιότητες της τέλει κλιμάκωσης και η κλιμακωσιμότητα.

Με βάση τους όρους και τους συμβολισμούς που υιοθετήθηκαν μπορούν να παρουσιαστούν συστηματικά πλέον οι κύριες ιδιότητες της τέλει κλιμάκωσης, που προσδιορίζουν τυπικά την έννοιά της:

α. Στην τέλεια κλιμάκωση μιας περιγραφής (π^0) η συχνότητα της κύριας συμπεριφοράς ταυτίζεται με τον αριθμό των αντικειμένων της περιγραφής· διαθέτει, συνεπώς, αναλογία στο σύνολο των αντικειμένων ίση προς τη μονάδα:

$$f(B) = n, \quad p(B) = 1 \Leftrightarrow \pi \equiv \pi^0 \quad (2.10)$$

β. Στην τέλεια κλιμάκωση μιας διαταγμένης περιγραφής $r(\pi^0)$ οι κατά δυαδικές σχέσεις - εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμοί - έχουν μηδενική συχνότητα και αναλογία ενώ οι εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμοί έχουν, αντίστοιχα, συχνότητα ίση προς το πλήθος των αντικειμένων της περιγραφής και αναλογία ίση προς την μονάδα:

$$\begin{aligned} f_{gh}^{(u)} = 0, \quad f_{gh}^{(\bar{u})} = n &\Leftrightarrow r(\pi) \equiv \pi^0 \\ p_{gh}^{(u)} = 0, \quad p_{gh}^{(\bar{u})} = 1 &\Leftrightarrow r(\pi) \equiv \pi^0 \end{aligned} \quad (2.11)$$

β¹. Ως πόρισμα των σχέσεων (2.10) και (2.11) συνάγεται:

$$f(B) = f_{gh}^{(\bar{u})} = n, \quad p(B) = p_{gh}^{(\bar{u})} = 1 \Leftrightarrow r(\pi) \equiv \pi^0 \quad (2.12)$$

Προφανώς, η σχέση (2.12) αποτελεί μερική περίπτωση της σχέσης (2.9): στην περίπτωση της

τέλειας κλιμάκωσης, δηλαδή η, γενικά, μεγαλύτερη τιμή της συχνότητας (αναλογίας) των εντός της κυρίας συμπεριφοράς συνδυασμών - κατά δυαδικές σχέσεις - εξισώνεται με την συχνότητα των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών.

γ. Στο πλέγμα της τέλειας κλιμάκωσης, υπάρχει μία και μόνον συμπεριφορά, η κύρια συμπεριφορά:

$$\text{Εάν } \left(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix} \right) \in B \rightarrow \left(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix} \right) \in \pi \Leftrightarrow r(\pi) \equiv \pi^0 \quad (2.13)$$

γ¹. Ως πόρισμα των σχέσεων (2.11) και (2.13) συνάγεται ότι σε κάθε - διαταγμένης περιγραφής - τέλεια κλιμάκωση το πλέγμα των συμπεριφορών αποτελεί ολική διάταξη, αντίθετα με την γενική περίπτωση, όπου αποτελεί μερική διάταξη:

$$\forall \left(\begin{smallmatrix} ij \\ gh \end{smallmatrix} \right) \in B, \quad i \geq j \Leftrightarrow \pi \equiv \pi^0 \quad (2.14)$$

Η έννοια της τέλειας κλιμάκωσης συνδέεται αυτονόητα με τις έννοιες της *μονοδιάστασης* και της *σωρευτικότητας*. Δύο όρους που αν και δεν διευκρινίζονται νοηματικά στην σχετική βιβλιογραφία (βλ. παρ. 2.2.) - χρησιμοποιούμενοι, συχνά, εναλλακτικά - αποτέλεσαν την διαισθητική βάση στην μέτρηση της κλιμακωσιμότητας, κατά Guttman, τουλάχιστον (βλ. Nie et al 1980 και Clogg and Sawyer 1981).

Οι όροι αυτοί διευκρινίζονται και τυποποιούνται στο προτεινόμενο μοντέλο κλιμακωσιμότητας (βλ. παρ. 3.2.1. και 3.2.2.). Μοντέλο που διερευνά και αποτιμά ξεχωριστά την συμβολή τους στην ανάλυση και στην μέτρηση της κλιμακωσιμότητας.

Ωστόσο, με βάση την τυποποίηση των ιδιοτήτων της τέλειας κλιμάκωσης, μια πρώτη διευκρίνιση των δύο εννοιών/αιτημάτων της κλιμάκωσης προσεγγίζεται από την ιδιότητα γ (σχέση 2.13) και το πόρισμα β¹ (σχέση 2.12):

-Η παρουσία μιας και μόνης συμπεριφοράς στο πλέγμα της τέλειας κλιμάκωσης (2.13) - η απουσία δηλαδή άλλων συμπεριφορών - ικανοποιεί το αίτημα της μονοδιάστασης στο πλέγμα των συνδυασμών.

-Η ταύτιση των συχνοτήτων των εντός της κύριας συμπεριφοράς - κατά δυαδικές σχέσεις των μεταβλητών - με την συχνότητα των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών της περιγραφής (π) προσδιορίζει την μέγιστη σωρευτικότητα στις σχέσεις των μεταβλητών της περιγραφής (σχέση 2.14). Ικανοποιώντας, έτσι, το αίτημα της σωρευτικότητας.

Σύμφωνα με τις ιδιότητες της τέλειας κλιμάκωσης μπορούν πλέον να οριστούν, γενικά, οι έννοιες της *κλιμακώσιμης δομής* και της *κλιμακωσιμότητας*.

Κλιμακώσιμη δομή αποτελεί μια διαταγμένη περιγραφή - $r(\pi)$ - που συγκλίνει (παρουσιάζει μικρή απόσταση) προς τη δομή της τέλειας κλιμάκωσης, όπως προσδιορίζεται από τις ιδιότητές της.

Η *κλιμακωσιμότητα*, ορίζεται, ως ο βαθμός της σύγκλισης (το μέτρο της απόστασης) μιας διαταγμένης περιγραφής προς την δομή της τέλειας κλιμάκωσης, όπως προσδιορίζεται από τις ιδιότητές της.

2.1.4. Η σημασιολόγηση της κλιμάκωσης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το πεδίο εφαρμογής της αξιολόγησης με βάση το μοντέλο της κλιμάκωσης έχουν η πρόταση γ (σχέση 2.15) και το πόρισμα γ^1 (σχέση 2.14).

Σύμφωνα με την σχέση (2.13) η τέλεια κλιμάκωση, συνεπαγόμενη μία και μόνη συμπεριφορά στο πλέγμα των συνδυασμών (συμπεριφορών), εξασφαλίζει την *πλήρη διάταξη των συνδυασμών* της. Κάθε συνδυασμός στην τέλεια κλιμάκωση, συνεπώς, εγκλείεται στον αμέσως ανώτερό του άρα και σε όλους τους ανώτερης επίδοσης συνδυασμούς. Αντίθετα, σε περιπτώσεις κλιμακώσιμων απλά δομών, το πρόβλημα της αξιολόγησης με μοντέλα κλιμάκωσης ανάγεται στην προσέγγιση των παρουσιαζομένων συμπεριφορών (επί μέρους ολικών διατάξεων) στην κύρια συμπεριφορά του πλέγματος (βλ. ορισμούς παρ. 2.1.2. και κεφ. 3.).

Σύμφωνα με τη σχέση (2.13) η τέλεια κλιμάκωση, συνεπαγόμενη μία και μόνη συμπεριφορά στο πλέγμα των συνδυασμών (συμπεριφορών), εξασφαλίζει την *πλήρη διάταξη των χαρακτηριστικών* της περιγραφής. Στην τέλεια κλιμάκωση συνεπώς κάθε χαρακτηριστικό της διαταγμένης περιγραφής εγκλείεται, ή, αλλιώς, συνεπάγεται* το αμέσως προηγούμενό του. Με άλλα λόγια, στην τέλεια κλιμάκωση για κάθε αντικείμενο (συνδυασμό) της περιγραφής η παρουσία κάποιου χαρακτηριστικού συνεπάγεται την παρουσία (σε αντίστοιχο επίπεδο) κάθε προηγούμενού του, στην περιγραφή, χαρακτηριστικού.

Η σημασία της δομής της κλιμάκωσης για το θεωρητικό υπόβαθρο των κοινωνικών επιστημών και της περιφερειακής επιστήμης, ιδιαίτερα, είναι αυτονόητη. Όλες οι λεγόμενες "θεωρίες της εξέλιξης" αλλά και αντίστοιχες διατυπώσεις περιφερειακής πολιτικής δεν αποτελούν παρά, περισσότερο ή λιγότερο, συστηματικές διατυπώσεις κλιμάκωσης (εγκλεισμού) χαρακτηριστικών. Όπως, π.χ., οι θεωρίες εγκατάστασης των αστικών λειτουργιών (βλ. Ρόκος 1984), οι θεωρίες της αστικής εξειδίκευσης, ή οι θεωρίες των σταδίων μεγέθυνσης (βλ. Ρόκος 1984) αλλά και οι πολιτικές όπως αυτή των πόλων αναπτύξεως.

Στην θεωρία των σταδίων της μεγέθυνσης, π.χ., (βλ. Rostow 1960) η παρουσία των θετικών χαρακτηριστικών του πέμπτου σταδίου ανάπτυξης (μαζική κατανάλωση εξειδικευμένων αγαθών και υπηρεσιών) συνεπάγεται (=εγκλείεται από) την θετική παρουσία των χαρακτηριστικών του τετάρτου σταδίου (υψηλή τεχνολογικά παραγωγή, μείωση εξάρτησης από εισαγωγές, κ.λ.π.). Αυτά, με τη σειρά τους, συνεπάγονται την θετική παρουσία των χαρακτηριστικών του τρίτου σταδίου (ενδογενείς επενδύσεις και τεχνολογικές βελτιώσεις) που προϋποθέτουν την θετική παρουσία των χαρακτηριστικών του δευτέρου σταδίου (υπερκέραση των συμβατικών μεθόδων

* Οι όροι "εγκλεισμός" και "συνεπαγωγή" έχουν το ίδιο νοηματικό περιεχόμενο αλλά διαφορετικό πεδίο αναφοράς/εφαρμογής. Έτσι η "συνεπαγωγή" έχει ως πεδίο εφαρμογής την λογική (μαθηματική) σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων χαρακτηριστικών. Η στατιστική απόδοση της συνεπαγωγής μεταξύ των χαρακτηριστικών A και B ($A \rightarrow B$) σημαίνει ότι κάθε φορά (όλες τις φορές) που συνέβει B συνέβει και A. Αντίθετα ο εγκλεισμός ($A \supset B$) έχει ως πεδίο εφαρμογής την στατιστική σχέση μεταξύ A και B. (Τις περισσότερες φορές που συνέβει A συνέβει και B). Είναι φανερό ότι στις συνθήκες της τέλει κλιμάκωσης ο εγκλεισμός ταυτίζεται με την συνεπαγωγή. Η χρήση του όρου "συνεπαγωγή" έχει, συνεπώς, την έννοια της μεταφοράς του εμπειρικού (στατιστικού) συμπεράσματος - της δομής του "εγκλεισμού" - στον χώρο της θεωρητικής διατύπωσης (βλ. Ρόκος 1984). Αυτή η μεταφορά είναι, άλλωστε, και το αντικείμενο της παραβολής της θεωρίας του Rostow με την δομή της κλιμάκωσης (βλ. παρακάτω).

παραγωγής με την υιοθέτηση νέων προτύπων). Τέλος, το δεύτερο στάδιο (στάδιο απογείωσης από τα συμβατικά πρότυπα) προϋποθέτει την στοιχειώδη ανύψωση του κατά κεφαλήν προϊόντος και την ενδυνάμωση των ρυθμών ανάπτυξης που αποτελούν τα χαρακτηριστικά στο πρώτο στάδιο της μεγέθυνσης.

Είναι αυτονόητη από τα προηγούμενα η σημασία της κλιμάκωσης για την περιφερειακή επιστήμη ως προς το πλάτος των εφαρμογών της. Αντίστοιχη είναι η σημασία της ως προς το βάθος των εφαρμογών, τον έλεγχο δηλαδή της τυπικής συγκρότησης και της ερμηνευτικής αξίας των "θεωριών". Η εμπειρική βεβαίωση θεωριών όπως αυτή του Rostow, π.χ., δεν αποτελεί παρά σύγκριση (μέτρηση και σημασιολόγηση) εμπειρικών περιγραφών με την δομή της κλιμάκωσης. Ένα σύνολο χωρών, περιφερειών, παραγωγικών ζωνών ή και εναλλακτικών σεναρίων ανάπτυξης, π.χ., που περιγράφεται ως προς τα χαρακτηριστικά των πέντε σταδίων του Rostow συγκρινόμενο με την δομή της κλιμάκωσης μπορεί να βεβαιώνει, ή όχι, την "θεωρία" Rostow. Και στις δύο περιπτώσεις, η κλιμάκωση και η κλιμακωσιμότητα - ως έλεγχοι του εγκλεισμού των χαρακτηριστικών περιγραφής - συνδέονται άμεσα με την σημασιολόγηση και την βεβαίωση της θεωρίας ως:

-έλεγχοι της ιδιαίτερης αξίας των μεταβλητών για τον προσδιορισμό της μεγέθυνσης.

-έλεγχοι της σύνθεσης των - επί μέρους - μεταβλητών στην απόδοση της μεγέθυνσης.

Παράλληλα ο έλεγχος της κλιμακωσιμότητας σε ένα ή περισσότερα σύνολα αντικειμένων επιτρέπει τον εντοπισμό ιδιαίτερων προτύπων ανάπτυξης (διαφορετικών συμπεριφορών από την κύρια) τον διαχωρισμό του πληθυσμού του δείγματος σε διαφορετικούς τύπους (ετερογενείς πληθυσμούς αντικειμένων), κ.λ.π. (βλ. κεφ. 3.).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα ο ιδιαίτερος χαρακτήρας της - ως ανάλυσης της δομής του εγκλεισμού - διαγράφει την *ιδιαιτέρη αξία της κλιμάκωσης* στην ανάλυση των περιφερειακών φαινομένων: ενώ η αξιολόγηση με τα μοντέλα συσχέτισης και, πολύ περισσότερο, με τα μοντέλα ανεξάρτητων μεταβλητών αναφέρεται σε απλές αλληλοσυνδέσεις χαρακτηριστικών (κριτηρίων), τα μοντέλα κλιμάκωσης αναφέρονται σε μια πολύ αυστηρότερη συγκρότηση των κριτηρίων: την συνεπαγωγή· επηρεάζουν συνεπώς άμεσα την θεωρητική συγκρότηση των συμπερασμάτων της εμπειρικής ανάλυσης.

Η χαμηλή θεωρητική συγκρότηση των κοινωνικών επιστημών σήμερα, και ιδιαίτερα της περιφερειακής επιστήμης (βλ. Ρόκος 1984), δίνει συνεπώς το μέτρο της αξίας των μοντέλων κλιμάκωσης για την ανάπτυξή τους.

2.2 Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ GUTTMAN.

2.2.1. Ο συντελεστής αναπαραγωγής και ο συντελεστής κλιμακωσιμότητας.

Η τέλεια κλιμάκωση συνιστά το πρότυπο της κλίμακας Guttman. Μιας κλίμακας που, κατά Guttman, είναι συγχρόνως *μονοδιάστατη* (unidimensional) και *σωρευτική* (cumulative). Ο

έλεγχος της κλιμακωσιμότητας κατά Guttman στηρίζεται στην μέτρηση του πόσο μονοδιάστατη και πόσο σωρευτική είναι μια διατεταγμένη περιγραφή.

Ως έλεγχος της κλιμακωσιμότητας θεωρείται η διακρίβωση του κατά πόσο οι τύποι αντικειμένων ανταποκρίνονται σε μία ενιαία συμπεριφορά. Το κατά πόσο, δηλαδή, οι μεταβλητές περιγραφής τείνουν να αποδοθούν από μία και μόνο διάταξη τους. Μία μονοδιάστατη κλίμακα είναι δηλαδή αυτή όπου "...the component items must all measure movement towards or away from the same single underlying object." όπως παρατηρούν οι Nie et al (1980).

Αντίστοιχα, ο έλεγχος της σωρευτικότητας είναι η διακρίβωση του κατά πόσο οι συνδυασμοί των αντικειμένων είναι διατάξιμοι. Πόσο εύκολη είναι δηλαδή η διάταξη των χαρακτηριστικών της περιγραφής τους (εγκλεισμός μεταβλητών). Όπως παρατηρούν οι Nie et al, και πάλι, "...A cumulative scale implies that the component items can be ordered by degree of difficulty and that respondents who reply positively to a difficult item will almost respond positively to less difficult items and vice-versa".

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η μέτρηση της κλιμακωσιμότητας αποδίδει τον βαθμό στον οποίο τα δεδομένα μιας διατεταγμένης περιγραφής ανταποκρίνονται στις δύο κύριες ιδιότητες (μονοδιάσταση και σωρευτικότητα) του μοντέλου της τέλει κλιμακωτής δομής (κλίμακα Guttman).

Η μέτρηση της κλιμακωσιμότητας χρησιμοποιεί δύο δείκτες (βλ. Guttman 1950, Edwards 1957, Nie et al 1980): τον συντελεστή αναπαραγωγής (reproducibility coefficient) και τον συντελεστή κλιμακωσιμότητας (scalability coefficient).

Και οι δύο δείκτες στηρίζονται στην μέτρηση του "λάθους" κατά Guttman. Στο παράδειγμα του σχήματος 2.1., π.χ., δεν υπάρχει κανένα λάθος αφού όλοι οι τύποι αντικειμένων ανταποκρίνονται στην ενιαία συμπεριφορά 000, 100, 110 και 111.

Αντίθετα στο παράδειγμα του σχήματος 2.2. οι τύποι 011, 101, 001 και 010 (όλοι αυτοί, δηλαδή, που δεν περιέχονται στην κύρια συμπεριφορά) περιέχουν λάθη. Η μέτρηση λάθους κατά Guttman αποτιμάται ως το γινόμενο του μεγέθους λάθους του συνδυασμού με την συχνότητα του (βλ. σχήμα 2.1.β)· ισχύει, δηλαδή:

$$e_{.gh.} = \lambda_{.gh.} \times f_{.gh.} \quad (2.15)$$

όπου:

$\lambda_{.gh.}$ = το μέγεθος του σφάλματος του συνδυασμού (.gh.)

$f_{.gh.}$ = η συχνότητα του συνδυασμού (.gh.).

Το μέγεθος του λάθους κατά συνδυασμό αποτιμάται κατά τον Guttman προσδιορίζοντας για κάθε συνδυασμό - εκτός της κύριας συμπεριφοράς - τα λάθη του ως προς τον αντίστοιχο συνδυασμό - εντός της κύριας συμπεριφοράς - που διαθέτει την ίδια επίδοση.

Έτσι, π.χ., το μέγεθος του λάθους του συνδυασμού 011 είναι 2 (βλ. σχήμα 2.2.α). Αφού ο συνδυασμός αυτός με δύο θετικά χαρακτηριστικά (επίδοσης) για να αντικατασταθεί στον αντίστοιχο, εντός συμπεριφοράς συνδυασμό (110), χρειάζεται να μεταβάλει την τιμή της μεταβλητής A από 0 σε 1 και την τιμή της μεταβλητής C από 1 σε 0.

Αντίστοιχα το μέγεθος λάθους του συνδυασμού 101 είναι επίσης 2, όπως και των συνδυασμών

001 και 010. Από το μέγεθος λάθους και την συχνότητα κατά συνδυασμό προσδιορίζεται ο αριθμός λαθών κατά συνδυασμό, και απ' αυτούς το άθροισμα των λαθών που φτάνει στο ύψος των 118 λαθών στο παράδειγμα των Nie et al (βλ. σχήμα 2.2.β).

Ο συντελεστής αναπαραγωγής κατά Guttman αποτελεί συνάρτηση των πραγματικών (παρατηρουμένων) λαθών σε μια διαταγμένη περιγραφή ως προς τον αριθμό των δυνατών λαθών. Οπου ο αριθμός των δυνατών λαθών προσδιορίζεται ως το γινόμενο του αριθμού των χαρακτηριστικών με τον αριθμό των αντικειμένων της περιγραφής. Αποτελεί, δηλαδή, μέτρο του κατά πόσο η επίδοση του συνδυασμού έχει προγνωστική αξία για τον προσδιορισμό του:

$$Gr = 1 - \frac{\sum_{(.gh.) \in \bar{B}} e_{(.gh.)}}{|m| \times n} = 1 - e_1 \quad (2.16)$$

όπου:

Gr : ο συντελεστής αναπαραγωγής μιας διαταγμένης περιγραφής π .

$\sum_{(.gh.) \in \bar{B}} e_{(.gh.)}$: ο αριθμός των παρατηρουμένων λαθών στο σύνολο των συνδυασμών που δεν ανήκουν στην κύρια συμπεριφορά (βλ. σχέση (2.15)).

|m| : το πλήθος των μεταβλητών (χαρακτηριστικών) της περιγραφής π .

n : ο αριθμός των αντικειμένων της περιγραφής ($= \sum_{ij} f_{.gh.}^{ij}$).

e_1 : ο λόγος των πραγματικών (παρατηρουμένων) λαθών ως προς τα δυνατά λάθη, συνοπτικά.

Ο συντελεστής αναπαραγωγής παίρνει θετικές τιμές στο διάστημα [0,1] ταυτιζόμενος με την μονάδα στην περίπτωση της τέλει κλιμάκωσης.

Η εμπειρική χρησιμοποίηση του συντελεστή αναπαραγωγής έχει δείξει ότι οι τιμές του δείκτη οι μεγαλύτερες του 0,900 υποδηλώνουν μια περιγραφή που μπορεί να θεωρηθεί μονοδιάστατη και σωρευτική. Διαθέτει, δηλαδή, τις ιδιότητες που θα επέτρεπαν την θεώρηση και την χρησιμοποίησή της ως (ενιαίας) κλίμακας.

Στο παράδειγμα των Nie et al ο συντελεστής αναπαραγωγής έχει την τιμή:

$$1 - [118/(3 \times 208)] = 1 - 0,18911 = 0,8109.$$

Πρόκειται για τιμή αρκετά κατώτερη του 0,900, πράγμα που εξηγεί το ότι οι Nie et al θεωρούν την περιγραφή του παραδείγματός τους ως μη ανταποκρινόμενη στην δομή της κλιμάκωσης (κλιμακώσιμη περιγραφή) κατά Guttman.

Ο συντελεστής κλιμακωσιμότητας κατά Guttman συνδέει το άθροισμα των σφαλμάτων του συντελεστή με τον μέγιστο αριθμό σφαλμάτων που προσδιορίζεται από τις ελάχιστες οριακές συχνότητες (την ελάχιστη αναπαραγωγή) κατά μεταβλητή:

$$Gs = \frac{\sum_{g=a}^m f_g^i - \sum_{(.gh.) \in \bar{B}} e_{(.gh.)}}{\sum_{g=a}^m f_g^i} = \frac{e_2 - e_1}{e_2}, \quad f_g^i = \min (f_g) \quad (2.17)$$

$$e_2 = \sum_{g=a}^m f_g^i \times |m| \times n$$

όπου:

$$\sum_{g=a}^m f_g^i \quad : \text{το άθροισμα των ελαχίστων} - f_g^i = \min(f_g) - \text{οριακών συχνοτήτων.}$$

$$\sum_{(.gh.) \in B^{(gh)}} \quad : \text{το άθροισμα των σφαλμάτων των συνδυασμών εκτός της κύριας συμπεριφοράς (βλ. σχέση 2.16).}$$

$$e_2 \quad : \text{ο λόγος του αθροίσματος των οριακών συχνοτήτων προς τον μέγιστο αριθμό σφαλμάτων.}$$

$$e_1 \quad : \text{ο λόγος του σφάλματος του συντελεστή αναπαραγωγής (βλ. σχέση 2.16).}$$

Ο συντελεστής G_s , αντίστοιχα προς τον συντελεστή αναπαραγωγής παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$ και θεωρείται ότι ικανοποιεί τις ιδιότητες της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας όταν είναι μεγαλύτερος του 0,600 όπως έχει δείχτει εμπειρικά (βλ. Clogg and Sawyer 1981, Nie et al 1980).

Στο παράδειγμα των Nie et al (σχήμα 2.2.) ο συντελεστής κλιμακωσιμότητας έχει την τιμή:

$$[(95+76+55) - (46+22+16+34)] / (95+76+55) = (226-118) / 226 = 0,4779,$$

ή, αντίστοιχα, παίρνοντας τους λόγους e_1 και e_2 :

$$(0,36218 - 0,18910) / 0,36218 = 0,4779.$$

Η τιμή του συντελεστή κλιμακωσιμότητας δικαιώνει, όπως και ο συντελεστής αναπαραγωγής, την απόρριψη της υποθέσεως ότι η διατεταγμένη περιγραφή του σχήματος 2.2. αποτελεί κλιμακώσιμη δομή κατά Guttman.

2.2.2. Η διαβάθμιση των αντικειμένων της κλιμακώσιμης περιγραφής.

Η εφαρμογή της ανάλυσης της κλιμάκωσης κατά Guttman ακολουθεί, γενικά, τα παρατιθέμενα τέσσερα στάδια από τον πίνακα της περιγραφής προς την διαβάθμιση των συνδυασμών. Στάδια που με εξαίρεση το τρίτο (μέτρηση της κλιμακωσιμότητας) είναι κοινά, γενικά, σε οποιαδήποτε ανάλυση κλιμακωσιμότητας.

-ΣΤΑΔΙΟ Α. Παραγωγή του διαταγμένου πίνακα περιγραφής (διάταξη κατά δημοτικότητες και επιδόσεις). Στο στάδιο αυτό με βάση τα δεδομένα της αρχικής περιγραφής, η αρχική περιγραφή αναδιατάσσεται κατά στήλες και γραμμές.

Η διάταξη κατά στήλες (αναδιάταξη χαρακτήρων/κριτηρίων) γίνεται με βάση την δημοτικότητα - $\delta(g)$, βλ. σχέση (2.2) - κατά χαρακτηριστικό/κριτήριο, στο σύνολο των αντικειμένων. Από τις μεγαλύτερες δημοτικότητες ("ευκολότερα" χαρακτηριστικά) προς τις μικρότερες.

Η διάταξη κατά γραμμές (συνδυασμοί αντικειμένων, σεναρίων, εναλλακτικών λύσεων κ.λπ.) γίνεται με βάση την επίδοση - $s(.gh.)$, βλ. σχέση (2.3) - των συνδυασμών. Από τις ψηλότερες επιδόσεις (συνδυασμούς πολλών θετικών χαρακτηριστικών) προς τις χαμηλότερες.

-ΣΤΑΔΙΟ Β. Ο εντοπισμός της κύριας συμπεριφοράς. Στο στάδιο αυτό εντοπίζεται η κύρια συμπεριφορά: η αλυσίδα των εγκλεισμένων συνδυασμών, δηλαδή, που προσφέρει το μέγιστο άθροισμα συχνοτήτων των συνδυασμών της. Οι συνδυασμοί της κύριας συμπεριφοράς - σε αντίθεση με τους εναπομένοντες συνδυασμούς του πλέγματος, τους εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμούς - είναι αυτοί που δεν περιέχουν σφάλματα, κατά Guttman.

-ΣΤΑΔΙΟ Γ. Ο προσδιορισμός των σφαλμάτων και η μέτρηση της κλιμακωσιμότητας. Εδώ, εφόσον έχουν προσδιοριστεί οι συνδυασμοί που περιέχουν σφάλματα (οι εκτός κύριας συμπεριφοράς) προσδιορίζεται το μέγεθος του σφάλματος κατά συνδυασμό και ο συνολικός αριθμός σφαλμάτων με βάση τις συχνότητες κατά τύπο (βλ. σχέση 2.16).

Ακολουθώντας, σύμφωνα με τις σχέσεις (2.17) και (2.18), προσδιορίζονται ο συντελεστής αναπαραγωγής και ο συντελεστής κλιμακωσιμότητας κατά Guttman και σημασιολογείται και ερμηνεύεται η δοσμένη περιγραφή.

-ΣΤΑΔΙΟ Δ. Η διαβάθμιση των αντικειμένων/εναλλακτικών της περιγραφής. Εφόσον ο έλεγχος της κλιμακωσιμότητας και η ερμηνεία της περιγραφής δεν αποτελούν αυτοτελή σκοπό της ανάλυσης αλλά ενδιάμεσο βήμα προς την αξιολόγηση (διαβάθμιση) στο στάδιο αυτό επιχειρείται η απόδοση τιμής σε κάθε τύπο αντικειμένων, σύμφωνα με τα μέτρα κλιμακωσιμότητας της ανάλυσης. Όπως παρατηρεί ο Glogg (1984) η απόδοση τιμής στους συνδυασμούς των αντικειμένων δεν είναι γενικά, απλή. Συνήθως τα στατιστικά πακέττα καταφεύγουν σε αθροιστικές κλίμακες (άθροιση των τιμών κατά χαρακτηριστικά) όπου οι εκτός κύριας συμπεριφοράς τύποι αντικειμένων διατιμώνται με τιμές μειωμένες κατά το σφάλμα του συντελεστή αναπαραγωγής ή του συντελεστή κλιμακωσιμότητας (βλ. κεφ. 4.).

Πολλές ενδιαφέρουσες εφαρμογές έχουν στηριχτεί στο μοντέλο της λανθάνουσας απόστασης (latent distance model των Lazarsfeld and Henry 1968). Ενώ ο Glogg προτείνει την εφαρμογή ενός λογαριθμικού - πολλαπλασιαστικού μοντέλου (βλ. Clogg, 1984), όπου η διαβάθμιση των συνδυασμών συνδέεται με μια τρίτη (εκτός ανάλυσης) μεταβλητή που θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το σύνολο των μεταβλητών της περιγραφής (αξιολόγησης).

Στο κεφάλαιο 4. παρουσιάζεται αναλυτικά η πορεία διαβάθμισης με το προτεινόμενο μοντέλο που ακολουθεί τα προηγούμενα τέσσερα στάδια της διαβάθμισης μιας κλιμακώσιμης δομής. Ενώ στο τέλος του κεφαλαίου 3. (παρ. 3.6.) παρουσιάζεται ένας αναλυτικότερος σταδιασμός της διαβάθμισης εμπλουτισμένος με τα συμπεράσματα από εφαρμογές του προτεινόμενου μοντέλου κλιμακωσιμότητας.

2.3. Η ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΟΥ GUTTMAN.

Για τέσσερες δεκαετίες περίπου από την πρώτη διατύπωσή της η ανάλυση του Guttman αποτέλεσε αποδεκτή προσέγγιση στην έρευνα· όχι μόνον στην κοινωνιομετρία όπου αρχικά εφαρμόστηκε

αλλά και στην ψυχομετρία, στην οικονομετρία, στην οικιστική και στην περιφερειακή ανάλυση (βλ. EHESS 1971, AKO 1974, Glogg and Sawyer 1981, Clogg 1984).

Στο διάστημα αυτό οι εφαρμογές προσέφεραν χρήσιμα συμπεράσματα αλλά και στοιχεία κριτικής του μοντέλου της τέλει κλιμακωτής δομής κατά Guttman. Κύρια στοιχεία κριτικής παρουσιάζονται από τους Lazarsfeld and Henry 1968, Goodman 1975, Maitre 1971, Degenne 1971 και 1972, Clogg and Sawyer 1981, M^c Cutcheon 1987.

Οι Clogg and Sawyer (1981) σε μια συστηματική συγκριτική ανάλυση της εφαρμογής εναλλακτικών μοντέλων ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας παρουσιάζουν την περισσότερο περιεκτική κριτική της κλασσικής (συμβατικής) ανάλυσης Guttman. Τα κύρια σημεία της κριτικής τους (που οι ίδιοι δέχονται ότι δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενα) είναι τα ακόλουθα:

2.3.1. Το μοντέλο του Guttman είναι ντετερμινιστικό. Αποτελεί δηλαδή μοντέλο μη στατιστικής (πιθανοτικής) φύσεως αφού δεν εμπεριέχει στοιχεία σφάλματος στη μέτρηση, ή στην απόκριση ή σε ιδιαίτερα, εκτός του δείγματος σφάλματα, που θα μπορούσαν να επηρεάζουν την περιγραφή αντικειμένων/χαρακτηριστικών.

2.3.2. Δεν δέχεται, εκ κατασκευής, την παρουσία ετερογενών πληθυσμών ως προς τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά. Την παρουσία δηλαδή υποπληθυσμών που διακρίνονται από διαφορετική συμπεριφορά (ιεράρχηση των χαρακτηριστικών) ως προς τον πληθυσμό της κύριας συμπεριφοράς.

2.3.3. Συνήθως οι εφαρμογές χαρακτηρίζονται από απλουστευτικούς κανόνες (rules of thumb) τόσο στην ερμηνεία της κλιμακωσιμότητας (όπως, π.χ., οι πύλες 0,9 και 0,6 για τους δείκτες αναπαραγωγής και κλιμακωσιμότητας, αντίστοιχα) όσο και στην κατασκευή διαβαθμίσεων. Κατασκευή που συχνά πραγματοποιείται ανεξάρτητα από τον αριθμό των χαρακτηριστικών (ανεξάρτητα δηλ. από τους βαθμούς ελευθερίας για τον έλεγχο των υποθέσεων κλιμακωσιμότητας) ή ανεξάρτητα από το μέγεθος του δείγματος (που επηρεάζει το σφάλμα των συντελεστών αναπαραγωγής και κλιμακωσιμότητας, κ.λ.π.).

2.3.4. Στην περίπτωση που το μοντέλο Guttman (η υπόθεση της κλιμακωτής δομής) απορρίπτεται δεν διατυπώνεται, εξαρχής, κάποια ρητή περιγραφή εναλλακτικών μεθόδων και μοντέλων για την ανάλυση του πίνακα περιγραφής ή την διαβάθμιση. Ακόμη και στην περίπτωση όπου αποφασίζεται η εφαρμογή του μοντέλου σε ένα μέρος και μόνον των χαρακτηριστικών η επιλογή των χαρακτηριστικών δεν είναι σαφής.

2.3.5. Ακόμη και στην περίπτωση που το μοντέλο Guttman (η υπόθεση της κλιμακωτής δομής) κρίνεται επαρκές, οι υποθέσεις της μονοδιάστασης της κλίμακας (unidimensionality of scale) ή της σωρευτικότητας των χαρακτηριστικών (cumulativity of items) θα μπορούσαν να παρουσιάζουν αξιοσημείωτες αποκλίσεις. Πράγμα που, φυσικά, μειώνει την αξιοπιστία της συμβατικής ανάλυσης Guttman.

2.3.6. Δεν διευκρινίζεται - μέσω των δεικτών - η *ιδιαίτερη σημασία* των χαρακτηριστικών στην διαμόρφωση της κλιμακωσιμότητας. Συνεπώς δεν διευκρινίζεται και το ποιά από τα χαρακτηριστικά θα έπρεπε, ενδεχομένως, να μην συμπεριληφθούν στην περιγραφή.

Στα έξι σημεία κριτικής των Guttman and Sawyer που συνοψίζουν την μέχρι σήμερα πρακτική και κριτική θα προσθέταμε δύο ακόμη σημεία κριτικής που προκύπτουν από την εμπειρία δικών μας εφαρμογών (βλ. ΑΚΟ 1973, DOX/NIG 1975, Ρόκος 1990) και που αντιμετωπίζονται στο προτεινόμενο (βλ. κεφ. 3.) μοντέλο ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας:

2.3.7. Η μέτρηση του μεγέθους του λάθους κατά αντικείμενα ή τύπους αντικειμένων με την συμβατική προσέγγιση του Guttman είναι *αυθαίρετη*. Αφού αυθαίρετα στηρίζεται στην απόσταση (διάσταση) του εκτός κύριας συμπεριφοράς τύπου (συνδυασμού) με τον αντίστοιχο τύπο της ίδιας επίδοσης εντός της κύριας συμπεριφοράς. Αντιστοιχία που δεν τεκμηριώνεται ούτε αναλυτικά ούτε σημασιολογικά (βλ. παρ. 3.4.).

2.3.8. Παρ' ότι οι έννοιες της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας διευκρινίζονται νοηματικά (βλ. Nie et al 1980 και παρ. 2.1.2. και 2.2.1.), εν τούτοις δεν ορίζονται τυπικά και δεν εξειδικεύονται λειτουργικά. Έτσι η χρήση των όρων γίνεται άλλοτε διαζευτικά, και άλλοτε εναλλακτικά! Τόσο στην συμβατική ανάλυση του Guttman όσο και στις νεώτερες προσεγγίσεις (βλ. Glogg and Sawyer 1981).

2.4. ΟΙ ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ.

Δύο ήταν οι κύριες κατευθύνσεις προς τις οποίες επιχειρήθηκε η βελτίωση της προσέγγισης του Guttman στην ανάλυση της κλιμακωσιμότητας.

Η μία από αυτές, η προσέγγιση της λανθάνουσας δομής (latent class ή latent structure ή latent distance model), ξεκίνησε το 1958 ήδη με τον Torgerson, και συνεχίστηκε αργότερα με αντίστοιχα μοντέλα του Proctor 1970, των Lazarsfeld and Henry 1968, του Goodman 1975 (βλ. M^c Cutcheon 1987). Οι προσεγγίσεις αυτές επιχειρούν την γενίκευση του συμβατικού μοντέλου Guttman σε πιθανοτικά μοντέλα (probabilistic models of scalability).

Μια άλλη προσέγγιση είναι αυτή του Maitre (1971) βασισμένη σε μια παλιότερη πιθανοτική συνάρτηση της Loevinger (1948) που είναι γνωστή ως "δείκτης ομοιογένειας" στην ψυχομετρία. Από την κριτική του δείκτη του Maitre (Loevinger) ο Degenne (1971) αντιπροτείνει έναν δείκτη ντετερμινιστικής (μη πιθανοτικής) μορφής.

2.4.1. Η προσέγγιση του Maitre (Loevinger).

Σύμφωνα με την προσέγγιση του Maitre η κλιμακωσιμότητα αντιστοιχείται με την μεταβατικότητα. Μια τέλεια κλιμάκωση κατά Guttman αποτελεί για τον Maitre μια *δομή πλήρους μεταβατικότητας* (transitivite complete). Μια δομή δηλαδή όπου στην διατεταγμένη περιγραφή

δύο μεταβλητών G και H (βλ. σχήμα 2.1. και 2.3.) μπορούν να υπάρχουν μόνον οι συνδυασμοί $f_{gh}^{(s)}$, $f_{gh}^{(t)}$ και $f_{gh}^{(v)}$.

Απουσιάζει δηλαδή ο συνδυασμός $f_{gh}^{(u)}$.

Η κλιμακωσιμότητα κατά *Maitre* είναι μια πιθανοτική κλιμακωσιμότητα που δίνεται από τις σχέσεις (2.4) και (2.5) για ένα ζεύγος μεταβλητών G, H μιας διατεταγμένης περιγραφής $r(\pi)$:

$$M_{gh} = \frac{\hat{f}_{gh}^{(u)} - f_{gh}^{(u)}}{\hat{f}_{gh}^{(u)}} = 1 - \frac{f_{gh}^{(u)}}{\hat{f}_{gh}^{(u)}} \quad (2.18)$$

$$\hat{f}_{gh}^{(u)} = n \times p_{gh}^{(u)} = (f_g^i \times f_h^j) / n, \quad \text{για } i < j$$

όπου:

M_{gh} : ο δείκτης μεταβατικότητας του *Maitre*

$\hat{f}_{gh}^{(u)}$: η αναμενόμενη συχνότητα του μη μεταβατικού συνδυασμού τιμών u ($i=0, j=1$ για τον *Maitre* που αναφέρεται σε διτιμες μεταβλητές $i < j$, γενικεύοντας, σε πολυτομικές μεταβλητές)

$f_{gh}^{(u)}$: η (παρατηρούμενη) συχνότητα του μη μεταβατικού συνδυασμού τιμών u

n : ο αριθμός των αντικειμένων της περιγραφής των G, H .

Ο δείκτης κλιμακωσιμότητας του *Maitre* στηρίζεται στην μηδενική υπόθεση της συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Παίρνει μηδενική τιμή, δηλαδή, όταν οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους:

$$H^0(\text{Maitre}): f_{gh}^{(u)} = \hat{f}_{gh}^{(u)} \quad (2.19)$$

Ο δείκτης παίρνει την τιμή 1 στην περίπτωση της πλήρους μεταβατικότητας, όταν, δηλαδή, δεν υπάρχουν αντικείμενα μη μεταβατικού συνδυασμού:

$$\hat{f}_{gh}^{(u)} = 0$$

Παίρνει αρνητικές τιμές όταν η αναμενόμενη είναι μικρότερη της παρατηρούμενης συχνότητας. Στο παράδειγμα του σχήματος 2.2., π.χ., οι τιμές της κλιμακωσιμότητας κατά *Maitre* είναι, για τα δύο από τα τρία ζεύγη των μεταβλητών, αρνητικές:

$$\hat{f}_{ab}^{(u)} = 208 \times (95/208) \times (76/208) = 34,712, \text{ και}$$

$$M_{ab}^{(u)} = (34,712 - 40) / 34,712 = - 0,152.$$

Ομοίως για τα ζεύγη μεταβλητών a, c και b, c ισχύουν, αντίστοιχα:

$$\hat{f}_{ac}^{(u)} = 25,120 \quad \text{και} \quad M_{ac}^{(u)} = - 0,234$$

$$\hat{f}_{bc}^{(u)} = 34,904 \quad \text{και} \quad M_{bc}^{(u)} = + 0,456$$

Η συνολική κλιμακωσιμότητα ενός διατεταγμένου πίνακα, η κλιμακωσιμότητα, δηλαδή, ως προς όλα τα ζεύγη των μεταβλητών δίνεται από την σχέση:

$$M_{gh} = \frac{\sum \hat{f}_{gh}^{(u)} - \sum f_{gh}^{(u)}}{\sum \hat{f}_{gh}^{(u)}}$$

όπου:

$$\sum f_{gh}^{(u)} = \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{\substack{h=b \\ b=a+1}}^m f_{gh}^{(u)}, \text{ και} \quad (2.20)$$

$$\sum \hat{f}_{gh}^{(u)} = \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{\substack{h=b \\ b=a+1}}^m \hat{f}_{gh}^{(u)} = n \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{\substack{h=b \\ b=a+1}}^m p_{gh}^{(u)} = \frac{1}{n} \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{\substack{h=b \\ b=a+1}}^m f_g^i \times g_h^i \quad (i < j)$$

όπου:

M_{gh} : η κλιμακωσιμότητα (Maitre) σε ένα σύνολο $|m|$ μεταβλητών $\{a, b, \dots, g, h, \dots, m\}$.

$\hat{f}_{gh}^{(u)}$ και $f_{gh}^{(u)}$: η αναμενόμενη και η παρατηρούμενη συχνότητα των συνδυασμών της περιγραφής.

$\hat{f}_{gh}^{(u)}$, $f_{gh}^{(u)}$, $p_{gh}^{(u)}$: η αναμενόμενη, η παρατηρούμενη και η σχετική συχνότητα (αναλογία) για το ζεύγος μεταβλητών G, H και τους συνδυασμούς, ανά δύο, που δεν ανήκουν στην κύρια συμπεριφορά.

Στο παράδειγμά μας ισχύει:

$$M_{abc}^{(u)} = [(34,712 + 25,120 + 34,904) - (40 + 31 + 19)] / (34,712 + 25,120 + 34,904) = \\ = (94,736 - 90) / 94,736 = +0,050.$$

Παρατηρείται, δηλαδή, ότι η τιμή του δείκτη κλιμακωσιμότητας του Maitre είναι ελάχιστη ψηλότερη του επιπέδου της ανεξαρτησίας μεταξύ των μεταβλητών γεγονός που συμφωνεί με τις αντίστοιχα χαμηλές τιμές των δεικτών αναπαραγωγής και κλιμακωσιμότητας του Guttman (βλ. παρ. 2.2.2.).

Ο δείκτης κλιμακωσιμότητας του Maitre είναι ταυτόσημος με τον δείκτη ομοιογένειας της J. Loevínger (1947) που, παραδόξως*, διατυπώθηκε νωρίτερα από τον δείκτη του Guttman. Η Loevínger εξετάζει την πιθανότητα επιτυχίας, σε τεστ ικανότητας, σε διαδοχικές ερωτήσεις προιούσης δυσκολίας απαντήσεως. Ομοιογένεια ονομάζει η Loevínger το γεγονός ότι οι πιθανότητες απαντήσεως συνδέονται κατά τις διαδοχικές μεταβλητές (ερωτήσεις) ενώ ως ετερογένεια θεωρεί την ανεξαρτησία των πιθανοτήτων. Και εδώ, δηλαδή, η θετική απάντηση σε μια ερώτηση (μεταβλητή) μεγαλύτερης δυσκολίας συνεπάγεται, θεωρητικά, θετικές απαντήσεις στα (προηγούμενα) ερωτήματα μεγαλύτερης ευκολίας. Ο δείκτης αυτός στηρίζεται στην μηδενική υπόθεση:

$$H^0(\text{Loevínger}): f_{gh}^{(s+u)} \times f_{gh}^{(u+t)} / h = f_{gh}^{(u)} \quad (2.21)$$

και έχει, για δύο μεταβλητές, την μορφή:

* Ο δείκτης της J. Loevínger παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στη διδακτορική της διατριβή τον Ιούνιο του 1944, ενώ ο δείκτης του Guttman το 1950. Ο δείκτης της Loevínger έχοντας πιθανοτική έκφραση ανταποκρίνεται, έτσι, στην κύρια αδυναμία του δείκτη του Guttman που χρησιμοποιήθηκε πολύ πιο εκτεταμένα στην ανάλυση της κλιμακωσιμότητας.

$$L_{gh} = \frac{f_{gh}^{(s+u)} \times f_{gh}^{(u+t)} / n - f_{gh}^{(u)}}{f_{gh}^{(s+u)} \times f_{gh}^{(u+t)} / n} \quad (2.22)$$

και για ένα σύνολο μεταβλητών, αθροιστικά ως προς τα ζεύγη, ισχύει:

$$L_{.gh} = \frac{\sum f_{.gh}^{(u+t)} \times \sum f_{.gh}^{(u+s)} / n - \sum f_{.gh}^{(u)}}{\sum f_{.gh}^{(u+t)} \times \sum f_{.gh}^{(u+s)} / n} \quad (2.23)$$

Το ότι τόσο οι μηδενικές υποθέσεις όσο και οι δείκτες Maitre και Loevinger είναι ταυτόσημοι είναι απλό ναδειχτεί. Εφόσον, εξ ορισμού:

$$\begin{aligned} f_{gh}^{(u+t)} &= f_g^i & i &= \min(i) \\ f_{gh}^{(u+s)} &= f_g^j & j &= \max(j) \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$\text{έπεται ότι} \quad \frac{1}{n} \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{h=b}^m f_g^i \times f_h^j = \sum f_{.gh}^{(u+t)} \times \sum f_{.gh}^{(u+s)} / n \quad (2.25)$$

$b=a+1$

Αντικαθιστώντας την σχέση (2.25) στην σχέση (2.20.β.) προκύπτει:

$$\sum \hat{f}_{.gh}^{(u)} = \sum f_{.gh}^{(u+t)} \times \sum f_{.gh}^{(u+s)} / n \quad (2.26)$$

και αντικαθιστώντας την (2.26) στην (2.20) προκύπτει:

$$M_{.gh} = \frac{\sum f_{.gh}^{(u+t)} \times \sum f_{.gh}^{(u+s)} / n - \sum f_{.gh}^{(u)}}{\sum f_{.gh}^{(u+t)} \times \sum f_{.gh}^{(u+s)} / n} \quad (2.27)$$

Αρα, βάσει των (2.23) και (2.27) προκύπτει η ζητούμενη ταυτότητα:

$$M_{.gh} \equiv L_{.gh} \quad (2.28)$$

Η Loevinger ονομάζει *συνθήκη ετερογένειας* την μηδενική τιμή του δείκτη της και *πλήρη ομοιογένεια* την μέγιστη τιμή της μονάδας που ο Maitre ονομάζει *πλήρη μεταβατικότητα* (τέλεια κλιμάκωση, κατά Guttman).

2.4.2. Η προσέγγιση του Goodman.

Η ανάλυση της λανθάνουσας δομής (latent structure ή latent class analysis) μεταξύ δύο τακτικών - ή και 0,1 - μεταβλητών στηρίζεται στην έννοια της τοπικής ανεξαρτησίας (local independence). Τοπική ανεξαρτησία σε ένα σύνολο συσχετιζομένων μεταβλητών υφίσταται όταν υπάρχει κάποια τρίτη μεταβλητή που κατηγοροποιεί τις αρχικές (κατά τις τάξεις της) έτσι ώστε οι συσχετίσεις μεταξύ των αρχικών μεταβλητών να γίνονται μηδενικές (βλ. Lazarsfeld and Henry 1968). Το παράδειγμα του σχήματος 2.4. δανεισμένο απ'τον M^c Cutcheon (1987) εικονογραφεί την συνθήκη της τοπικής ανεξαρτησίας που επιβάλλει η μεταβλητή C (τρίτη μεταβλητή) στις αρχικές μεταβλητές A και B.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του σχήματος οι μεταβλητές A και B συσχετίζονται ισχυρά. Τόσο το χ^2

όσο και το $L\chi^2$ που αποτελούν μέτρα της συσχέτισης* μεταξύ των A και B παρουσιάζουν εξαιρετικά ψηλές τιμές (8,418 και 8,459 αντίστοιχα), ξεπερνώντας σημαντικά την μηδενική υπόθεση για επίπεδο βεβαιότητας $p=99\%$.

		B		
		1	0	
A	1	95	55	150
	0	70	80	150
		165	135	300

		C1 B		
		1	0	
A	1	80	20	100
	0	40	10	50
		120	30	150

		C0 B		
		1	0	
A	1	15	35	50
	0	30	70	100
		45	105	150

α. Η αρχική διασταύρωση των μεταβλητών A, B.

β. Οι διασταυρώσεις των αρχικών μεταβλητών A,B στις δύο κατηγορίες της C (C1 και C0).

$$\chi^2(A,B) = (95-82,5)^2/82,5 + (55-67,5)^2/67,5 + (70-82,5)^2/82,5 + (80-67,5)^2/67,5 = 8,418$$

$$L\chi^2(A,B) = 2(13,402-11,264-11,501+13,592) = 8,459$$

$$\chi^2(A,B,C1) = 0, \chi^2(A,B,C0) = 0$$

$$L\chi^2(A,B,C1) = 0, L\chi^2(A,B,C0) = 0$$

Σχήμα 2.4. Η τοπική ανεξαρτησία των μεταβλητών A και B ως προς την ερμηνευτική C.

Πράγματι για βαθμούς ελευθερίας 1 και $p=99\%$ το κατώφλι της ανεξαρτησίας είναι 6,635· αρκετά χαμηλότερο από τις προσδιορισθείσες τιμές. Αντίθετα οι κατηγοροποιημένες κατά τις κατηγορίες της C (C1 και C0) διασταυρώσεις των A και B παρουσιάζουν πλήρη ανεξαρτησία ($\chi^2=L\chi^2=0$) και στις δύο κατηγορίες της C.

Η συνθήκη της τοπικής ανεξαρτησίας αποτελεί κριτήριο του αν οι συσχετίσεις σε ένα σύνολο μεταβλητών ερμηνεύονται από μια τρίτη, την ερμηνεύουσα, μεταβλητή. Την μεταβλητή που -ερμηνεύοντας τις μεταξύ των αρχικών μεταβλητών συσχετίσεις - αντιπροσωπεύει την πραγματική μεταβλητή του ενδιαφέροντός μας: αυτήν, δηλαδή, που μπορεί να αντικαταστήσει όλες τις άλλες.

Το αντικείμενο, λοιπόν, της ανάλυσης της λανθάνουσας δομής (τάξης) είναι ο προσδιορισμός της λανθάνουσας μεταβλητής. Της ερμηνεύουσας μεταβλητής/μοντέλο κατά τις τάξεις (κατηγορίες) της οποίας οι αρχικές μεταβλητές της περιγραφής γίνονται τοπικά ανεξάρτητες.

Το αντικείμενο της εφαρμογής του μοντέλου της λανθάνουσας δομής για τον προσδιορισμό της κλιμάκωσης είναι αυτονόητο: ζητείται να προσδιοριστεί μια κλιμάκωση που αντιπροσωπεύει ένα σύνολο ιδιαίτερων κλιμάκων, των κλιμάκων-μεταβλητών της αρχικής περιγραφής.

* Τα τεστ χ^2 της προσαρμογής (goodness-of-fit chi square) και $L\chi^2$ λόγου ομοιότητας (likelihood ratio chi square) δίνονται από τις σχέσεις:

$$\chi^2_{(A,B)} = \sum_i \sum_j (f_{\alpha\beta}^{ij} - \hat{f}_{\alpha\beta}^{ij})^2 / \hat{f}_{\alpha\beta}^{ij} \text{ και} \quad (2.29)$$

$$L\chi^2_{(A,B)} = 2 \sum_i \sum_j f_{\alpha\beta}^{ij} \times \ln (f_{\alpha\beta}^{ij} / \hat{f}_{\alpha\beta}^{ij}) \quad (2.30)$$

και αντιπροσωπεύουν τον βαθμό στον οποίο συσχετίζονται δύο μεταβλητές. Όσο περισσότερο απομακρύνονται οι τιμές αυτές από την συνθήκη ανεξαρτησίας (μηδενική υπόθεση, H^0) για κάποιο προεπιλεγμένο επίπεδο βεβαιότητας, τόσο ισχυρότερος είναι ο μεταξύ τους σύνδεσμος (συσχέτιση).

Κατά την προσέγγιση της κλιμακωσιμότητας με το μοντέλο της λανθάνουσας δομής θεωρείται ότι οι τάξεις της λανθάνουσας (ερμηνεύουσας) μεταβλητής αποτελούν μια ακολουθία των επιπέδων "δυσκολίας" (διάταξη) που αντιπροσωπεύει την σύνθεση (σύνθετο ή κυρίαρχο χαρακτηριστικό) των μεταβλητών της αρχικής περιγραφής.

Συνεπώς, οι συνδυασμοί (ομάδες αντικειμένων) στις ψηλότερες τάξεις της ερμηνεύουσας μεταβλητής - συνδυασμοί υψηλής επίδοσης - είναι αυτοί που ανταποκρίνονται θετικά στις "δυσκολότερες" (=μικρότερης δημοτικότητας) μεταβλητές της αρχικής περιγραφής, ενώ οι συνδυασμοί χαμηλής επίδοσης (χαμηλές τάξεις της ερμηνεύουσας μεταβλητής) είναι αυτοί που δεν ανταποκρίνονται θετικά ακόμη και στις "ευκολότερες" (ψηλής δημοτικότητας) μεταβλητές. Ο Torgerson (1958) χαρακτήρισε αυτήν την ιδιαίτερη χρησιμοποίηση του μοντέλου της λανθάνουσας δομής ως το πιθανοτικό ανάλογο του συμβατικού μοντέλου του Guttman.

Οι προσεγγίσεις της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας με το μοντέλο της λανθάνουσας δομής διακρίνονται (βλ. Clogg and Sawyer, 1981) σε δύο μεγάλες κατηγορίες, υπό-μοντέλα.

Σύμφωνα με το πρώτο υπό-μοντέλο (μοντέλο με σφάλματα μετρήσεως) οι εσφαλμένοι τύποι ("λάθη" κατά Goodman) ερμηνεύονται ως σφάλματα μετρήσεως ή σφάλματα αποκρίσεως (measurement ή response errors) οφειλόμενα στην αδυναμία αποσπάσεως σωστών απαντήσεων από μέρος του πληθυσμού ενός ερωτηματολογίου. Για το μοντέλο αυτό υποτίθεται ότι ολόκληρος ο πληθυσμός (σύνολο των αντικειμένων της περιγραφής) είναι εσωτερικά κλιμακώσιμος (intrinsically scalable) κατά Goodman σύμφωνα με την διάταξη των μεταβλητών της περιγραφής. Είναι το μοντέλο του "ομοιογενούς πληθυσμού".

Σύμφωνα με το δεύτερο υπο-μοντέλο τα σφάλματα κατά Guttman οφείλονται στην ετερογένεια του πληθυσμού ως προς την λανθάνουσα (ερμηνεύουσα) μεταβλητή. Εδώ υποτίθεται ότι διαφορετικά τμήματα του πληθυσμού ανταποκρίνονται σε διαφορετικές λανθάνουσες ερμηνευτικές μεταβλητές που οφείλονται/προκύπτουν από διαφορετικές διατάξεις των μεταβλητών περιγραφής. Τα "σφάλματα" κατά Guttman οφείλονται, συνεπώς, σε διαφορετικές εσωτερικές διατάξεις (συμπεριφορές) που διαφοροποιούνται από την διάταξη (κύρια συμπεριφορά) του Guttman.

Από τις δύο αυτές προσεγγίσεις παρουσιάζεται, εδώ, μόνον η δεύτερη: το μοντέλο της ήμι-ανεξαρτησίας (quasi-independence model) του Goodman (βλ. Goodman 1975, Clogg and Sawyer 1981, Clogg 1984 και M^c Cutcheon 1987). Πράγμα που οφείλεται στο ότι ενώ η τεχνική των δύο μοντέλων είναι η ίδια (από πολλές απόψεις το μοντέλο της ετερογένειας του Goodman είναι γενίκευση του μοντέλου της ομοιογένειας) το μοντέλο του Goodman επιτρέπει, γενικά, κλιμακώσεις με βαθμίδες περισσότερες των $m+1$ βαθμίδων (m είναι ο αριθμός των χαρακτηριστικών).

Αντίθετα τα μοντέλα ομοιογένειας επιτρέπουν $m+1$, το πολύ, βαθμίδες κλιμάκωσης στην ερμηνεύουσα μεταβλητή (εφόσον όλοι οι "εσφαλμένοι" τύποι αντικειμένων θεωρούνται ως σφάλματα μετρήσεως). Το γεγονός αυτό αποτελεί, φυσικά, σημαντικό μειονέκτημα του μοντέλου της λανθάνουσας δομής (βλ. παρ. 2.5.) στην ανάλυση της κλιμακωσιμότητας και ιδιαίτερα, βέβαια, του περισσότερο περιοριστικού υπό-μοντέλου της ομοιογένειας.

Όπως παρατηρούν οι Clogg and Sawyer από την εφαρμογή των δύο μοντέλων στα δεδομένα ενός πίνακα 6 μεταβλητών που περιγράφουν 1.286 αντικείμενα το μοντέλο του Goodman παρήγαγε

λανθάνουσα κλίμακα έως και 12 βαθμίδων έναντι λανθάνουσας κλίμακας 7 βαθμίδων του μοντέλου ομοιογένειας.

Ο Goodman (1975) εφαρμόζει το μοντέλο του σε τρία παραδείγματα με 4 διχοτομικές μεταβλητές A, B, C και D σε κάθε παράδειγμα.

Το πρώτο παράδειγμα αναφέρεται σε ένα ερωτηματολόγιο των Stouffer and Toby όπου απαντούν 216 άτομα σε τέσσερες διαφορετικές περιπτώσεις (μεταβλητές) συγκρούσεως ρόλων. Μεταβλητές που χαρακτηρίζονται από το εάν η στάση των ερωτωμένων τείνει προς καθολικές αξίες (1) ή προς ειδικές αξίες (0).

Το δεύτερο παράδειγμα αναφέρεται σε ένα τεστ δημιουργικής ικανότητας του M^c Hugh στον μηχανολογικό σχεδιασμό. Στο τεστ αυτό αξιολογούνται 137 μηχανικοί ως προς τέσσερα χαρακτηριστικά ικανότητας διχοτομημένων επιδόσεων, άνω του μέσου (1) και κάτω του μέσου (0).

Το τρίτο παράδειγμα αναφέρεται σε δεδομένα των Lazarsfeld και Stouffer για την συμπεριφορά ενός δείγματος 1000 αξιωματικών ως προς τον στρατό. Αξιολογείται η στάση τους ως προς τέσσερα χαρακτηριστικά ευνοικής (1) ή αρνητικής (0) συμπεριφοράς. Στον πίνακα 2.1. παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιεί ο Goodman από τα τρία παραδείγματα.

Κατά το μοντέλο του Goodman το σύνολο των αντικειμένων της περιγραφής διακρίνεται σε $m+2$ κατηγορίες (όπου m ο αριθμός των διχοτομικών μεταβλητών), αμοιβαία αποκλειόμενες και εξαντλούσες τον πληθυσμό. Μια κατηγορία στην οποία περιλαμβάνονται τα "εσωτερικά μη κλιμακώσιμα" αντικείμενα και $m+1$ κατηγορίες που η κάθε μία περιλαμβάνει μία τάξη "εσωτερικά κλιμακώσιμων" αντικειμένων. Σε ένα σύνολο τεσσάρων μεταβλητών, δηλαδή, διακρίνονται έξι κατηγορίες t διαμερίσεως του συνόλου των αντικειμένων: η κατηγορία $t=0$, που συμπεριλαμβάνει όλα τα μη κλιμακώσιμα αντικείμενα και οι κατηγορίες $t=1$ (0,0,0,0), $t=2$ (0,0,0,1), $t=3$ (0,0,1,1), $t=4$ (0,1,1,1) και $t=5$ (1,1,1,1).

Εστω ότι:

p_t : η πιθανότητα ενός (τύπου) αντικειμένων να ανήκει στην κατηγορία t ($t=0,1,2,3,4,5$)

p_{at}^i : η υπό συνθήκη πιθανότητα ότι το αντικείμενο που ανήκει στην κατηγορία t παίρνει τιμή i ($i=1,0$) στην μεταβλητή A. Τα p_{bt}^j , p_{ct}^k , p_{dt}^l ορίζονται ομοίως. $j=1,0$, $k=1,0$, $l=1,0$.

p_{abcd}^{ijkl} : η πιθανότητα του να ανταποκρίνεται ένα αντικείμενο στον συνδυασμό τιμών (i,j,k,l) .

p_{abcdt}^{ijkl} : η υπό συνθήκη πιθανότητα του να ανταποκρίνεται ένα αντικείμενο στον συνδυασμό τιμών (i,j,k,l) δοθέντος ότι ανήκει στην κατηγορία t .

Κατά το μοντέλο της ημι-ανεξαρτησίας του Goodman για 4 διχοτομικές μεταβλητές ισχύουν οι σχέσεις (2.31), (2.32) και (2.33):

$$p_{abcd}^{ijkl} = \sum_{t=0}^5 p_t \times p_{abcdt}^{ijkl} \quad (2.31)$$

όπου:

$$p_{abcdt}^{ijk10} = p_{at}^{i0} \times p_{bt}^{j0} \times p_{ct}^{k0} \times p_{dt}^{l0} \quad (2.32)$$

Συνδυασμοί (.gh.)				Συχνότητες f_{gh} κατά παραδείγματα		
Κριτήρια				(α) Stouffer- Toby	(β) M^c Hugh	(γ) Lazarsfeld- Stouffer
A	B	C	D			
1	1	1	1	42	23	75
1	1	1	0	23	5	69
1	1	0	1	6	5	55
1	1	0	0	25	14	96
1	0	1	1	6	8	42
1	0	1	0	24	2	60
1	0	0	1	7	3	45
1	0	0	0	38	8	199
0	1	1	1	1	6	3
0	1	1	0	4	3	16
0	1	0	1	1	2	8
0	1	0	0	6	4	52
0	0	1	1	2	9	10
0	0	1	0	9	3	25
0	0	0	1	2	8	16
0	0	0	0	20	34	229

Πίνακας 2.1. Τα δεδομένα των παραδειγμάτων του Goodman (1975).

Συνδυασμοί (.gh.)				Παρατηρούμενες συχνότητες f .gh.	Εκτιμώμενη συχνότητα $\hat{f}$.gh.
Κριτήρια					
A	B	C	D		
1	1	1	1	42	-
1	1	1	0	23	-
1	1	0	1	6	4,72
1	1	0	0	25	-
1	0	1	1	6	5,99
1	0	1	0	24	24,74
1	0	0	1	7	7,56
1	0	0	0	38	-
0	1	1	1	1	1,14
0	1	1	0	4	4,73
0	1	0	1	1	1,44
0	1	0	0	6	5,97
0	0	1	1	2	1,83
0	0	1	0	9	7,57
0	0	0	1	2	2,31
0	0	0	0	20	-

Πίνακας 2.2. Παρατηρούμενες & Εκτιμώμενες συχνότητες στο παράδειγμα Stouffer-Toby.

Μοντέλο (Υπόθεση H)	Αριθμός συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς	Εκτιμώμενο ποσοστό εσωτερικά κλημακώσιμων αντικειμένων	Βαθμοί ελευθερίας (βε)	χ^2	$L\chi^2$
α. Δεδομένα Stouffer-Toby					
H_0	0	1,00	11	104,11	81,08
H_1	5	0,68	6	1,01	0,99
H_2	2	0,78	9	2,28	2,28
β. Δεδομένα M^c Hugh					
H_1	5	0,49	6	5,63	5,90
H_2	2	0,67	9	23,08	22,59
H_3	4	0,52	7	7,11	7,42
γ. Δεδομένα Stouffer-Lazarsfeld					
H_4	4	0,67	7	26,09	26,50
H_5	8	0,47	3	5,47	5,86
H_6	12	0,04	1	0,42	0,44
H_7	4	0,67	7	25,05	25,01

Πίνακας 2.3. Παράμετροι βεβαίωσης των υποθέσεων Goodman (1975) στα τρία παραδείγματα.

$$p_{abcdt}^{00001} = p_{abcdt}^{00012} = p_{abcdt}^{00113} = p_{abcdt}^{01114} = p_{abcdt}^{11115} = 1, \quad \eta, \quad p_{abcdt}^{ijkl} = 0 \quad (2.33)$$

Από τις σχέσεις του μοντέλου Goodman (2.31)-(2.33) για τα πιθανά αντικείμενα που ανήκουν στους τύπους $t=1/5$ (σύνολο B των τύπων της κύριας συμπεριφοράς κατά Guttman) ισχύει:

$$\begin{aligned} p_{abcd}^{1111} &= p_t^1 + p_t^0 \times p_{at}^{10} \times p_{bt}^{10} \times p_{ct}^{10} \times p_{dt}^{10} \\ p_{abcd}^{1110} &= p_t^2 + p_t^0 \times p_{at}^{10} \times p_{bt}^{10} \times p_{ct}^{10} \times p_{dt}^{00} \\ p_{abcd}^{1100} &= p_t^3 + p_t^0 \times p_{at}^{10} \times p_{bt}^{10} \times p_{ct}^{00} \times p_{dt}^{00} \\ p_{abcd}^{1000} &= p_t^4 + p_t^0 \times p_{at}^{10} \times p_{bt}^{00} \times p_{ct}^{00} \times p_{dt}^{00} \\ p_{abcd}^{0000} &= p_t^5 + p_t^0 \times p_{at}^{00} \times p_{bt}^{00} \times p_{ct}^{00} \times p_{dt}^{00} \end{aligned} \quad (2.34)$$

και για τους πιθανούς συνδυασμούς (i, j, k, l) που δεν ανήκουν στους τύπους $t=1/5$ (σύνολο $\bar{B}$, των τύπων εκτός της κύριας συμπεριφοράς κατά Guttman) ισχύει:

$$p_{abcd}^{ijkl} = p_t^0 \times p_{at}^{i0} \times p_{bt}^{j0} \times p_{ct}^{k0} \times p_{dt}^{l0} \quad (2.35)$$

Εξετάζοντας τους τύπους $\bar{B}$ ($t=0$) και μόνον, η σχέση (2.35) αποτελεί την συνθήκη της ημι-ανεξαρτησίας (quasi-independence) των μεταβλητών A, B, C και D (βλ. Goodman 1968). Με την βοήθεια ενός επαναληπτικού αλγόριθμου ο Goodman (βλ. αρχική διατύπωση αλγόριθμου, 1968, και βελτίωσή του, 1975) προσεγγίζει εκτιμήσεις των $p_{at}^{i0}, p_{bt}^{j0}, p_{ct}^{k0}, p_{dt}^{l0}$ και, δι' αυτών, του p_t^0 . Τις $\hat{p}_{at}^{i0}, \hat{p}_{bt}^{j0}, \hat{p}_{ct}^{k0}, \hat{p}_{dt}^{l0}$ και $\hat{p}_t^0$, αντίστοιχα.

Υπολογίζει, κατόπιν, βάσει των σχέσεων (2.34) και (2.35), τις εκτιμήσεις $\hat{p}_t^1, \hat{p}_t^2, \hat{p}_t^3, \hat{p}_t^4, \hat{p}_t^5$, και δι' αυτών, τις εκτιμήσεις $\hat{p}_{abcd}^{ijkl}$.

Ακολούθως ο Goodman, με βάση τις προσδιορισμένες εκτιμήσεις πιθανοτήτων υπολογίζει τις εκτιμήσεις συχνοτήτων $\left(\hat{f}_{abcd}^{ijkl} = n \times \hat{p}_{abcd}^{ijkl} \right)$ για όλους τους εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμούς ($\bar{B}$).

Ο έλεγχος της προσαρμογής του μοντέλου με τα δεδομένα γίνεται μέσω του χ^2 προσαρμογής και του $L\chi^2$ του λόγου ομοιότητας (με τις σχέσεις 2.29 και 2.30).

Εφόσον το μοντέλο δεν ανταποκρίνεται στις συνθήκες ανεξαρτησίας των συνδυασμών $\bar{B}$ (υπόθεση H_1) επιλέγονται άλλες ομάδες συνδυασμών τύπων B και $\bar{B}$ (εναλλακτικές υποθέσεις $H_2, H_3, \dots$) προσπαθώντας να προσδιοριστεί το υπο-σύνολο $\bar{B}$ για το οποίο ισχύει η συνθήκη ανεξαρτησίας των μεταβλητών. Στον πίνακα 2.2. παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις συχνοτήτων για το πρώτο

* Οι βαθμοί ελευθερίας (βε) βάσει των οποίων ελέγχεται η ανεξαρτησία των μεταβλητών δίδεται, κατά Goodman, από την σχέση:

$$βε = 2^m - (m+1)$$

σχέση που ισχύει, γενικά, για οποιονδήποτε αριθμό δίτιμων μεταβλητών. Στην παρ. 3.3. δίνεται η γενίκευση της προηγούμενης σχέσης για πολυτομικές μεταβλητές.

παράδειγμα που χρησιμοποιεί ο Goodman (1975) και στον πίνακα 2.3. ορισμένες από τις εκτιμηθείσες παραμέτρους για τα τρία παραδείγματα του πίνακα 2.1..

Στο πρώτο παράδειγμα που χρησιμοποιεί ο Goodman (δεδομένα ερωτηματολογίου Stouffer and Toby), προσδιορίζονται, πρώτα τα χ^2 και $L\chi^2$ υπό την συνθήκη (H_0). Κατά την υπόθεση H_0 οι μεταβλητές της περιγραφής A, B, C και D είναι αμοιβαία ανεξάρτητες' ισχύει δηλαδή:

$$\pi_t^0 = 1 \text{ και } \pi_t^1 = \pi_t^2 = \pi_t^3 = \pi_t^4 = \pi_t^5 = 0.$$

Με $2^m - (m+1)$ βαθμούς ελευθερίας που συνεπάγεται η υπόθεση H_0 ($\beta_e = 11$) τα χ^2 και $L\chi^2$ που προσδιορίστηκαν (104, 11 και 81,08, αντίστοιχα, βλ. πιν. 3.) είναι εξαιρετικά ψηλά, απορρίπτοντας έτσι την υπόθεση. Αφού για επίπεδο βεβαιότητας 99% το χ^2 είναι 24,72. Πράγμα που φανερώνει, γενικά, ισχυρή συσχέτιση των μεταβλητών A, B, C, D αντίθετα από τις συνθήκες της υπόθεσης.

Η υπόθεση H_1 στηρίζεται στην διαμέριση των συνδυασμών των μεταβλητών στις ομάδες B (συνδυασμοί της κύριας συμπεριφοράς) και $\bar{B}$ (συνδυασμοί εκτός κύριας συμπεριφοράς), και στην εφαρμογή του μοντέλου (σχέσεις (2.31)/(2.35)). Από τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου προσδιορίστηκαν τα χ^2 και $L\chi^2$ που βρέθηκαν να είναι 1,01 και 0,99 αντίστοιχα, παρουσιάζοντας όχι μόνο ικανοποιητικές τιμές ($\beta_e = 5$) αλλά και δραματική πτώση ως προς την υπόθεση H_0 .

Η υπόθεση H_1 είναι συνεπώς δεκτή. Πράγμα που, ωστόσο, δεν σημαίνει ότι αποτελεί και την καλύτερη προσαρμογή του μοντέλου.

Θεωρώντας ότι το σύνολο B απαρτίζεται από τους ακραίους συνδυασμούς (0,0,0,0) και (1,1,1,1) ενώ το σύνολο $\bar{B}$ περιλαμβάνει όλους τους υπόλοιπους (14) ο Goodman εφαρμόζει το μοντέλο του και από τον προσδιορισμό των παραμέτρων του υπολογίζει τα χ^2 και $L\chi^2$. Για 9 βε οι τιμές των χ^2 και $L\chi^2$ είναι 2,28 και στις δύο περιπτώσεις. Δεδομένου ότι η διαφορά των τιμών του $L\chi^2$ ανάμεσα στις δύο υποθέσεις H_1 και H_2 ($2,28 - 0,99 = 1,29$) ικανοποιεί την αντίστοιχη διαφορά των βαθμών ελευθερίας ($9 - 6 = 3$) βεβαιώνεται ότι οι τρεις πρόσθετοι συνδυασμοί της υποθέσεως H_1 δεν συνεισφέρουν στατιστικά σημαντικά στην προσαρμογή του μοντέλου ($\hat{\pi}_t^2, \hat{\pi}_t^3, \hat{\pi}_t^4 \approx 0$). Ενώ αντίθετα ο Goodman βεβαιώνει ότι ύστερα από την εφαρμογή του μοντέλου του οι δύο ακραίοι τύποι της κύριας συμπεριφοράς βρέθηκε να συνεισφέρουν σημαντικά ($\hat{\pi}_t^1 \gg 0, \hat{\pi}_t^5 \gg 0$).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα ως καλύτερη προσαρμογή του μοντέλου θεωρείται αυτή της υπόθεσης H_2 .

Αντίστοιχη προσέγγιση προς αυτή του πρώτου παραδείγματος ακολουθείται και στο παράδειγμα των δεδομένων του M^c Hugh. Οι υποθέσεις H_1 και H_2 αντιστοιχούν και εδώ, όπως και προηγούμενα, σε διαμερίσεις με {B} των 5 συνδυασμών της κύριας συμπεριφοράς (H_1) και με {B} των δύο ακραίων συνδυασμών.

Η υπόθεση H_4 , εδώ, συνίσταται στην διαμέριση των συνδυασμών στις ομάδες : {B} που περιέχει τους συνδυασμούς της κύριας συμπεριφοράς εκτός από τον αντιστοιχούντα στην πιθανότητα p_t^1 που βρέθηκε να έχει πολύ χαμηλή τιμή και $\bar{B}$ που περιέχει όλους τους υπόλοιπους (12) συνδυασμούς. Έτσι, η ομάδα {B} περιέχει τους τέσσαρες συνδυασμούς (1,1,1,1), (1,1,0,0),

(1,0,0,0) και (0,0,0,0) ενώ η ομάδα $\{\bar{B}\}$ τους υπόλοιπους, 12, συνδυασμούς κατά την υπόθεση H_3 .

Από τις τιμές χ^2 και $L\chi^2$ προκύπτει ότι η υπόθεση H_2 δεν ικανοποιεί τα δεδομένα απορριπτόμενη στο επίπεδο των 9 βε. Αντίθετα, τόσο η υπόθεση H_1 όσο και η υπόθεση H_2 ανταποκρίνονται στα δεδομένα επιβεβαιώνοντας την ανεξαρτησία των μεταβλητών εντός των αντίστοιχων συνόλων συνδυασμών $\{\bar{B}\}$.

Από την σύγκριση των διαφορών των $L\chi^2$ κατά τις δύο υποθέσεις H_1 και H_3 ($7,42 - 5,90 = 1,52$) προς την αντίστοιχη διαφορά των βε ($7 - 6 = 1$) προκύπτει ότι για έναν βαθμό ελευθερίας το $1,52 L\chi^2$ δεν διαφέρει σημαντικά του μηδενός. Πράγμα που προσδιορίζει την H_3 ως την καλύτερη εφαρμογή δεδομένου ότι ο Goodman βεβαιώνει την σημαντική διαφοροποίηση από το 0 των εκτιμήσεων των πιθανοτήτων $\hat{p}_t^1, \hat{p}_t^3, \hat{p}_t^4$ και $\hat{p}_t^5$.

Το τρίτο παράδειγμα του Goodman αναφέρεται στα δεδομένα των Lazarsfeld and Stouffer. Η πρώτη υπόθεση που δοκιμάστηκε εδώ είναι η υπόθεση H_4 που ταυτίζεται με την υπόθεση H_1 , αφού η εφαρμογή της υπόθεσης H_1 κατά Goodman έδωσε αρνητική εκτιμώμενη πιθανότητα $\hat{p}_t^3$. Έτσι η υπόθεση H_4 δεν αποτελεί παρά την εφαρμογή της H_1 με μηδενική την πιθανότητα $\hat{p}_t^3$ και με σύνολο B απαρτιζόμενο από τους υπόλοιπους τέσσερις συνδυασμούς: (1,1,1,1), (1,1,1,0), (1,0,0,0), (0,0,0,0). Όπως γίνεται φανερό από τα στοιχεία του πίνακα 2.3. η υπόθεση H_4 δεν ικανοποιείται. Πράγμα που σημαίνει ότι για το σύνολο των συνδυασμών του $\{\bar{B}\}$, κατά την υπόθεση αυτή, οι μεταβλητές A, B, C, D δεν μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητες.

Δοκιμάστηκαν, έτσι, οι υποθέσεις H_5 και H_6 , που, η καθεμία, προσθέτει στους συνδυασμούς του $\{B\}$ της υπόθεσης H_1 νέους συνδυασμούς: η υπόθεση H_5 προσθέτει τους τρεις συνδυασμούς (1,1,0,1), (1,0,1,0), (0,1,0,0) ενώ η υπόθεση H_6 προσθέτει, εκτός των προηγούμενων, και τους τέσσερες συνδυασμούς (1,0,1,1), (0,1,1,0), (0,0,1,0), (1,0,0,1). Έτσι το σύνολο $\{B\}$ της H_5 απαρτίζεται από 8 συνδυασμούς (ενώ το $\{\bar{B}\}$, αντίστοιχα, από τους υπόλοιπους 8) και το σύνολο της $\{B\}$ της H_6 απαρτίζεται από 12 συνδυασμούς ενώ το σύνολο $\{\bar{B}\}$ της H_6 από τους υπόλοιπους τέσσερες: τους (0,1,1,1), (0,0,1,1), (0,1,0,1), (0,0,0,1).

Είναι φανερό ότι και οι δύο υποθέσεις ανεξαρτησίας ικανοποιούνται σύμφωνα με τις υπολογιζόμενες παραμέτρους χ^2 και για τους αντίστοιχους βαθμούς ελευθερίας· ιδιαίτερα, μάλιστα, η υπόθεση H_6 .

Η υπόθεση H_7 στηρίχθηκε απλά στην εναλλαγή των μεταβλητών C και D της υποθέσεως H_1 , παρουσιάζοντας ελαφρά βελτίωση του χ^2 (βλ. πιν. 2.3.). Εναλλαγή που όπως βεβαιώνει ο Goodman δεν ισχύει και για τις δύο άλλες υποθέσεις, H_5 και H_6 , αφού αφήνει τις τιμές χ^2 όσο και τις αντίστοιχες εκτιμήσεις των $\hat{p}_t^0$ αμετάβλητες.

2.5. ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ MAITRE (LOEVINGER), DEGENNE ΚΑΙ GOODMAN.

Η κριτική των προσεγγίσεων Maitre και Goodman ήταν πολύ πιο περιορισμένη από την κριτική της συμβατικής προσεγγίσεως του Guttman· όπως, άλλωστε, και η εφαρμογή τους. Συστηματική

κριτική για την προσέγγιση του Maitre (Loevinger) έχει διατυπωθεί από τον Degenne (1971 , 1971.α, 1972) ενώ κριτική για την προσέγγιση του Goodman έχει εκφραστεί έμμεσα μόνον - με την μορφή πρόσθετων ελέγχων - από τον ίδιο (Goodman 1975, 1989), από τους Clogg and Sawyer (1981) και τον M^c Cutcheon (1987).

Ετσι η κριτική που παρουσιάζεται εδώ στηρίζεται περισσότερο σε δικές μας παρατηρήσεις από την εφαρμογή των δύο προσεγγίσεων (βλ. AKO 1973, DOX/NIG 1975, Ρόκος 1984, ΟΑ 1989, Ρόκος 1990).

Ο Degenne αμφισβητεί την χρησιμότητα της διατύπωσης μιας μηδενικής υπόθεσης (βλ. Degenne 1971.α) για την κλιμακωσιμότητα, αντίθετα από τους Goodman και Clogg and Sawyer (βλ. κριτική Clogg and Sawyer παρ. 2.3.). Ο Degenne δίνει πολύ περισσότερο σημασία στην επιλογή ενός δείκτη απόστασης από την τέλεια κλίμακα. Όπως παρατηρεί "...rien ne justifie la nécessité de la référence à un cas extrême". Αρνείται, έτσι, την αναζήτηση μιας ακραίας περίπτωσης αναφοράς στην οποία θα αποδίδονταν η άρνηση του μοντέλου (μηδενική υπόθεση). Η διαφορά των απόψεων του Degenne από τις απόψεις του Goodman και των Clogg and Sawyer αλλά και γενικότερα όλων όσων επιχειρούν να προσδώσουν πιθανοτική μορφή στο μοντέλο του Guttman (Maitre, Proctor, Lazarsfeld, κ.λ.π.), βρίσκεται, κυρίως, στην αντίστοιχη διαφορά διάθεσης μελέτης: ενώ ο Degenne ενδιαφέρεται πολύ περισσότερο για την προσέγγιση μιας συνολικής κλίμακας διαβάθμισης των αντικειμένων της μελέτης παρά για την στατιστική επιβεβαίωση ορισμένων υποθέσεων, όπως άλλωστε φαίνεται να συμβαίνει και με τον Guttman, η διάθεση μελέτης των άλλων μελετητών φαίνεται να προσανατολίζεται αντίστροφα.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα ο Degenne αντιπροτείνει μια σχέση, για τον έλεγχο της κλιμακωσιμότητας μεταξύ δύο μεταβλητών:

$$D_{gh} = \frac{f_{gh}^{(v)} - f_{gh}^{(u)}}{f_{gh}^{(v)} + f_{gh}^{(u)}} \quad (2.36)$$

που γενικεύεται, για περισσότερες από δύο μεταβλητές, αντίστοιχα προς την σχέση του Maitre (Loevinger):

$$D_{gh} = \frac{\sum f_{gh}^{(v)} - \sum f_{gh}^{(u)}}{\sum f_{gh}^{(v)} + \sum f_{gh}^{(u)}} \quad (2.37)$$

$$\sum f_{gh}^{(v)} = \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{h=b}^m f_{gh}^{(v)} \quad \text{και αντίστοιχα για το } \sum f_{gh}^{(u)}$$

$b=a+1$

όπου:

D_{gh} και D_{gh} : ο δείκτης κλιμακωσιμότητας του Degenne, για δύο και για m μεταβλητές αντίστοιχα.

$f_{gh}^{(v)}$: η παρατηρούμενη συχνότητα στο σύνολο των m διαταγμένων μεταβλητών για τους εντός της κύριας συμπεριφοράς - κατά δυαδικές σχέσεις - συνδυασμούς.

$f_{gh}^{(u)}$: η παρατηρούμενη συχνότητα στο σύνολο των m διαταγμένων μεταβλητών για τους εκτός της κύριας συμπεριφοράς - κατά δυαδικές σχέσεις - συνδυασμούς.

Ο δείκτης αυτός παίρνει τιμή 1 όταν το άθροισμα $\sum f_{gh}^{(u)}$ είναι μηδέν και τιμή 0 όταν το άθροισμα $\sum f_{gh}^{(u)}$ είναι το ίδιο με το άθροισμα $\sum f_{gh}^{(v)}$.

Γενικά, πάντως, ο Degenne παρατηρεί ότι και οι δύο δείκτες, τόσο αυτός του Maitre (Loevinger) όσο και ο προτεινόμενος από τον ίδιο είναι, -το ίδιο- αποδεκτοί (βλ. Degenne 1971). Τους θεωρεί επίσης προτιμότερους από τον δείκτη αναπαραγωγής όχι μόνο γιατί προσφέρονται στην εύκολη μηχανογράφηση αλλά και γιατί θεωρεί ότι χρησιμοποιούν περισσότερη πληροφορία - αφού αναφέρονται στο συνολικό μοντέλο - μη χρησιμοποιώντας ένα ιδιαίτερο πρότυπο όπως ο Guttman (βλ. Degenne 1971, 1972).

Οι κύριες αδυναμίες του δείκτη του Maitre (Loevinger) κατά τον Degenne (1971, 1971.α, 1972) - που αποτελούν άλλωστε και την αιτία της αντιπρότασής του - είναι οι ακόλουθες:

2.5.1. Οι χαμηλές, γενικά, τιμές του δείκτη που αντιπροσωπεύουν βέβαια, ισχυρές "μειώσεις" στην διατίμηση των εκτός κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών.

Όπως παρατηρεί ο Degenne στο παράδειγμα των πέντε μεταβλητών και 100 ατόμων που παραθέτει (Σχήμα 2.5.) ο δείκτης του Maitre παίρνει την τιμή 0,314 ενώ ο δικός του δείκτης παίρνει την τιμή 0,935. Τιμή που ο Degenne θεωρεί πολύ αντιπροσωπευτικότερη της τιμής του Maitre αφού στο σύνολο των 100 ατόμων 6 μόνο άτομα βρίσκονται εκτός της κύριας συμπεριφοράς: $f(\bar{B}) = 6$.

A	B	C	D	E	f _{abcde}
0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	5
1	1	0	0	0	40
1	1	1	0	0	40
1	1	1	1	0	5
1	1	1	1	1	2
0	1	0	0	1	3
1	0	1	1	0	3

Σχήμα 2.5. Πρώτο σημείο κριτικής του Degenne στον δείκτη Loevinger.

2.5.2. Η κακή κλιμάκωση του δείκτη του Maitre. Κατά τον Degenne ο δείκτης έπρεπε να είναι περισσότερο σταθερός, αφού όπως υποστηρίζει με το παράδειγμα του σχήματος 2.6. η διαφοροποίηση του πληθυσμού - από την περίπτωση I στην II κατά μία εκατοστιαία μονάδα δεν επιτρέπει την τεράστια, αντίστοιχα, μεταβολή του δείκτη από το ένα άκρο του (0) στο άλλο (1).

Γενικότερα, ο Degenne αποδίδει την αιτία και των δύο προηγούμενων μειονεκτημάτων του δείκτη του Maitre (Loevinger) στην εξάρτησή του από την έννοια της ανεξαρτησίας στην συσχέτιση. Όπως παρατηρεί: "La notion de corrélation et celle d' ordre sur les items ne sont pas équivalentes. Certes, s' il y a ordre total, il y aura corrélation, mais comme le montre l' exemple ci dessus, les corrélations peuvent être faibles et l' ordre acceptable pour certaines utilisations" (1971.α) ή, αλλού, "Certes l' ordre total implique la corrélation entre les questions, mais on peut se demander si le cas de l' independance est

identifiable à la non-ordination" (1971.α).

Σημειώνεται, πάντως, πως ο Degenne θεωρεί ουσιαστικό μειονέκτημα του δείκτη που προτείνει το γεγονός ότι παίρνει ψηλές τιμές ακόμη και σε συνθήκες ημι-ανεξαρτησίας (quasi-independence) των μεταβλητών.

		H		
		I	1	0
G	1	9	81	90
	0	1	9	10
		10	90	100

		H		
		II	1	0
G	1	0	80	90
	0	0	10	10
		10	90	100

$M_{gh}^{(u)} =$	0
$D_{gh} =$	0,972

$M_{gh}^{(u)} =$	1
$D_{gh} =$	1,000

Σχήμα 2.6. Δεύτερο σημείο κριτικής του Degenne στον δείκτη Loevinger.

Στα προηγούμενα μειονεκτήματα του δείκτη του Maitre που σημειώνει ο Degenne θα είχαμε επίσης να προσθέσουμε:

2.5.3. την αρνητική προσαρμογή του δείκτη Maitre στην έννοια της διάταξης όταν οι συχνότητες των ακραίων συνδυασμών ($f_{gh}^{(s)}$ και $f_{gh}^{(t)}$) είναι χαμηλές. Στο παράδειγμα του σχήματος 2.7., π.χ., ο δείκτης του Maitre είναι φθίνουσα συνάρτηση της αύξησης των εντός της κύριας συμπεριφοράς ($f_{gh}^{(\bar{u})}$) αντικειμένων! Αντίθετα ο δείκτης του Degenne αυξάνεται ικανοποιητικά (βλ. και πίνακα 3.4.).

		H		
		I	1	0
G	1	1	1	
	0	97	1	

		H		
		I	1	0
G	1	1	49	
	0	49	1	

		H		
		I	1	2
G	1	1	97	
	0	1	1	

$f_{gh}^{(\bar{u})} =$	3
$M_{gh} =$	-0,01
$D_{gh} =$	-0,98

$f_{gh}^{(\bar{u})} =$	51
$M_{gh} =$	-0,96
$D_{gh} =$	0,00

$f_{gh}^{(\bar{u})} =$	99
$M_{gh} =$	-24,00
$D_{gh} =$	+0,98

Σχήμα 2.7. Μειονεκτήματα προσαρμογής του δείκτη Maitre στην διάταξη.

Ωστόσο θα είχαμε να προσθέσουμε και δύο σημαντικά μειονεκτήματα στον δείκτη του Degenne, διαφορετικά από αυτό που εντοπίζει ο ίδιος:

2.5.4. την έλλειψη εναισθησίας του δείκτη όταν $f_{gh}^{(u)} = f_{gh}^{(v)}$. Πράγματι στο παράδειγμα του σχήματος 2.8. γίνεται φανερό ότι ενώ ο αριθμός των αντικειμένων εντός της κύριας συμπεριφοράς ($f_{gh}^{(\bar{u})}$) αλλάζει δραστικά από το I στο II, ο δείκτης του Degenne παραμένει ο ίδιος. Αντίθετα μάλιστα απ' αυτόν του Maitre που κινείται

ικανοποιητικά (βλ. και πίνακα 3.4.).

		H		
	I	1	0	
G	1	0	50	$f_{gh}^{(\bar{u})} = 50$
	0	50	0	
		$D_{gh} = 0$		
		$M_{gh} = -1,00$		

		H		
	I	1	0	
G	1	49	1	$f_{gh}^{(\bar{u})} = 99$
	0	1	49	
		$D_{gh} = 0$		
		$M_{gh} = +0,96$		

Σχήμα 2.8. Ελλειψη ευαισθησίας του δείκτη Degenne.

2.5.5. την αρνητική προσαρμογή στην έννοια της διάταξης όταν οι συχνότητες του συνδυασμού $f_{gh}^{(u+v)}$ είναι χαμηλές. Ετσι στην περίπτωση του παραδείγματος του σχήματος 2.9. γίνεται φανερό ότι το αρνητικό επίπεδο του δείκτη D δεν ανταποκρίνεται στο πολύ μεγάλο ποσοστό των αντικειμένων εντός της κύριας συμπεριφοράς. Αντίθετα μάλιστα από το μειονέκτημα του δείκτη που σημειώνει ο Degenne αλλά και από τον δείκτη του Maitre που, και εδώ, παίρνει ικανοποιητική τιμή, αλλά και πολύ ψηλότερη από αυτήν του δείκτη Degenne, παρά την αντίθετη κριτική του Degenne (βλ. 2.5.1.).

		H		
		1	0	
G	1	49	1	$f_{gh}^{(\bar{u})} = 98$
	0	2	48	
		$D_{gh} = -0,33$		
		$M_{gh} = +0,92$		

Σχήμα 2.9. Αρνητική προσαρμογή στην διάταξη του δείκτη Degenne.

Σχετικά με την προσέγγιση του Goodman θεωρούμε ότι τα μειονεκτήματά της οφείλονται στον έμμεσο τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται η κλιμακωσιμότητα. Στο ότι δηλαδή η προσέγγιση του Goodman (και της latent class γενικότερα) χρησιμοποιεί την συνθήκη - μηδενική υπόθεση, H^0 της ανεξαρτησίας μεταξύ των μεταβλητών (έλλειψη συσχέτισης) για να προσεγγίσει την κλιμακωσιμότητα.

Ετσι, ως κύρια μειονεκτήματα της προσέγγισης αυτής εντοπίζουμε τα τέσσερα ακόλουθα:

2.5.6. την έλλειψη καθεαυτό μέτρου της κλιμακωσιμότητας της περιγραφής. Τόσο στο σύνολο των μεταβλητών, όσο και στην καθέκαστα συμβολή κάθε μεταβλητής ή ζεύγους μεταβλητών (βλ. μειονεκτήματα 2.3.6. στην προσέγγιση του Guttman).

Ο έλεγχος του χ^2 αλλά και οι αναμενόμενες τιμές $\hat{p}_t$ και των $\hat{p}_t^{i \neq 0}$ δεν συνιστούν, φυσικά, μέτρα κλιμακωσιμότητας· παρά την χρησιμότητά τους (βλ. Clogg and Sawyer 1981) στον έλεγχο υποθέσεων.

Αλλωστε το $\hat{p}_t^0$ και το $p_t^{i \neq 0}$ εξαρτώνται αφενός από τον αριθμό των μεταβλητών της περιγραφής και αφετέρου από τον λόγο του πλήθους των συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς ως προς το πλήθος των υπολοίπων συνδυασμών ($|B|/|\bar{B}|$).

Είναι χαρακτηριστικό ότι οι Clogg and Sawyer (1981) υποστηρίζοντας την προσέγγιση Goodman έναντι της συμβατικής ανάλυσης καταφεύγουν στον έλεγχο των συσχετίσεων με το γνωστό μέτρο $\phi \left\{ \phi = (\chi^2/n)^{1/2} \right\}$ μεταξύ των μεταβλητών της περιγραφής. Ετσι καταφεύγουν στην υποκατάσταση της ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας με την ανάλυση της συσχέτισης. Πράγμα που βέβαια δεν είναι ξένο και στην συμβατική προσέγγιση της ανάλυσης Guttman: οι Nie et al (1980), π.χ., χρησιμοποιούν το μέτρο Q του Yule ($Q = \frac{f_{ab}^{(s)} \times f_{ab}^{(t)} - f_{ab}^{(u)} \times f_{ab}^{(v)}}{f_{ab}^{(s)} \times f_{ab}^{(t)} + f_{ab}^{(u)} \times f_{ab}^{(v)}}$) για να μπορέσουν να προσδιορίσουν τον βαθμό κλιμακωσιμότητας μεταξύ των μεταβλητών της περιγραφής που δεν δίνεται από τα συγκεντρωτικά μέτρα του Guttman.

2.5.7. την έλλειψη οργάνου διαβάθμισης, προερχόμενου από την ανάλυση. Πράγμα που, βέβαια, αποτελεί απόρροια και του προηγούμενου μειονεκτήματος (2.5.6.). Αντίθετα με τις προσεγγίσεις του Guttman, του Maitre (Loevinger) ή του προτεινόμενου δείκτη του Degenne που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτονόητα στην διαβάθμιση για την μείωση της αξίας των εκτός κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών η προσέγγιση του Goodman δεν προσφέρει ανάλογη διευκόλυνση. Είναι χαρακτηριστικό, π.χ., ότι ο Clogg (1984) καταφεύγει στην υιοθέτηση τρίτων (εκτός περιγραφής) μεταβλητών για να αποδόσει τιμές στους συνδυασμούς της μελετώμενης περιγραφής.

2.5.8. το σημαντικά περιορισμένο πεδίο εφαρμογής της προσέγγισης. Σε περιπτώσεις περιορισμένου αριθμού μεταβλητών περιγραφής όπως αυτή των δύο μεταβλητών ή των τριών μεταβλητών η προσέγγιση του Goodman δεν μπορεί να εφαρμοστεί γιατί είναι αδύνατος ο έλεγχος του μοντέλου.

Πράγματι, στην περίπτωση των μοντέλων αυτών οι βαθμοί ελευθερίας είναι αντίστοιχα $-2 (= 2^m - 2(m+1) = 4-6)$ και $0 (= 8-8)$.

Το ίδιο συμβαίνει, επίσης, σε περιπτώσεις περιγραφών με περισσότερες των τριών μεταβλητών όταν ο αριθμός των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών είναι μεγάλος. Ετσι, π.χ., συμβαίνει στην περίπτωση των τεσσάρων μεταβλητών με 11 συνδυασμούς $(5+6)$ εντός της κύριας συμπεριφοράς όταν δεν υπάρχουν πρόσθετοι περιορισμοί: $βε = 2^m - |B| - (m+1) = 2^4 - 11 - 5 = 0$.

Η, αντίστοιχα, στην περίπτωση των 5 μεταβλητών με 26 συνδυασμούς εντός της κύριας συμπεριφοράς ή στην περίπτωση των 6 μεταβλητών με 57 συνδυασμούς εντός της κύριας συμπεριφοράς, όπου οι βαθμοί ελευθερίας είναι 0 και είναι ανέφικτος, συνεπώς, ο στατιστικός έλεγχος του μοντέλου.

2.5.9. την μεγάλη υπολογιστική εργασία που απαιτούν οι επαναληπτικές διαδικασίες (iterative procedures) για τον προσδιορισμό των παραμέτρων των εναλλακτικών μοντέλων αλλά και το πλήθος των εναλλακτικών επιλογών συνόλων συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς $\{B\}$ που καθιστούν το υπολογιστικό έργο εκτεταμένο ακόμη

και για περιγραφές περιορισμένου αριθμού μεταβλητών.

Μια δέκατη, τέλος, παρατήρηση κριτικής δεν αφορά μόνον στο μοντέλο του Goodman αλλά και σε αυτά των Maitre (Loevinger), Degenne και Guttman. Πρόκειται για:

2.5.10. τον περιορισμό της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας σε δίτιμες μεταβλητές. Με τα μοντέλα της ημι-ανεξαρτησίας και της λανθάνουσας δομής ο περιορισμός σε δίτιμες μεταβλητές τίθεται αυτονόητα από τις ίδιες τις σχέσεις που συγκροτούν το μοντέλο (βλ. παρ. 2.4.2. και σχέσεις 2.31, 2.32, 2.33). Το ίδιο συμβαίνει και με τις αρχικές παρουσιάσεις των μοντέλων Degenne, Maitre και Loevinger που εδώ παρουσιάστηκαν γενικευμένες (για δίτιμες ή πολυτομικές μεταβλητές) με βάση τους ορισμούς και συμβολισμούς που δόθηκαν στην παρ. 2.1.2..

Είναι φανερό ότι ο περιορισμός των μοντέλων κλιμακωσιμότητας σε δίτιμες μεταβλητές αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην εφαρμογή τους. Γεγονός που εξηγεί και την περιορισμένη εφαρμογή των μοντέλων κλιμακωσιμότητας στην αξιολόγηση.

Η εφαρμογή του μοντέλου που προτείνουμε στα τρία παραδείγματα που χρησιμοποιεί ο Goodman (σε αντιδιαστολή μάλιστα με τους αντίστοιχους δείκτες του Guttman του Maitre και του Degenne στο επόμενο κεφάλαιο - παρ. 3.5.) καθώς και οι ενδεικτικές τιμές σε παραδείγματα εφαρμογής (πίνακες 3.4. - 3.6.), δίνουν την ευκαιρία της παραστατικής βεβαίωσης των σημείων κριτικής 2.5.1./2.5.10.· όπως, άλλωστε, και των σημείων κριτικής στους δείκτες Guttman (2.3.1. / 2.3.8.).

Η κριτική της συμβατικής προσέγγισης του Guttman (σημεία 2.3.1/2.3.8) καθώς και των προσεγγίσεων των Maitre (Loevinger) - Degenne και του Goodman (σημεία 2.5.1/2.5.10) προσδιορίζει τα αιτήματα στα οποία θα μπορούσε να προσανατολιστεί η αναζήτηση ενός πληρέστερου μοντέλου ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας.

Το μοντέλο που προτείνεται εδώ στηρίζεται σε υποθέσεις πιθανοτικής μορφής και έχει δομηθεί έτσι ώστε να δίνει την δυνατότητα ελέγχου της κλιμακωσιμότητας όχι μόνο μέσω ενός συνολικού δείκτη αλλά αναλυτικότερα:

- προσφέρει την δυνατότητα ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας ως συνισταμένης των ιδιοτήτων της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας, που ελέγχονται ξεχωριστά.
- προσφέρει την δυνατότητα ελέγχου της συνεισφοράς κάθε μεταβλητής και κάθε ζεύγους μεταβλητών, ξεχωριστά, τόσο στην κλιμακωσιμότητα όσο και στην μονοδιάσταση και στην σωρευτικότητα.

Από τη δομή του, επίσης, το μοντέλο δίνει την δυνατότητα γενίκευσής του σε πολυτομικές μεταβλητές καθώς και την δυνατότητα ελέγχου της περιγραφής' δίνεται δηλαδή η κατεύθυνση για μετατροπές της περιγραφής ή της προσφυγής σε διαφορετικά μοντέλα ανάλυσης εφόσον το

μοντέλο της κλιμακωσιμότητας δεν ικανοποιείται. Τέλος, το μοντέλο προσφέρει την δυνατότητα της άμεσης διαβάθμισης των συνδυασμών, με βάση την αλληλουχία των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών της περιγραφής όπως προκύπτουν από τους επιμέρους δείκτες ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας.

3.1. Η ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.

Από την κριτική της συμβατικής προσέγγισης του Guttman (βλ. σημεία 2.3.1/2.3.8) καθώς και των νεώτερων προσεγγίσεων - Maitre (Loevinger), Degenne και Goodman (βλ. σημεία 2.5.1/2.5.10) - προκύπτουν μια σειρά από αιτήματα/στόχοι, που θα μπορούσαν να προσανατολίσουν την αναζήτηση ενός πληρέστερου μοντέλου ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας.

Τρεις, γενικά, αρχές είναι αυτές στις οποίες θεωρείται ότι θα έπρεπε να εδραστεί η αναζήτηση του πληρέστερου μοντέλου:

-Το μοντέλο ανάλυσης πρέπει να είναι *ακριβές θεωρητικά*: έννοιες και όροι που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά ή διαζευκτικά (χωρίς, ωστόσο, να προσδιορίζεται η διάζευξη - βλ. παρ. 2.1. και 2.3.), όπως, κυρίως, το ζεύγμα μονοδιάσταση/σωρευτικότητα πρέπει να έχουν σαφέστερο περιεχόμενο ικανό να προσδιορίζεται τυπικά. Να έχει δηλαδή, συγκεκριμένη τυπική έκφραση.

-Το μοντέλο ανάλυσης πρέπει να είναι *ολοκληρωμένο*: όπου η ολοκλήρωση ορίζεται τόσο στην πληρότητα διατύπωσης των υποθέσεων του και στον έλεγχο της επίπτωσής τους στην μέτρηση (διαστήματα και διαδοχές τιμών) όσο και στην πληρότητα του ελέγχου ιδιαίτερων απόψεων (παραμέτρων) του μοντέλου. Η συναγωγή, δηλαδή, της κλιμακωσιμότητας από τις ιδιαίτερες απόψεις που την καθορίζουν.

-Το μοντέλο ανάλυσης πρέπει να είναι *λειτουργικό*: πρέπει να είναι απλή και διαφανής η αντανάκλαση της εσωτερικής δομής των μεταβλητών (*intrinsic character of variables*) στην μέτρηση της κλιμακωσιμότητας καθώς και η μεταφορά των δεικτών της κλιμακωσιμότητας στην αξιολόγηση (διαβάθμιση) των αντικειμένων (συνδυασμών) της περιγραφής.

Είναι φανερό πως μορφές ενός μοναδικού (συνολικού) δείκτη της κλιμακωσιμότητας όπως αυτή του δείκτη αναπαραγωγής του Guttman, ή αυτή του Maitre (Loevinger), δεν θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν. Αφού δεν παρουσιάζουν, αναλυτικά, χρήσιμα χαρακτηριστικά της κλιμακωσιμότητας.

Μια μορφή όπως αυτή της ανάλυσης της διασποράς (*variance analysis* βλ. Loether and M^c Tavish 1988) θα ήταν πολύ προσφορότερη στο να αποδόσει την κλιμακωσιμότητα ως συνισταμένη, ξεχωριστά, της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας. Ετσι, όπως στην ανάλυση διασποράς η συνολική διασπορά θεωρείται συντιθέμενη από την εσωτερική (εντός των τάξεων) διασπορά και την εξωτερική (μεταξύ των τάξεων) διασπορά έτσι και εδώ η κλιμακωσιμότητα θα μπορούσε να θεωρηθεί, γενικά, ως συντιθέμενη από την μονοδιάσταση και την σωρευτικότητα στο σύνολο των μεταβλητών της περιγραφής: a, b,..., g, h,..., m.

$$S_{.gh.} = F(CU_{.gh.}, DI_{.gh.}) \quad (3.1)$$

Δεδομένου ότι η κλιμακωσιμότητα μπορεί να ποικίλλει μεταξύ των μεταβλητών, καθώς και μεταξύ των ζευγών μεταβλητών της περιγραφής, η αναλογία προς τα λογαριθμικά-γραμμικά μοντέλα ανάλυσης συνδέσμου (log-linear association models - βλ. Loether and M^c Tavish) προσφέρει την δυνατότητα σύνθεσης της κλιμακωσιμότητας από τις επί μέρους κλιμακωσιμότητες, βαθμιδωτά:

$$\begin{aligned} S_{.gh.} &= F(S_{ab}, S_{ac}, \dots, S_{gh}, \dots, S_{(m-1)m}) \\ S_{.gh.} &= F(S_a, S_b, \dots, S_g, S_h, \dots, S_m) \\ S_g &= F(S_{ag}, S_{bg}, \dots, S_{gh}, \dots, S_{gm}) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Εφ' όσον η κλιμακωσιμότητα δεν ενδιαφέρει συνολικά, και μόνον (συνάρτηση 3.1), τότε οι συναρτήσεις (3.2) θα μπορούσαν να αναλυθούν στις συναρτήσεις (3.3):

$$\begin{aligned} S_{.gh.} &= F(CU_{ab}, DI_{ab}, CU_{ac}, \dots, CU_{gh}, DI_{gh}, \dots, CU_{m-1m}, DI_{m-1m}) \\ S_{.gh.} &= F(CU_a, DI_a, CU_b, \dots, CU_g, DI_g, \dots, CU_m, DI_m) \\ S_g &= F(CU_{ag}, DI_{ag}, CU_{bg}, \dots, CU_{gh}, DI_{gh}, \dots, CU_{gm}, DI_{gm}) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Πως θα μπορούσαν να δομηθούν - εσωτερικά και μεταξύ τους - σε τυπική έκφραση τα στοιχεία των συναρτήσεων (3.2) και (3.3); Η απάντηση στο πρόβλημα αυτό παραπέμπει:

α. στην διατύπωση μιας υπόθεσης $-0/(H^0)$ για την μονοδιάσταση στην επιλογή δηλαδή μιας ακραίας περιπτώσεως αναφοράς όπου η μονοδιάσταση μηδενίζεται.

β. στην διατύπωση μιας υπόθεσης -0 αντίστοιχα, για την σωρευτικότητα.

γ. στην τυπική έκφραση της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας την επιλογή δηλαδή των παραμέτρων έκφρασής τους.

δ. στην τυπική έκφραση της σύνθεσης της κλιμακωσιμότητας από την μονοδιάσταση και την σωρευτικότητα όπως εκφράζονται στο γ. Στην επιλογή δηλαδή της σχέσης σύνθεσης των εκφράσεων της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας στην κλιμακωσιμότητα. Επιλογή, που, φυσικά, συνεπάγεται και την σύνθεση των δύο μηδενικών υποθέσεων α και β σε μηδενική υπόθεση για την κλιμακωσιμότητα.

3.2. Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.

3.2.1. Η έκφραση της μονοδιάστασης.

Σύμφωνα με τις αρχές που υπαγορεύουν την μορφή του προτεινομένου μοντέλου (3.1) η ιδιότητα της μονοδιάστασης ορίζεται καταρχήν στο - κατά ζεύγη μεταβλητών - σύνολο των συνδυασμών. Ως μονοδιάσταση ορίζεται (στο σύνολο αυτό), αφενός η υπεροχή των εντός, έναντι των εκτός

της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών και, αφετέρου, η υπεροχή της πραγματικής συχνότητας των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών έναντι της αναμενομένης συχνότητας.

Για δύο μεταβλητές G και H , δηλαδή, ο ορισμός της μονοδιάστασης συνοψίζεται στα αιτήματα/ανισότητες:

$$F_{gh}^{(v)} > F_{gh}^{(u)} \quad (3.4)$$

$$F_{gh}^{(\bar{u})} > \hat{F}_{gh}^{(u)} \quad (3.5)$$

Σύμφωνα με τις ανισότητες (3.4) και (3.5) η σχέση (3.6) θεωρείται ότι αποδίδει ικανοποιητικά* την σύνθεση των δύο αιτημάτων σε μέτρο της μονοδιάστασης για τις δύο μεταβλητές DI_{gh} :

$$DI_{gh} = \left[\frac{f_{gh}^{(v)} \times f_{gh}^{(\bar{u})} - f_{gh}^{(u)} \times \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}}{f_{gh}^{(v)} \times f_{gh}^{(\bar{u})}} \right]^{1/2} - \left[1 - \frac{f_{gh}^{(u)} \times \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}}{f_{gh}^{(v)} \times f_{gh}^{(\bar{u})}} \right]^{1/2} \quad (3.6)^{**}$$

Η σχέση (3.6), σύμφωνα με τα αιτήματα δομής που θέσαμε (σχέσεις 3.2 και 3.3) μεταφέρονται, αυτονόητα, από τα ζεύγη μεταβλητών G και H στο σύνολο των μεταβλητών περιγραφής (DI_{gh} , σχέση 3.7) καθώς και σε όλες τις μεταβλητές της περιγραφής (DI_g , σχέση 3.8), καθέκαστα:

$$DI_{gh} = 1 - \left[\frac{f_{gh}^{(u)} \times \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}}{f_{gh}^{(v)} \times f_{gh}^{(\bar{u})}} \right]^{1/2} \quad (3.7)$$

όπου:

$$f_{gh}^{(x)} = 2 \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{h=b}^m f_{gh}^{(x)} / m(m-1) \quad \left\{ \begin{array}{l} x = v, u, \bar{u} \quad \text{για το } f \text{ ή } \hat{f} \\ a, b, \dots, g, h, \dots, m \in M \\ b = a + 1 \end{array} \right.$$

* Σημειώνεται ότι εκτός από την τελικά επιλεγείσα σύνθεση των αιτημάτων (3.4) και (3.5) δοκιμάστηκαν άλλες οκτώ, διαφορετικές, συνθέσεις. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν οι σχέσεις (3.9) και (3.10):

$$DI_{gh}^{(I)} = 1 - \frac{f_{gh}^{(u)} \times \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}}{f_{gh}^{(\bar{u})} \times n} \quad (3.9)$$

$$DI_{gh}^{(II)} = 1 - \frac{f_{gh}^{(u)2} / \hat{f}_{gh}^{(u)}}{f_{gh}^{(v)2} / \hat{f}_{gh}^{(v)}} \quad (3.10)$$

Ωστόσο οι οκτώ διαφορετικές συνθέσεις απερρίφθησαν σε μεταγενέστερα στάδια της έρευνας όχι μόνον γιατί η σύνθεσή τους με την σωρευτικότητα δεν μπορούσε να έχει την ερμηνεία που προσφέρει η επιλεγείσα σχέση (βλ. παρ. 3.2.2.) αλλά και γιατί ανταποκρίνονται ασθενέστερα τόσο στην εμπειρική βεβαίωση της ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας (βλ. κεφ. 4.) όσο και στην διακύμανση των τιμών της μονοδιάστασης (βλ. παρ. 3.3.).

** Η ύψωση των σχέσεων (3.6)/(3.10) στην $1/2$ οφείλεται στο ότι οι σχέσεις αναφέρονται σε γινόμενα συχνοτήτων.

$$DI_g = \left[1 - \frac{\hat{f}_g^{(u)} \times f_g^{(\bar{u})}}{f_g^{(v)} \times f_g^{(\bar{u})}} \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

όπου:

$$f_g^{(x)} = \sum_{h=a}^m f_{gh}^{(x)} \bigg/ (m-1) \quad \left\{ \begin{array}{l} x = v, u, \bar{u} \\ a, b, \dots, g, h, \dots, m \in M \end{array} \right. \quad \text{για το } f \text{ ή } \hat{f}$$

Σύμφωνα με τη σχέση (3.6) η μηδενική υπόθεση για την μονοδιάσταση μεταξύ δύο μεταβλητών ορίζεται ως εξής:

$$H^0 DI_{gh} : f_{gh}^{(u)} = f_{gh}^{(v)} \times \frac{f_{gh}^{(\bar{u})}}{\hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}} \quad (3.11)$$

Η μηδενική υπόθεση δηλαδή (πλήρης έλλειψη της ιδιότητας της μονοδιάστασης) επαληθεύεται όταν η συχνότητα των εντός της κύριας συμπεριφοράς ενδιάμεσων συνδυασμών εξισώνεται με το γινόμενο της συχνότητας των εντός της κύριας συμπεριφοράς ενδιάμεσων συνδυασμών επί το πηλίκον της πραγματικής συχνότητας των συνδυασμών της κύριας συμπεριφοράς ως προς την αντίστοιχη αναμενόμενη συχνότητά τους.

Με άλλα λόγια, η μονοδιάσταση περιορίζεται όσο η απομάκρυνση μεταξύ των συχνοτήτων των εντός ως προς τους εκτός της κύριας συμπεριφοράς ενδιάμεσων συνδυασμών περιορίζεται και όσο περιορίζεται, επίσης, η απομάκρυνση της πραγματικής συχνότητας των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών από την αναμενόμενη τιμή τους.

Η μηδενική υπόθεση (3.11) ισχύει φυσικά, και διατυπώνεται αντίστοιχα, και στις περιπτώσεις οποιουδήποτε συνόλου μεταβλητών καθώς και για κάθε μεταβλητή καθέκαστα σύμφωνα με τις σχέσεις (3.7) και (3.8).

Τόσο ως προς τις δυαδικές διατεταγμένες ποιοτικές μεταβλητές όσο και ως προς τις αντίστοιχες πολυτομικές μεταβλητές η ιδιότητα της μονοδιάστασης μηδενίζεται στις περιπτώσεις των ίσης (ισοπίθανης) συμπεριφοράς πλεγμάτων. Εκεί δηλαδή όπου η συχνότητα των πλήρων συμπεριφορών εξισώνεται. Πράγμα που συνεπάγεται ότι και οι συχνότητες όλων των συνδυασμών του πλέγματος εξισώνονται. Το σχήμα 3.1. εικονογραφεί την μηδενική υπόθεση για την κλιμακωσιμότητα σε έξι διαφορετικές περιπτώσεις πλεγμάτων μεταβλητών.

Το διάστημα των τιμών στο οποίο κινείται η μονοδιάσταση (δείκτες 3.6/3.8) είναι το διάστημα $[0, +1]$.

Η χαρακτηριστική περίπτωση* της μηδενικής τιμής είναι οι ισοπίθανες συμπεριφορές στο

* Σημειώνεται εδώ ότι αν και σε περίπτωση ισοπίθανων συμπεριφορών η μονοδιάσταση παίρνει την τιμή 0, το αντίστροφο δεν ισχύει. Η μονοδιάσταση μπορεί να γίνεται μηδενική και σε περιπτώσεις μη ισοπίθανων συμπεριφορών. Όπως, π.χ., στις περιπτώσεις (α) και (β) του διατεταγμένου ζεύγους μεταβλητών G και H.

(a)

		1	H	0
G	1	66		9
	0	10		15

(b)

		1	H	0
G	1	44,65	25	
	0	24	6,35	

πλέγμα των μεταβλητών.

Αντίθετα, η μονοδιάσταση φτάνει στην μονάδα στην περίπτωση της τέλει κλιμάκωσης.

Στην περίπτωση του σχήματος 2.1., π.χ., ισχύουν:

$$DI_{gh} = 1 - \frac{0 \times 95}{40 \times 100} = 1$$

$$DI_{gh} = 1 - \frac{0 \times 98}{70 \times 100} = 1$$

$$DI_{gk} = 1 - \frac{0 \times 90}{30 \times 100} = 1$$

$$DI_g = 1 - \frac{0 \times 92,5}{35 \times 100} = 1$$

$$DI_h = 1 - \frac{0 \times 96,5}{55 \times 100} = 1$$

$$DI_k = 1 - \frac{0 \times 94}{50 \times 100} = 1$$

$$DI_{ghk} = 1 - \frac{0 \times 94,33}{46,67 \times 100} = 1$$

Η μονοδιάσταση δηλαδή φτάνει στην μονάδα τόσο για κάθε ζεύγος μεταβλητών όσο και για κάθε μεταβλητή και για το σύνολο των μεταβλητών της περιγραφής. Αντίθετα, στην περίπτωση του παραδείγματος του σχήματος 2.2. η μονοδιάσταση παίρνει αρκετά χαμηλότερες τιμές:

$$DI_{gh} = 1 - \frac{40 \times 173,29}{77 \times 168} = 0,6813 \text{ και, αντίστοιχα, } DI_{gk} = 0,8001, DI_{hk} = 0,7516$$

$$DI_g = 0,7473, DI_h = 0,7146, DI_k = 0,7893 \text{ και } DI_{ghk} = 0,7471.$$

3.2.2. Η έκφραση της σωρευτικότητας.

Η σωρευτικότητα ορίζεται ως η υπεροχή της αναλογίας των συχνοτήτων των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών έναντι της ελάχιστης απαίτησης σωρευτικότητας, αφένος, και της κατά ζεύγη μεταβλητών αναλογίας συχνοτήτων των συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς, αφετέρου.

Αντίστοιχα με την μονοδιάσταση, ο ορισμός της σωρευτικότητας συνοψίζεται στα αιτήματα - ανισότητες:

$$p(B) \geq p(B^0) \quad (3.12)$$

$$p(B) \geq p_{gh}^{(\bar{u})} \left(= 2 \sum_{g=a} \sum_{\substack{h=b \\ b=a+1 \neq g}} f_{gh}^{(\bar{u})} / m(m-1) \times n \right) \quad (3.13)$$

Η ελάχιστη απαίτηση σωρευτικότητας ορίζεται στο πλέγμα των ίσης πιθανότητας συμπεριφορών ως ο αριθμός των μη ανηγόντων στην κύρια συμπεριφορά συνδυασμών $\left(\sum_{gh} (\bar{u}) \right)$ επί το πληθύν των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών έναντι του συνόλου των συνδυασμών $\pi(B^0)$. Για

διχοτομικές μεταβλητές δηλαδή, ισχύει:

$$p(B^0) : \sum_{gh.}^{(u)} \times \pi(B^0) \quad \forall gh. \notin B^0$$

$$\pi(B^0) = \frac{m+1}{2^m(2^m - (m+1))}^* \quad (3.14)$$

Το πηλίκον $(m+1)/2^m$ εκφράζει τον λόγο της συχνότητας μιας, οποιασδήποτε, συμπεριφοράς -στο πλέγμα των ίσης πιθανότητας συμπεριφορών - ως προς το άθροισμα των συχνοτήτων των συνδυασμών. Οι παράγοντες 2^m και $(m+1)$ στον διαιρέτη αποτελούν παράγοντες κλιμάκωσης (scaling factors) έτσι ώστε η σωρευτικότητα να έχει ενιαίο βάρος σε διαφορετικού μεγέθους (αριθμός μεταβλητών - αριθμός τιμών κατά μεταβλητές) περιγραφές· πράγμα που αποτέλεσε σημείο κριτικής των συντελεστών του Guttman (βλ. σημείο 2.3.5 της κριτικής του Clogg). Σημειώνεται ότι ειδικά στην περίπτωση των δύο μεταβλητών το πηλίκον $\pi(B)$ ταυτίζεται με το πηλίκον $(m+1)/2^m$.

Στον πίνακα 3.1. παρατίθενται οι μέγιστες τιμές της ελάχιστης απαίτησης σωρευτικότητας για δύο έως δέκα δίτιμες μεταβλητές. Οι τιμές δηλαδή για τα πλήρη πλέγματα συμπεριφοράς: τα πλέγματα εκείνα που περιέχουν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς και, κατά συνέπεια, και όλους τους εσφαλμένους, κατά Guttman, συνδυασμούς:

$$\sum_{gh.}^{(u)} : \max \quad (3.15)$$

Στην περίπτωση αυτή η μέγιστη τιμή (3.15) ταυτίζεται με την τιμή $2^m - (m+1)$.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		Μέγιστο $\sum_{gh.}^{(u)}$ (1)	m+1 (2)	2m (3)	$\Pi(B^0)$ (4)	$p(B^0)$ (5) = (1)X(4)
M	2	1	3	4	0,7500000	0,7500000
A	3	4	4	6	0,1666667	0,6666667
P	4	11	5	8	0,0568181	0,6250000
I	5	26	6	10	0,0230769	0,6000000
Θ	6	57	7	12	0,0102339	0,5833333
M	7	120	8	14	0,004762	0,5714285
O	8	247	9	16	0,002277	0,5625000
Σ	9	502	10	18	0,001107	0,5555555
Ω	10	1013	11	20	0,000543	0,5500000
N						

Πίνακας 3.1. Οι μέγιστες τιμές της ελάχιστης σωρευτικότητας για 2/10 διχοτομικές μεταβλητές.

Αντίστοιχα με την μονοδιάσταση οι σχέσεις (3.16), (3.17) και (3.18) αποδίδουν την τιμή της σωρευτικότητας στις περιπτώσεις του ζεύγους των μεταβλητών, της κάθε μεταβλητής και του συνόλου των μεταβλητών:

* Στην περίπτωση των πολυτομικών μεταβλητών, ισχύουν σύμφωνα με τους ορισμούς του δεύτερου κεφαλαίου οι σχέσεις:

$$m = |i-1| + |j-1| + |k-1| + \dots + |w-1|$$

$$2^m = |i| \times |j| \times |k| \times \dots \times |w-1|$$

$$CU_{gh} = \left[\frac{p(B) - p(B^0)}{p_{gh}^{(\bar{u})}} \right]^{1/2}, \quad p_{gh}^{(\bar{u})} = f_{gh}^{(\bar{u})} / n \quad (3.16)$$

$$CU_g = \left[\frac{p(B) - p(B^0)}{p_g^{(\bar{u})}} \right]^{1/2}$$

$$p_g^{(\bar{u})} = \sum_{\substack{h=1 \\ h \neq g}}^m f_{gh}^{(\bar{u})} / (m-1) \times n$$

$$CU_{gh} = \left[\frac{p(B) - p(B^0)}{p_{gh}^{(\bar{u})}} \right]^{1/2} \quad (3.18)$$

$$p_{gh}^{(\bar{u})} = 2 \sum_{g=a}^{m-1} \sum_{\substack{h=b \\ b \neq g}} f_{gh}^{(\bar{u})} / m(m+1) \times n$$

Όπως είναι φανερό από τις σχέσεις, αντίθετα με την μονοδιάσταση, στην σωρευτικότητα ο αριθμητής της σχέσης παραμένει σταθερός - κατά ζεύγη ή κατά μεταβλητές ξεχωριστά - και είναι ο ίδιος με αυτόν στο σύνολο της περιγραφής.

Σύμφωνα με την σχέση (3.18) η μηδενική υπόθεση για την σωρευτικότητα ορίζεται ως εξής:

$$H^0 CU_{gh} : p(B) - p(B^0) = 0 \quad (3.19)$$

Η μηδενική υπόθεση (πλήρης έλλειψη της ιδιότητας της σωρευτικότητας) επαληθεύεται όταν η αναλογία των συχνοτήτων των συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς εξισώνεται με την ελάχιστη απαίτηση σωρευτικότητας. Στην περίπτωση των δύο διχοτομικών μεταβλητών η εξίσωση αυτή συνεπάγεται δύο ίσες συχνότητες συνδυασμών.

Γενικά, στις περιπτώσεις πλεγμάτων ισοπίθανης συμπεριφοράς η σωρευτικότητα (δείκτης 3.18) μηδενίζεται αφού στις περιπτώσεις αυτές η διαφορά $p(B) - p(B^0)$ είναι αρνητική ή μηδενική.

Στις περιπτώσεις των πλεγμάτων του σχήματος 3.1., π.χ., ισχύουν:

$$A: \quad CU_{gh} = \left[\frac{0,750 - 1 \times \frac{2+1}{4(4-3)}}{0,750} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,750 - 0,750}{0,750} \right]^{1/2} = 0$$

$$B: \quad CU_{gh} = \left[\frac{0,667 - 2 \times \frac{3+1}{6(6-4)}}{0,667} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,667 - 0,667}{0,667} \right]^{1/2} = 0$$

$$Γ: \quad CU_{gh} = \left[\frac{0,556 - 4 \times \frac{4+1}{8(9-5)}}{0,667} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,556 - 0,625}{0,667} \right]^{1/2} = 0$$

Διότι, αν και τα δύο μέτρα, αξιολογούν την περιγραφή ως προς την μονοδιάσταση και την σφαιρικότητα των ιδιοτήτων της μονοδιάστασης και της σφαιρικότητας και ως σφαιρικότητα δεν μπορούν, να αξιολογήσουν την κλίμακωσιμότητα. Η κλίμακωσιμότητα αν και τα δύο μέτρα παίρνουν τηδενικές τιμές στην περιγραφή των ισοτιμών συμπιεσibility/

Και τα δύο μέτρα παίρνουν τηδενικές τιμές στην περιγραφή των ισοτιμών συμπιεσibility/ περιγραφή) και, αφετέρου, μέτρα κατά μεταβλητές, ξεχωριστά, και κατά ζεύγη μεταβλητών. Μέτρα αφενός συνολικά (στο σύνολο της μονοδιάστασης και της σφαιρικότητας. Μεταξύ (3.6)/(3.8) και (3.16)/(3.18) μπορούν να αναχθούν σε

3.2.3. Η σύνθεση της μονοδιάστασης και της σφαιρικότητας στην κλίμακωσιμότητα.

$$CU_{ghk} = \left[\frac{149/208 - 4 \times \frac{534/208 \times 3}{6(8-4)}}{3+1} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,716 - 0,667}{0,856} \right]^{1/2} = 0,2409$$

Αντίθετα στην περιγραφή του σχήματος 2.2., π.χ., ισχύει:

$$CU_{ghk} = \left[\frac{1,000}{1,000 - 0 \times \frac{6(8-4)}{3+1}} \right]^{1/2} = 1,0000$$

Στην περιγραφή της τελείας κλίμακωσιμότητας του σχήματος 2.1., π.χ., ισχύει:

$$p(B) \equiv p_{gh}^{(n)} = 1,00.$$

συμπιεσibility/

συνδυασμών - κατά ζεύγη μεταβλητών - ταυτίζεται με την αναλογία των εντός της κλίμακωσιμότητας, $p(B^0)$ μηδενίζεται $\left(\sum_{(n)} p_{gh}^{(n)} \equiv 0 \right)$ ενώ η αναλογία των εντός της κλίμακωσιμότητας συμπιεσibility/ φτάνει την μονάδα στην περιγραφή της τελείας κλίμακωσιμότητας αφού στην περιγραφή αυτή ο στο πλέγμα των μεταβλητών. Αντίθετα, όπως και στην μονοδιάσταση, και πάλι, η σφαιρικότητα Η χαδακτική περιγραφή της μηδενικής τιμής είναι και εδώ οι ισοτιμές συμπιεσibility/ είναι επίσης το διάστημα $[0, +1]$.

Αντίστοιχα προς την μονοδιάσταση, το *διάστημα* τιμών στο οποίο κινείται η σφαιρικότητα

$$\Sigma T: CU_{ghkm} = \left[\frac{0,3215 - 11 \times \frac{0,7500}{10(16-5)}}{4+1} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,3125 - 0,500}{0,7500} \right]^{1/2} = 0$$

$$E: CU_{ghk} = \left[\frac{0,333 - 12 \times \frac{0,667}{12(18-6)}}{5+1} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,333 - 0,500}{0,667} \right]^{1/2} = 0$$

$$\Delta: CU_{ghk} = \left[\frac{0,500 - 4 \times \frac{0,750}{6(8-4)}}{3+1} \right]^{1/2} = \left[\frac{0,500 - 0,667}{0,750} \right]^{1/2} = 0$$

εκ τούτου, η μέτρησή της συνεπάγεται τον προσδιορισμό των πεδίων ορισμού για τα μέτρα της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας έτσι ώστε να μπορέσει να εκφραστεί ως συνάρτησή τους.

Από την προηγούμενη παρατήρηση γίνεται φανερό ότι τα μέτρα της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας όπως ορίζονται με τις σχέσεις (3.6)/(3.8) και (3.16)/(3.18) δεν αποτελούν παρά απόλυτα μέτρα μονοδιάστασης (DI_{gh}) και σωρευτικότητας (CU_{gh}) αντίστοιχα. Ένα γραμμικό, αθροιστικό - ως προς την μονοδιάσταση και την σωρευτικότητα - μέτρο της κλιμακωσιμότητας θα μπορούσε να εκφραστεί ως συνάρτηση των σχετικών μέτρων - RD και RC - και των αντίστοιχων πεδίων ορισμού τους.

Ως πεδίο ορισμού της μονοδιάστασης ορίζεται η αναλογία των ενδιάμεσων συνδυασμών των διασταυρώσεων κατά ζεύγη μεταβλητών και ως πεδίο ορισμού της σωρευτικότητας ορίζεται η αναλογία των ακραίων συνδυασμών, αντίστοιχα. Ισχύουν δηλαδή - τόσο για τις δύο μεταβλητές όσο και για το σύνολο των μεταβλητών της περιγραφής - οι σχέσεις (3.20)/(3.23) που συγκροτούν το προτεινόμενο μοντέλο της κλιμακωσιμότητας:

$$S_{gh} = RC_{gh} + RD_{gh} \quad (3.20)$$

$$RC_{gh} = p_{gh}^{(s+t)} \times CU_{gh} = p_{gh}^{(s+t)} \times \left[\frac{p(B) - p(B^0)}{p_{gh}(\bar{u})} \right] \quad (3.21)$$

$$RD_{gh} = p_{gh}^{(v+u)} \times DI_{gh} = p_{gh}^{(v+u)} \times \left[1 - \frac{f_{gh}^{(u)} \times \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}}{f_{gh}^{(v)} \times f_{gh}^{(\bar{u})}} \right]^{1/2} \quad (3.22)$$

$$p_{gh}^{(s+t)} + p_{gh}^{(v+u)} = 1, \quad p_{gh}^{(s+t)} = f_{gh}^{(s+t)} / n, \quad p_{gh}^{(v+u)} = f_{gh}^{(v+u)} / n \quad (3.23)$$

Οι σχέσεις (3.20)/(3.23) που συναπαρτίζουν το μοντέλο της κλιμακωσιμότητας προσαρμόζονται αυτονόητα (σύμφωνα με τις σχέσεις 3.6/3.8 και 3.16/3.17) και στα ζεύγη των μεταβλητών καθώς και στις μεταβλητές, καθέκαστα· συμφωνώντας έτσι με τα αιτήματα μορφής που θέσαμε (βλ. σχέση 3.1).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, και με βάση τις σχέσεις (3.21) και (3.22) τόσο η σχετική σωρευτικότητα όσο και η σχετική μονοδιάσταση μηδενίζόμενες στην περίπτωση πλεγμάτων συμπεριφορών ίσης πιθανότητας, μηδενίζουν και την κλιμακωσιμότητα. Η μηδενική υπόθεση για την σωρευτικότητα και την μονοδιάσταση ισχύει συνεπώς και για την κλιμακωσιμότητα:

$$H^0S: \begin{cases} f_{gh}^{(u)} = f_{gh}^{(v)} \times \frac{f_{gh}^{(\bar{u})}}{\hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}} \\ p(B) = p(B^0) \end{cases} \quad (3.24)$$

Αντίστοιχα, στην περίπτωση της τέλει κλιμάκωσης, δεδομένου ότι η μονοδιάσταση και η σωρευτικότητα παίρνουν την τιμή 1, η σχετική μονοδιάσταση και η σχετική σωρευτικότητα

ταυτίζονται με τις αναλογίες των ενδιάμεσων και των ακραίων τύπων, αντίστοιχα, αποδίδοντας στο άθροισμά τους - την κλιμακωσιμότητα - την τιμή της μονάδας:

$$\left. \begin{array}{l} \sum f_{gh.} \in B=n \\ \text{ή} \\ \sum f_{gh.}^{(u)} = 0 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} CU_{gh.} = DI_{gh.} = 1 \\ S_{gh.} = RC_{gh.} + RD_{gh.} = 1 \\ RC_{gh.} = p_{gh.}^{(s+t)} \\ RD_{gh.} = p_{gh.}^{(v+u)} \end{array} \right. \quad (3.25)$$

Σε όλα τα πλέγματα του σχήματος 3.1., π.χ., η κλιμακωσιμότητα είναι μηδενική αφού είναι μηδενικές τόσο η μονοδιάσταση (συνεπώς και η σχετική μονοδιάσταση) όσο και η σωρευτικότητα (συνεπώς και η σχετική σωρευτικότητα).

Στην περίπτωση της τέλει κλιμάκωσης του σχήματος 2.1. η μοναδιαία κλιμάκωση συντίθεται ως εξής:

$$S_{ghk} = p_{ghk}^{(s+t)} \times RC_{ghk} + p_{ghk}^{(v+u)} \times RD_{ghk} = 0,4667 \times 1 + 0,5333 \times 1 = 1$$

Στην περίπτωση αυτή δηλαδή η κλιμακωσιμότητα συντίθεται από σχετική μονοδιάσταση και σχετική σωρευτικότητα αντίστοιχες προς τις αναλογίες των ενδιάμεσων και των ακραίων συνδυασμών της περιγραφής.

Βάση των (3.24) και (3.25), το διάστημα τιμών στο οποίο κινείται η κλιμακωσιμότητα είναι το διάστημα $[0, +1]$. Παίρνει την τιμή 0 στην περίπτωση των πλεγμάτων ισοπίθανων συμπεριφορών και την τιμή 1 στην περίπτωση της τέλει κλιμάκωσης.

Κύριο στοιχείο της μορφής και του τρόπου δόμησης της κλιμακωσιμότητας από την σχετική μονοδιάσταση και την σχετική σωρευτικότητα είναι η συνθήκη εξίσωσης της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας στην περίπτωση δύο διχοτομικών μεταβλητών. Στην περίπτωση αυτή, ισχύουν:

$$\left. \begin{array}{l} f_{gh}^{(s)} = f_{gh}^{(t)} \\ f_{gh}^{(u)} = f_{gh}^{(v)} \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} DI_{gh} \equiv CU_{gh} = \left[1 - \frac{f_{gh}^{(u)}}{\hat{f}_{gh}^{(u)}} \right]^{1/2} \\ S_{gh} = p_{gh}^{(2s)} \times CU_{gh} + p_{gh}^{(2v)} \times CU_{gh} \\ RD_{gh}/RC_{gh} = f_{gh}^{(v+u)} / f_{gh}^{(s+t)} \end{array} \right. \quad (3.26)$$

Στην περίπτωση των δύο διχοτομικών μεταβλητών και όταν

- οι εντός της κύριας συμπεριφοράς ενδιάμεσοι συνδυασμοί έχουν συχνότητα ίση με τους εκτός της κύριας συμπεριφοράς ενδιάμεσους συνδυασμούς
- οι ακραίοι ανώτεροι συνδυασμοί έχουν ίση συχνότητα με τους ακραίους κατώτερους συνδυασμούς

τότε, η μονοδιάσταση ταυτίζεται με την σωρευτικότητα και η κλιμακωσιμότητα είναι ανάλογη

του πόσο η αναμενόμενη συχνότητα των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών ξεπερνάει την αντίστοιχη πραγματική συχνότητα.

Στην ίδια περίπτωση, η κλιμακωσιμότητα παρουσιάζει λόγο σχετικής σωρευτικότητας προς σχετική μονοδιάσταση ίσον προς τον λόγο της συχνότητας των ακραίων συνδυασμών προς αυτή των ενδιάμεσων.

Η συνθήκη (3.26), δικαιώνει, συνεπώς, την επιλογή της μορφής του μοντέλου της κλιμακωσιμότητας και τον τρόπο έκφρασης και σύνθεσής της από την μονοδιάσταση και την σωρευτικότητα.

Δύο ακραία παραδείγματα που ικανοποιούν το πρώτο σκέλος της συνθήκης (3.26) είναι αυτά του σχήματος 3.2.. Από τον προσδιορισμό της κλιμακωσιμότητας, της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας γίνεται φανερό ότι τα παραδείγματα επαληθεύουν τις σχέσεις του δεύτερου σκέλους της συνθήκης. Επαληθεύοντας, συγχρόνως, την διαισθητική αντίληψη ότι στις περιπτώσεις ισότητας των ακραίων και ενδιάμεσων συνδυασμών, η κλιμακωσιμότητα αυξάνει όσο αυξάνουν οι ακραίοι συνδυασμοί ενώ η συνεισφορά της σχετικής μονοδιάστασης και της σχετικής σωρευτικότητας στο μέγεθός της, είναι ανάλογη του λόγου της συχνότητας, των ενδιάμεσων προς αυτήν των ακραίων συνδυασμών.

		H		$f_{gh}^{(s)} = f_{gh}^{(t)} = 40$	$f_{gh}^{(\bar{u})} = 90$			H		$f_{gh}^{(s)} = f_{gh}^{(t)} = 30$	$f_{gh}^{(\bar{u})} = 80$	
G		40	10	50	$f_{gh}^{(v)} = f_{gh}^{(u)} = 10$		G		30	20	50	$f_{gh}^{(v)} = f_{gh}^{(u)} = 20$
		10	40							20		
		50	50	100	$\hat{f}_{gh}^{(u)} = 25, \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})} = 75$				50	50	100	$\hat{f}_{gh}^{(u)} = 25, \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})} = 75$

$$CU_{gh} = \left[\frac{0,90 - 1 \frac{3}{4(4-3)}}{0,90} \right]^{1/2} =$$

$$= \left[\frac{0,90 - 0,75}{0,90} \right]^{1/2} = 0,4082$$

$$CU_{gh} = \left[\frac{0,80 - 1 \frac{3}{4(4-3)}}{0,80} \right]^{1/2} =$$

$$= \left[\frac{0,80 - 0,75}{0,80} \right]^{1/2} = 0,2500$$

$$DI_{gh} = \left[1 - \frac{0,75}{0,90} \right]^{1/2} = CU_{gh} = 0,4082$$

$$DI_{gh} = \left[1 - \frac{0,75}{0,80} \right]^{1/2} = 0,2500$$

$$S_{gh} = 0,80(0,4082) + 0,20(0,4082) =$$

$$= 0,3266 + 0,0816 = 0,4082$$

$$S_{gh} = 0,60(0,2500) + 0,40(0,2500) =$$

$$= 0,1500 + 0,1000 = 0,2500$$

$$RD_{gh}/RC_{gh} = 0,0816/0,3266 = 0,25 = f_{gh}^{(v+u)}/f_{gh}^{(s+t)}$$

$$RD_{gh}/RC_{gh} = 0,1000/0,1500 = 0,6667 = f_{gh}^{(v+u)}/f_{gh}^{(s+t)}$$

Σχήμα 3.2. Δύο παραδείγματα ίσης μονοδιάστασης και σωρευτικότητας.

Στους πίνακες 3.2. και 3.3. παρατίθεται η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας στα παραδείγματα των Nie et al και στα παραδείγματα του Goodman (βλ. κεφ. 2.) σύμφωνα με το προτεινόμενο

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)				ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ													
				f _{abc}	$\hat{f}_{abc}$												
				f _{ab}	f _{ab}	f _{ab}				f _a	f _b	f _c					
(gh.) ∈ B	1	1	1	13	10,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	1	1	0	23	30,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	1	0	0	66	52,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	0	0	0	47	44,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
(gh.) ∉ B	0	1	1	23	9,18	23	23	-	46	23	23	-	46				
	1	0	1	11	18,96	-	-	11	-	11	11	-	11				
	0	0	1	8	15,94	-	8	8	8	8	16	-	16				
	0	1	0	17	25,53	17	-	-	17	17	-	-	17				
Σ _{i,j,k} f _{gh}				208	Σ _{i,j} f _{gh} ^(u)	40	31	19	Σ _i f _g ^(u)	71	59	50	Σ _i f _{gh} ^(u)	90			
Σ _{i,j,k} $\hat{f}_{gh}$				208	Σ _{i,j} f _{gh} ^(v)	77	89	40	Σ _i f _g ^(v)	166	117	129	Σ _i f _{gh} ^(v)	206			
					Σ _{i,j} f _{gh} ^(s+t)	91	88	149	Σ _i f _g ^(s+t)	179	240	237	Σ _i f _{gh} ^(s+t)	328			
					Σ _{i,j} f _{gh} ^($\bar{u}$)	168	177	189	Σ _i f _g ^($\bar{u}$)	345	357	366	Σ _i f _{gh} ^($\bar{u}$)	534			
					Σ _{i,j} $\hat{f}_{gh}$ ^(u)	34,7	25,1	34,9	Σ _i f _g ^($\hat{u}$)	59,8	69,6	60,0	Σ _i $\hat{f}_{gh}$ ^(u)	94,7			
					Σ _{i,j} $\hat{f}_{gh}$ ^($\bar{u}$)	173,3	182,9	173,1	Σ _i $\hat{f}_{g}$ ^($\bar{u}$)	356,2	346,4	356,0	Σ _i $\hat{f}_{gh}$ ^($\bar{u}$)	529,3			
Παράμετροι Προτεινόμενου Μοντέλου				DI _{gh}	0,681	0,800	0,752	DI _g	0,747	0,715	0,789	DI _{gh}	0,747				
				P _{gh} ^(v+u)	0,563	0,577	0,284	P _g ^(v+u)	0,570	0,423	0,430	P _{gh} ^(v+u)	0,474				
				RD _{gh}	0,383	0,462	0,213	RD _g	0,426	0,302	0,340	RD _{gh}	0,354				
				CU _{gh}	0,248	0,242	0,234	CU _g	0,245	0,241	0,238	CU _{gh}	0,241				
				P _{gh} ^(s+t)	0,438	0,423	0,716	P _g ^(s+t)	0,430	0,577	0,570	P _{gh} ^(s+t)	0,526				
				RC _{gh}	0,109	0,102	0,168	RC _g	0,105	0,139	0,135	RC _{gh}	0,127				
				S _{gh}	0,492	0,564	0,381	S _g	0,531	0,441	0,475	S _{gh}	0,481				
Άλλα Μέτρα και δείκτες				X ²										36,4			
				Q	0,217	0,248	0,685										
				Gr										0,811			
				P _{gh} ^($\bar{u}$)	0,808	0,851	0,909	P _g ^($\bar{u}$)	0,829	0,858	0,880	P _{gh} ^($\bar{u}$)	0,856				
				M _{gh}	-0,152	-0,234	0,456	M _g	-0,187	0,153	0,167	M _{gh}	0,050				
				D _{gh}	0,270	0,483	0,356	D _g	0,401	0,330	0,441	D _{gh}	0,392				

Πίνακας 3.2. Η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο στο παράδειγμα των Nie et al.

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)				ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ														
				f	â	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)	f(u)		
				abcd	abcd	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd		
(.gh.) ∈ B	{	1	1	1	1	42	13,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1	1	1	0	23	30,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1	1	0	0	25	28,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1	0	0	0	38	28,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0	0	0	0	20	7,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
(.gh.) ∉ B	{	1	1	0	1	6	12,89	-	-	-	-	-	-	-	6	6	6	
		1	0	1	1	6	13,63	-	-	-	6	6	-	-	12	6	6	
		0	1	1	1	1	3,59	1	1	1	-	-	-	3	1	1	1	
		1	0	1	0	24	30,31	-	-	-	24	-	-	-	24	24	-	24
		0	1	1	0	4	7,98	4	4	-	-	-	-	8	4	4	-	8
		1	0	0	1	7	12,89	-	-	-	-	7	7	-	7	7	14	14
		0	1	0	1	1	3,39	1	-	1	-	-	1	2	1	1	2	3
		0	0	1	1	2	3,59	-	2	2	2	2	-	4	4	4	4	8
		0	1	0	0	6	7,54	6	-	-	-	-	-	6	6	-	-	6
		0	0	1	0	9	7,98	-	9	-	9	-	-	9	9	18	-	18
		0	0	0	1	2	3,39	-	-	2	-	2	2	2	2	2	6	6
				∑ _{i,j} f _{gh} ^(u)	12	16	6	41	17	16	∑ _i f _g ^(u)	34	70	73	39	∑ f _{gh} ^(u)	108	
				∑ _{i,j} f _{gh} ^(v)	75	76	110	38	58	60	∑ _i f _g ^(v)	261	171	174	228	∑ f _{gh} ^(v)	417	
				∑ _{i,j} f _{gh} ^(s+t)	129	124	100	137	141	140	∑ _i f _g ^(s+t)	353	407	401	381	∑ f _{gh} ^(s+t)	771	
				∑ _{i,j} â _{gh} ^(u)	22,5	23,1	14,0	55,5	33,5	32,6	∑ _i â _g ^(u)	59,6	111,5	111,2	80,0	∑ â _{gh} ^(u)	181,2	
				∑ _{i,j} â _{gh} ^(u)	193,5	192,8	202,0	160,5	182,5	183,4	∑ _i â _g ^(u)	588,4	536,5	536,8	568,0	∑ â _{gh} ^(u)	114,8	
Παράμετροι Προτεινόμενου Μοντέλου	{	p _{gh} ^(v+u)	0,403	0,426	0,537	0,366	0,347	0,352	p _g ^(v+u)	0,455	0,372	0,381	0,412	p _{gh} ^(v+u)	0,405			
		DI _{gh}	0,921	0,893	0,973	0,103	0,855	0,869	DI _g	0,936	0,787	0,780	0,917	DI _{gh}	0,870			
		RD _{gh}	0,371	0,380	0,523	0,038	0,297	0,306	RD _g	0,426	0,293	0,297	0,378	RD _{gh}	0,352			
		p _{gh} ^(s+t)	0,597	0,574	0,463	0,634	0,653	0,648	p _g ^(s+t)	0,545	0,628	0,619	0,588	p _{gh} ^(s+t)	0,595			
		CU _{gh}	0,252	0,255	0,249	0,273	0,256	0,255	CU _g	0,252	0,260	0,260	0,253	CU _{gh}	0,256			
		RC _{gh}	0,151	0,146	0,115	0,173	0,167	0,165	RC _g	0,137	0,163	0,161	0,149	RC _{gh}	0,152			
		S _{gh}	0,522	0,527	0,638	0,211	0,464	0,471	S _g	0,563	0,456	0,459	0,527	S _{gh}	0,505			
Άλλα Μέτρα και Δείκτες	{	X ²															104,1	
		Q	0,558	0,388	0,566	0,501	0,644	0,651									0,835	
		Gr							p _g ^(u)	0,948	0,892	0,887	0,940	p _{gh} ^(u)	0,917			
		p _{gh} ^(u)	0,944	0,926	0,972	0,810	0,921	0,926	M _g	0,430	0,372	0,344	0,513	M _{gh}	0,404			
		M _{gh}	0,467	0,309	0,570	0,261	0,493	0,509	D _g	0,769	0,419	0,409	0,708	D _{gh}	0,589			

Πίνακας 3.3. Δεδομένα και Ανάλυση Παραδείγματος Stouffer - Tobby.

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)			ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ													
			f _{abcd}	f̂ _{abcd}	f ^(u) _{ab}	f ^(u) _{ac}	f ^(u) _{ad}	f ^(u) _{bc}	f ^(u) _{bd}	f ^(u) _{cd}	f ^(u) _a	f ^(u) _b	f ^(u) _c	f ^(u) _d	f ^(u) _{abcd}	
(gh.) ∈ B	{	1 1 1 1	23	6,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1 1 1 0	5	7,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1 1 0 0	14	9,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1 0 0 0	8	11,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0 0 0 0	34	11,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
(gh.) ∉ B	{	1 1 0 1	5	8,18	-	-	-	-	-	5	-	-	5	5	5	
		1 0 1 1	8	7,49	-	-	-	8	8	-	-	16	8	8	16	
		0 1 1 1	6	6,29	6	6	6	-	-	-	18	6	6	6	18	
		1 0 1 0	2	8,55	-	-	-	2	-	-	-	2	2	-	2	
		0 1 1 0	3	7,17	3	3	-	-	-	-	6	3	3	-	6	
		1 0 0 1	3	9,91	-	-	-	-	3	3	-	3	3	6	6	
		0 1 0 1	2	8,30	2	-	2	-	-	2	4	2	2	4	6	
		0 0 1 1	9	7,60	-	9	9	9	9	-	18	18	18	18	36	
		0 1 0 0	4	9,47	4	-	-	-	-	-	4	4	-	-	4	
		0 0 1 0	3	8,67	-	3	-	3	-	-	3	3	6	-	6	
		0 0 0 1	8	10,04	-	-	8	-	8	8	8	8	8	24	24	
		∑ _{i,j} f ^(u) _{gh}	15	21	25	22	28	18	∑ _i f ^(u) _g	61	65	61	71	∑ f ^(u) _{.gh.}	129	
		∑ _{i,j} f ^(v) _{gh}	21	30	29	25	26	13	∑ _i f ^(v) _g	80	72	68	68	∑ f ^(v) _{.gh.}	144	
		∑ _{i,j} f ^(s+t) _{gh}	101	86	83	90	83	106	∑ _i f ^(s+t) _g	270	274	282	272	∑ f ^(s+t) _{.gh.}	549	
		∑ _{i,j} f̂ ^(u) _{gh}	31,2	29,7	32,2	32,3	35,0	36,4	∑ _i f̂ ^(u) _g	93,2	98,6	98,5	103,7	∑ f̂ ^(u) _{.gh.}	197,0	
		∑ _{i,j} f̂ ^(ū) _{gh}	105,8	107,3	104,8	104,7	102,0	100,6	∑ _i f̂ ^(ū) _g	317,8	312,4	312,5	307,3	∑ f̂ ^(ū) _{.gh.}	625,0	
Παράμετροι Προτεινόμενου Μοντέλου	{	p ^(v+u) _{gh}	0,263	0,372	0,394	0,343	0,394	0,226	p ^(v+u) _g	0,343	0,333	0,314	0,338	p ^(v+u) _{.gh.}	0,332	
		DI _{gh}	0,617	0,594	0,440	0,446	0,000	0,000	DI _g	0,555	0,430	0,446	0,237	DI _{.gh.}	0,438	
		RD _{gh}	0,162	0,221	0,173	0,153	0,000	0,000	RD _g	0,190	0,143	0,140	0,080	RD _{.gh.}	0,146	
		p ^(s+t) _{gh}	0,737	0,628	0,606	0,657	0,606	0,774	p ^(s+t) _g	0,657	0,667	0,686	0,662	p ^(s+t) _{.gh.}	0,668	
		CU _{gh}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	CU _g	0,000	0,000	0,000	0,000	CU _{.gh.}	0,000	
		RC _{gh}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RC _g	0,000	0,000	0,000	0,000	RC _{.gh.}	0,000	
		S _{gh}	0,162	0,221	0,173	0,153	0,000	0,000	S _g	0,190	0,143	0,140	0,080	S _{.gh.}	0,146	
Άλλα Μέτρα και Δείκτες	{	X ²													119,8	
		Q	0,779	0,487	0,406	0,562	0,398	0,844								
		Gr													0,774	
		p ^(ū) _{gh}	0,891	0,847	0,818	0,839	0,796	0,869	p ^(ū) _g	0,852	0,842	0,852	0,827	p ^(ū) _{.gh.}	0,843	
		M _{gh}	0,520	0,294	0,224	0,319	0,201	0,506	M _g	0,345	0,341	0,381	0,315	M _{.gh.}	0,345	
D _{gh}		0,167	0,176	0,074	0,064	-0,037	-0,161	D _g	0,135	0,051	0,054	-0,022	D _{.gh.}	0,055		

Πίνακας 3.3. Δεδομένα και Ανάλυση Παραδείγματος M^c Hugh.

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)			ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ		$f_{ab}^{(u)}$	$f_{ac}^{(u)}$	$f_{ad}^{(u)}$	$f_{bc}^{(u)}$	$f_{bd}^{(u)}$	$f_{cd}^{(u)}$	$f_{ab}^{(u)}$				$f_{abcd}^{(u)}$					
			f_{abcd}	$\hat{f}_{abcd}$							$f_a^{(u)}$	$f_b^{(u)}$	$f_c^{(u)}$	$f_d^{(u)}$						
(gh.) ∈ B _g	{	1 1 1 1	75	18,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
		1 1 1 0	69	53,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
		1 1 0 0	96	125,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
		1 0 0 0	199	209,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
		0 0 0 0	229	117,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
(gh.) ∉ B	{	1 1 0 1	55	42,6	-	-	-	-	-	55	-	-	55	55	55					
		1 0 1 1	42	30,6	-	-	-	42	42	-	-	84	42	42	84					
		0 1 1 1	3	10,2	3	3	3	-	-	-	9	3	3	3	9					
		1 0 1 0	60	89,8	-	-	-	60	-	-	-	60	60	-	60					
		0 1 1 0	16	30,0	16	16	-	-	-	-	32	16	16	-	32					
		1 0 0 1	45	71,3	-	-	-	-	45	45	-	45	45	90	90					
		0 1 0 1	8	23,9	8	-	8	-	-	8	16	8	8	16	24					
		0 0 1 1	10	17,1	-	10	10	10	10	-	20	20	20	20	40					
		0 1 0 0	52	70,1	52	-	-	-	-	-	52	52	-	-	52					
		0 0 1 0	25	50,3	-	25	-	25	-	-	25	25	50	-	50					
		0 0 0 1	16	40,0	-	-	16	-	16	16	16	16	16	32	48					
$\sum_{i,j} f_{gh}^{(u)}$					79	54	37	137	113	124	$\sum_i f_g^{(u)}$				170	329	315	274	$\sum f_{gh}^{(u)}$	544
$\sum_{i,j} f_{gh}^{(v)}$					346	395	424	211	233	170	$\sum_i f_g^{(v)}$				1165	790	776	827	$\sum f_{gh}^{(v)}$	1779
$\sum_{i,j} f_{gh}^{(s+t)}$					575	551	539	652	654	706	$\sum_i f_g^{(s+t)}$				1665	1881	1909	1899	$\sum f_{gh}^{(s+t)}$	3677
$\sum_{i,j} \hat{f}_{gh}^{(u)}$					134,2	107,6	91,2	187,8	159,0	177,8	$\sum_i \hat{f}_g^{(u)}$				333,0	481,0	473,2	428,0	$\sum \hat{f}_{gh}^{(u)}$	857,6
$\sum_{i,j} \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}$					865,8	892,4	908,8	812,2	841,0	822,2	$\sum_i \hat{f}_g^{(\bar{u})}$				2667,0	2519,0	2526,8	2572,0	$\sum \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}$	5142,4
Παράμετροι Προτεινόμενου Μοντέλου	{	$p_{gh}^{(v+u)}$	0,425	0,449	0,461	0,348	0,346	0,294	$p_g^{(v+u)}$	0,445	0,373	0,364	0,367	$p_{gh}^{(v+u)}$	0,387					
		DI_{gh}	0,886	0,933	0,958	0,624	0,735	0,562	DI_g	0,929	0,779	0,786	0,829	DI_{gh}	0,844					
		RD_{gh}	0,377	0,419	0,442	0,217	0,254	0,165	RD_g	0,413	0,291	0,286	0,304	RD_{gh}	0,327					
		$p_{gh}^{(s+t)}$	0,575	0,551	0,539	0,652	0,654	0,706	$p_g^{(s+t)}$	0,555	0,627	0,636	0,633	$p_{gh}^{(s+t)}$	0,613					
		CU_{gh}	0,683	0,674	0,447	0,706	0,696	0,701	CU_g	0,675	0,695	0,693	0,688	CU_{gh}	0,688					
		RC_{gh}	0,393	0,372	0,241	0,460	0,455	0,495	RC_g	0,375	0,436	0,441	0,435	RC_{gh}	0,421					
S_{gh}					0,770	0,790	0,682	0,677	0,710	0,660	S_g				0,788	0,726	0,727	0,740	S_{gh}	0,748
Άλλα Μέτρα και Δείκτες	{	X^2													377,9					
		Q	0,503	0,557	0,633	0,468	0,466	0,561												
		$p_{gh}^{(\bar{u})}$	0,921	0,946	0,963	0,863	0,887	0,876	$p_g^{(\bar{u})}$	0,943	0,890	0,895	0,909	$p_{gh}^{(\bar{u})}$	0,909					
		M_{gh}	0,411	0,498	0,594	0,271	0,289	0,303	M_g	0,489	0,316	0,334	0,360	M_{gh}	0,366					
		D_{gh}	0,628	0,759	0,839	0,213	0,347	0,156	D_g	0,745	0,412	0,423	0,502	D_{gh}	0,532					

Πίνακας 3.3. Δεδομένα και Ανάλυση Παραδείγματος Lazarsfeld-Stouffer.

μοντέλο. Παρατίθενται επίσης και σχετικά μέτρα και δείκτες της συμβατικής ανάλυσης, προς παραβολή με τις παραμέτρους του προτεινόμενου μοντέλου.

3.3. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.

Στους πίνακες 3.4., 3.5. και 3.6. παρατίθενται ενδεικτικές τιμές του προτεινόμενου μοντέλου για δύο, τρεις και τέσσερες διχοτομικές μεταβλητές, αντίστοιχα:

- στον πίνακα 3.4. παρατίθενται έξη ακολουθίες αύξουσας κλιμακωσιμότητας για έξη ειδικές συναρτήσεις απομάκρυνσης από την μηδενική υπόθεση (δύο διχοτομικών μεταβλητών). Αυτό που ενδιαφέρει εδώ είναι η μεταβολή των τιμών των παραμέτρων των συναρτήσεων ως προς την μεταβολή των παραμέτρων του μοντέλου.
- στον πίνακα 3.5. παρατίθενται δύο σειρές σταθερής αναλογίας συχνοτήτων εντός της κύριας συμπεριφοράς (68% και 80%) για τρεις διχοτομικές μεταβλητές. Και στις δύο σειρές η μεταβολή της αναλογίας των ακραίων προς τις ενδιάμεσες συχνότητες καθώς η μεταβολή της αναλογίας των εντός ως προς τις εκτός της κύριας συμπεριφοράς συχνότητες παραβάλλονται ως προς τις αντίστοιχες μεταβολές στις παραμέτρους του μοντέλου.
- ο πίνακας 3.6. παρουσιάζει δύο αντίστοιχες σειρές με τον πίνακα 3.5. για τέσσερες διχοτομικές μεταβλητές. Και εδώ η αναλογία των εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών είναι σταθερή σε κάθε μια σειρά (67% και 78% αντίστοιχα). Και εδώ η μεταβολή των ιδίων αναλογιών όπως στον πίνακα 3.5. παραβάλλεται με την μεταβολή των παραμέτρων του μοντέλου.

Και στις τρεις περιπτώσεις ακολουθιών/πινάκων, ο συνολικός αριθμός αντικειμένων είναι ο ίδιος ($n = 100$) ώστε να είναι δυνατές οι μεταξύ πινάκων παραβολές. Επίσης, και στις τρεις περιπτώσεις εκτός από τις παραμέτρους του προτεινόμενου μοντέλου (σχετικές και απόλυτες σωρευτικότητες, μονοδιαστάσεις, και κλιμακωσιμότητες) δίδονται και ο σχετικός δείκτης χι-τετράγωνο (χ^2)*, ο συντελεστής κίου (Q), ο συντελεστής αναπαραγωγής του Guttman (Gr), η αναλογία των εντός της κύριας συμπεριφοράς ζευγών μεταβλητών ($p_{gh}^{(u)}$), ο δείκτης του

* Για την ανάλυση που επιχειρείται η συνθήκη ανεξαρτησίας (μηδενική υπόθεση) προς την οποία παραβάλλονται οι τιμές του χι-τετράγωνο είναι για τους τρεις πίνακες, και για επίπεδο βεβαιότητας 0,999:

-πίνακας 3.4.: 1 βαθμός ελευθερίας (βε), $\chi^2(H^0)=10,8$

-πίνακας 3.5.: 4 βε, $\chi^2(H^0)=18,5$ και για τις περιπτώσεις Δ και Ε: 2 βε, $\chi^2(H^0)=13,8$

-πίνακας 3.6.: 11 βε, $\chi^2(H^0)=31,3$ και για τις περιπτώσεις Δ και Ε: 7 βε, $\chi^2(H^0)=24,3$

Σημειώνεται ότι οι βαθμοί ελευθερίας σε κάθε περίπτωση υπολογίστηκαν με την σχέση $(|i| \times |j| \times |k| \times \dots \times |w| - 1) - (|i-1| + |j-1| + \dots + |w-1|)$. Ως το γινόμενο, δηλαδή, των φατνίων του πίνακα πλην 1 από το οποίο αφαιρείται ο αριθμός των πιθανοτήτων που υπολογίζονται για τον έλεγχο της υποθέσεως ανεξαρτησίας (βλ. Everitt 1978). Υπολογισμός ταυτόσημος, στην περίπτωση των διχοτομικών μεταβλητών, με αυτόν του Goodman (1975): $βε = 2^m - (m+1)$. Η διαφοροποίηση των βε στις περιπτώσεις Δ και Ε των πινάκων 3.5. και 3.6. οφείλεται στα μηδενικά φατνία που είναι δύο στον πίνακα 3.5. και τέσσερα στον πίνακα 3.6.

ΔΕΙΚΤΕΣ $s=t=25$, $v \geq u$, $25 \leq v \leq 49$, $25 \geq u \geq 1$

<table><tr><td>25</td><td>25</td></tr><tr><td>25</td><td>25</td></tr></table>		25	25	25	25	<table><tr><td>25</td><td>26</td></tr><tr><td>24</td><td>25</td></tr></table>		25	26	24	25	<table><tr><td>25</td><td>27</td></tr><tr><td>23</td><td>25</td></tr></table>		25	27	23	25	<table><tr><td>25</td><td>28</td></tr><tr><td>22</td><td>25</td></tr></table>		25	28	22	25	<table><tr><td>25</td><td>32</td></tr><tr><td>18</td><td>25</td></tr></table>		25	32	18	25	<table><tr><td>25</td><td>33</td></tr><tr><td>17</td><td>25</td></tr></table>		25	33	17	25	<table><tr><td>25</td><td>34</td></tr><tr><td>16</td><td>25</td></tr></table>		25	34	16	25	<table><tr><td>25</td><td>46</td></tr><tr><td>4</td><td>25</td></tr></table>		25	46	4	25	<table><tr><td>25</td><td>47</td></tr><tr><td>3</td><td>25</td></tr></table>		25	47	3	25	<table><tr><td>25</td><td>48</td></tr><tr><td>2</td><td>25</td></tr></table>		25	48	2	25	<table><tr><td>25</td><td>49</td></tr><tr><td>1</td><td>25</td></tr></table>		25	49	1	25
25	25																																																																
25	25																																																																
25	26																																																																
24	25																																																																
25	27																																																																
23	25																																																																
25	28																																																																
22	25																																																																
25	32																																																																
18	25																																																																
25	33																																																																
17	25																																																																
25	34																																																																
16	25																																																																
25	46																																																																
4	25																																																																
25	47																																																																
3	25																																																																
25	48																																																																
2	25																																																																
25	49																																																																
1	25																																																																
X ²	0	0,000	0,000	0,001	0,040	0,069	0,112	4,587	5,764	7,203	8,963																																																						
Q	0	0,001	0,003	0,007	0,041	0,054	0,069	0,545	0,632	0,734	0,855																																																						
Gr	0,750	0,760	0,770	0,780	0,820	0,830	0,840	0,960	0,970	0,980	0,990																																																						
M	0	0,000	0,002	0,004	0,027	0,036	0,048	0,524	0,617	0,726	0,852																																																						
D	0	0,040	0,080	0,120	0,280	0,320	0,360	0,840	0,880	0,920	0,960																																																						
DI	0	0,278	0,385	0,464	0,664	0,699	0,731	0,958	0,969	0,980	0,990																																																						
RD	0	0,139	0,193	0,232	0,332	0,350	0,365	0,479	0,485	0,490	0,495																																																						
CU	0	0,115	0,161	0,196	0,292	0,310	0,327	0,468	0,476	0,484	0,492																																																						
RC	0	0,057	0,081	0,098	0,146	0,155	0,164	0,234	0,236	0,242	0,246																																																						
S	0	0,196	0,273	0,330	0,478	0,505	0,529	0,713	0,721	0,732	0,741																																																						

ΔΕΙΚΤΕΣ $s+t \geq v+u$, $s=t$, $v=u$, $50 \leq s+t \leq 98$, $50 \geq v+u \geq 2$

	<table><tr><td>25</td><td>25</td></tr><tr><td>25</td><td>25</td></tr></table>	25	25	25	25	<table><tr><td>26</td><td>24</td></tr><tr><td>24</td><td>26</td></tr></table>	26	24	24	26	<table><tr><td>27</td><td>23</td></tr><tr><td>23</td><td>27</td></tr></table>	27	23	23	27	<table><tr><td>28</td><td>22</td></tr><tr><td>22</td><td>28</td></tr></table>	28	22	22	28	<table><tr><td>31</td><td>18</td></tr><tr><td>18</td><td>32</td></tr></table>	31	18	18	32	<table><tr><td>33</td><td>17</td></tr><tr><td>17</td><td>33</td></tr></table>	33	17	17	33	<table><tr><td>34</td><td>16</td></tr><tr><td>16</td><td>34</td></tr></table>	34	16	16	34	<table><tr><td>46</td><td>4</td></tr><tr><td>4</td><td>46</td></tr></table>	46	4	4	46	<table><tr><td>47</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>47</td></tr></table>	47	3	3	47	<table><tr><td>48</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>48</td></tr></table>	48	2	2	48	<table><tr><td>49</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>49</td></tr></table>	49	1	1	49
25	25																																																						
25	25																																																						
26	24																																																						
24	26																																																						
27	23																																																						
23	27																																																						
28	22																																																						
22	28																																																						
31	18																																																						
18	32																																																						
33	17																																																						
17	33																																																						
34	16																																																						
16	34																																																						
46	4																																																						
4	46																																																						
47	3																																																						
3	47																																																						
48	2																																																						
2	48																																																						
49	1																																																						
1	49																																																						
X ²	0	0,160	0,640	1,440	7,84	10,24	12,96	70,56	77,44	84,64	92,16																																												
Q	0	0,079	0,159	0,237	0,519	0,581	0,637	0,985	0,992	0,997	0,999																																												
Gr	0,750	0,760	0,770	0,780	0,820	0,830	0,840	0,960	0,970	0,980	0,990																																												
M	0	0,040	0,080	0,120	0,280	0,320	0,360	0,840	0,880	0,920	0,960																																												
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																												
DI	0	0,115	0,161	0,196	0,292	0,310	0,327	0,468	0,476	0,484	0,492																																												
RD	0	0,055	0,074	0,086	0,105	0,106	0,105	0,037	0,029	0,019	0,010																																												
CU	0	0,115	0,161	0,196	0,292	0,310	0,327	0,468	0,476	0,484	0,492																																												
RC	0	0,060	0,087	0,110	0,187	0,205	0,223	0,430	0,448	0,465	0,482																																												
S	0	0,115	0,161	0,196	0,292	0,310	0,327	0,468	0,476	0,484	0,492																																												

ΔΕΙΚΤΕΣ $s=t=1$, $v-u \geq 18$, $58 \leq v \leq 97$, $40 \geq u \geq 1$

	<table><tr><td>1</td><td>58</td></tr><tr><td>40</td><td>1</td></tr></table>	1	58	40	1	<table><tr><td>1</td><td>59</td></tr><tr><td>39</td><td>1</td></tr></table>	1	59	39	1	<table><tr><td>1</td><td>60</td></tr><tr><td>38</td><td>1</td></tr></table>	1	60	38	1	<table><tr><td>1</td><td>61</td></tr><tr><td>37</td><td>1</td></tr></table>	1	61	37	1	<table><tr><td>1</td><td>71</td></tr><tr><td>27</td><td>1</td></tr></table>	1	71	27	1	<table><tr><td>1</td><td>72</td></tr><tr><td>26</td><td>1</td></tr></table>	1	72	26	1	<table><tr><td>1</td><td>73</td></tr><tr><td>25</td><td>1</td></tr></table>	1	73	25	1	<table><tr><td>1</td><td>94</td></tr><tr><td>4</td><td>1</td></tr></table>	1	94	4	1	<table><tr><td>1</td><td>95</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td></tr></table>	1	95	3	1	<table><tr><td>1</td><td>96</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td></tr></table>	1	96	2	1	<table><tr><td>1</td><td>97</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	97	1	1
1	58																																																						
40	1																																																						
1	59																																																						
39	1																																																						
1	60																																																						
38	1																																																						
1	61																																																						
37	1																																																						
1	71																																																						
27	1																																																						
1	72																																																						
26	1																																																						
1	73																																																						
25	1																																																						
1	94																																																						
4	1																																																						
1	95																																																						
3	1																																																						
1	96																																																						
2	1																																																						
1	97																																																						
1	1																																																						
X ²	91,90	91,84	91,77	91,69	90,33	90,11	89,88	62,33	54,70	43,08	23,699																																												
Q	-0,999	-0,999	-0,999	-0,999	-0,999	-0,999	-0,999	-0,995	-0,993	-0,990	-0,980																																												
G r	0,600	0,610	0,620	0,630	0,730	0,740	0,750	0,960	0,970	0,980	0,990																																												
M	-1,380	-1,438	-1,498	-1,562	-2,329	-2,567	-2,698	-15,000	-17,750	-21,222	-24,000																																												
D	0,184	0,204	0,224	0,245	0,429	0,469	0,490	0,918	0,939	0,959	0,980																																												
DI	0,209	0,300	0,366	0,420	0,701	0,740	0,750	0,978	0,983	0,989	0,995																																												
RD	0,205	0,294	0,359	0,411	0,687	0,725	0,735	0,958	0,964	0,970	0,975																																												
CU	-	-	-	-	-	-	0	0,468	0,476	0,484	0,492																																												
RC	-	-	-	-	-	-	0	0,009	0,010	0,010	0,010																																												
S	0,205	0,294	0,359	0,411	0,687	0,725	0,735	0,967	0,973	0,979	0,985																																												

Πίνακας 3.4. Η μεταβολή των τιμών της κλιμακωσιμότητας σε χαρακτηριστικές περιπτώσεις (διχοτομικές) μεταβλητές.

Σημείωση: $df = (rc-1) - (r-1) - (c-1) = (4-1) - (2-1) - (2-1) = 3 - 1 - 1 = 1$, το $p_{gh}^{(u)}$: ταυτίζεται με το δείκτη Guttman.

ΔΕΙΚΤΕΣ $s+t \geq v+u$, $s=t$, $v-u \geq 0$, $50 \leq s+t \leq 74$, $50 \geq v+u \geq 4$

	25	25	26	25	27	25	28	25	30	25	31	25	32	25	34	25	25	25	36	25	37	25
	25	25	23	26	21	27	19	28	15	30	13	31	11	32	7	34	5	35	3	36	1	37
X^2	0		0,160		0,670		1,540		4,50		6,66		9,34		16,45		21,01		26,34		32,54	
Q	0		0,081		0,163		0,245		0,412		0,495		0,577		0,737		0,815		0,891		0,964	
Gr	0,750		0,770		0,790		0,810		0,850		0,870		0,890		0,930		0,950		0,970		0,990	
M	0		0,042		0,089		0,140		0,259		0,329		0,405		0,584		0,688		0,803		0,931	
D	0		0,042		0,087		0,136		0,250		0,316		0,389		0,563		0,667		0,786		0,923	
DI	0		0,303		0,426		0,519		0,661		0,720		0,773		0,866		0,907		0,946		0,983	
RD	0		0,146		0,198		0,228		0,264		0,273		0,278		0,277		0,272		0,265		0,255	
CU	0		0,161		0,225		0,272		0,343		0,371		0,397		0,440		0,459		0,476		0,492	
RC	0		0,084		0,122		0,152		0,206		0,230		0,254		0,299		0,321		0,343		0,364	
S	0		0,229		0,318		0,381		0,470		0,504		0,532		0,576		0,593		0,608		0,620	

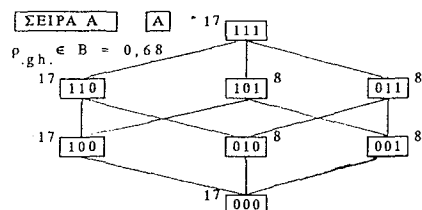
ΔΕΙΚΤΕΣ $s+t \geq v+u$, $s=t$, $v-u = 2$, $50 \leq s+t \leq 96$, $50 \geq v+u \geq 4$

	25	25	26	25	27	24	28	25	33	18	34	17	35	16	45	6	46	5	47	4	48	3
	25	25	23	26	22	27	21	28	16	33	15	34	14	35	4	45	3	46	2	47	1	48
X^2	0		0,160		0,650		1,45		10,27		13,00		16,04		64,12		70,68		77,57		84,78	
Q	0		0,081		0,160		0,238		0,582		0,639		0,691		0,977		0,986		0,993		0,997	
Gr	0,750		0,770		0,780		0,790		0,840		0,850		0,860		0,960		0,970		0,980		0,990	
M	0		0,044		0,084		0,125		0,334		0,375		0,417		0,833		0,875		0,917		0,958	
D	0		0,042		0,043		0,045		0,059		0,063		0,067		0,200		0,250		0,333		0,500	
DI	0		0,303		0,327		0,349		0,443		0,459		0,476		0,687		0,728		0,782		0,863	
RD	0		0,146		0,150		0,154		0,150		0,147		0,143		0,069		0,058		0,047		0,035	
CU	0		0,161		0,196		0,225		0,327		0,343		0,358		0,421		0,476		0,455		0,492	
RC	0		0,084		0,106		0,126		0,216		0,233		0,250		0,490		0,438		0,502		0,473	
S	0		0,229		0,256		0,280		0,367		0,380		0,393		0,490		0,496		0,502		0,507	

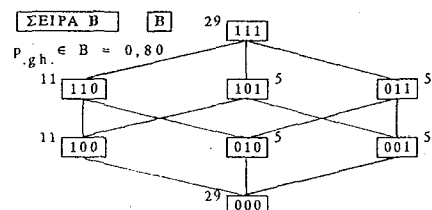
ΔΕΙΚΤΕΣ $s=t$, $v-u \geq 0$, $58 \geq s+t \geq 18$, $42 \leq v+u \leq 82$

	29	21	28	24	27	27	26	30	19	51	18	54	17	57	12	72	11	75	10	78	9	81
	21	29	20	28	19	27	18	26	11	19	10	18	9	17	4	12	3	11	2	10	1	9
X^2	2,56		1,48		0,760		0,310		0,910		1,15		1,36		1,15		0,75		0,28		0	
Q	0,312		0,237		0,174		0,112		-0,217		-0,250		-0,279		-0,333		-0,301		-0,219		0	
Gr	0,790		0,800		0,810		0,820		0,890		0,900		0,910		0,960		0,970		0,980		0,990	
M	0,160		0,132		0,102		0,070		-0,222		-0,276		-0,331		-0,563		-0,531		-0,389		0	
D	0		0,091		0,174		0,250		0,645		0,688		0,727		0,895		0,923		0,950		0,976	
DI	0,225		0,445		0,561		0,640		0,883		0,900		0,916		0,971		0,980		0,987		0,994	
RD	0,095		0,196		0,258		0,307		0,547		0,576		0,604		0,738		0,764		0,790		0,815	
CU	0,225		0,250		0,272		0,292		0,397		0,408		0,419		0,468		0,476		0,484		0,492	
RC	0,131		0,140		0,147		0,152		0,151		0,147		0,143		0,112		0,105		0,097		0,089	
S	0,225		0,336		0,405		0,459		0,698		0,723		0,747		0,851		0,869		0,887		0,904	

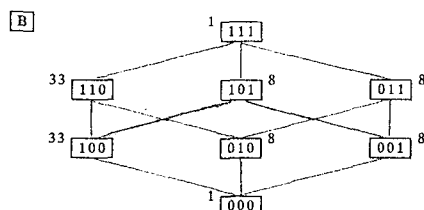
Πίνακας 3.4. (συνεχίζεται...)



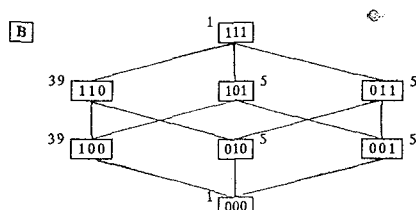
	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	0,360	0,069	0,360				
X^2							6,81
$Gr(\bar{u})$							0,787
$p_{gh}(\bar{u})$	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
M	0,220	0,048	0,220	0,142	0,220	0,142	0,170
D	0,220	0,360	0,220	0,297	0,220	0,297	0,273
DI	0,628	0,731	0,628	0,689	0,628	0,689	0,971
RD	0,257	0,365	0,257	0,314	0,257	0,314	0,295
CU	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
RC	0,074	0,063	0,074	0,069	0,074	0,069	0,071
S	0,332	0,428	0,332	0,382	0,332	0,382	0,366



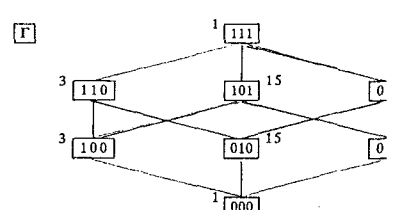
	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	0,790	0,680	0,790				
X^2							61,18
$Gr(\bar{u})$							0,867
$p_{gh}(\bar{u})$	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
M	0,546	0,484	0,546	0,516	0,546	0,516	0,527
D	0,231	0,375	0,231	0,310	0,231	0,310	0,286
DI	0,677	0,770	0,677	0,732	0,677	0,732	0,716
RD	0,176	0,246	0,176	0,212	0,176	0,212	0,201
CU	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304
RC	0,225	0,207	0,225	0,216	0,225	0,216	0,219
S	0,401	0,453	0,401	0,428	0,401	0,428	0,420



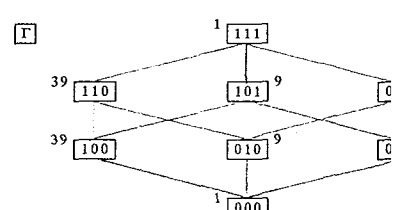
	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	-0,364	-0,858	-0,364				
X^2							32,27
$Gr(\bar{u})$							0,787
$p_{gh}(\bar{u})$	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
M	-0,280	-1,560	-0,280	-0,707	-0,280	-0,707	-0,536
D	0,439	0,610	0,439	0,540	0,439	0,540	0,510
DI	0,770	0,854	0,770	0,823	0,770	0,823	0,809
RD	0,439	0,700	0,439	0,572	0,439	0,572	0,528
CU	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
RC	0,054	0,023	0,054	0,038	0,054	0,038	0,044
S	0,493	0,723	0,493	0,610	0,493	0,610	0,572



	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	-0,294	-0,912	-0,294				
X^2							33,03
$Gr(\bar{u})$							0,867
$p_{gh}(\bar{u})$	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
M	-0,250	2,906	-0,250	-0,894	-0,250	-0,894	-0,616
D	0,630	0,773	0,630	0,718	0,630	0,718	0,964
DI	0,876	0,928	0,876	0,910	0,876	0,910	0,901
RD	0,473	0,817	0,473	0,646	0,473	0,646	0,589
CU	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304
RC	0,140	0,037	0,140	0,088	0,140	0,088	0,106
S	0,613	0,853	0,613	0,734	0,613	0,734	0,694

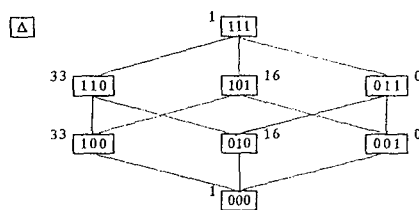


	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	-0,837	-0,320	-0,837				
X^2							2
$Gr(\bar{u})$							0
$p_{gh}(\bar{u})$	0,840	0,980	0,840	0,910	0,840	0,910	0
M	-0,778	0,383	-0,778	-0,471	-0,778	-0,471	-0
D	0,500	0,941	0,500	0,727	0,500	0,727	0
DI	0,799	0,985	0,799	0,915	0,799	0,915	0
RD	0,512	0,670	0,512	0,604	0,512	0,604	0
CU	0,126	0,117	0,126	0,121	0,126	0,121	0
RC	0,045	0,037	0,045	0,041	0,045	0,041	0
S	0,557	0,707	0,557	0,645	0,557	0,645	0

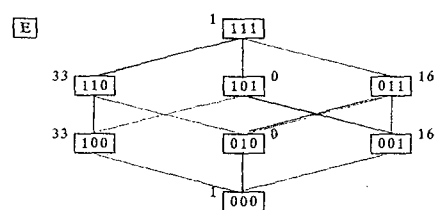


	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	-0,714	-0,219	-0,714				
X^2							1
$Gr(\bar{u})$							0
$p_{gh}(\bar{u})$	0,900	0,980	0,900	0,940	0,900	0,940	0
M	-0,667	0,389	-0,667	-0,613	-0,667	-0,613	-0
D	0,655	0,950	0,655	0,826	0,655	0,826	0
DI	0,885	0,997	0,885	0,950	0,885	0,950	0
RD	0,513	0,790	0,513	0,656	0,513	0,656	0
CU	0,304	0,292	0,304	0,289	0,304	0,289	0
RC	0,128	0,058	0,128	0,092	0,128	0,092	0
S	0,641	0,848	0,641	0,748	0,641	0,748	0

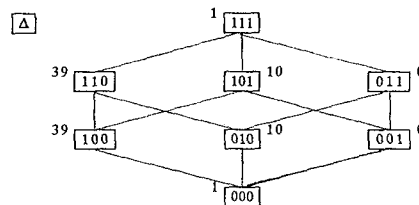
Πίνακας 3.5. Η μεταβολή των παραμέτρων της κλιμακωσιμότητας σε δύο σειρές δεδομένων σταθερής αναλογίας συχνότητας κύριας συμπεριφοράς (3 διχοτομικές μεταβλητές).



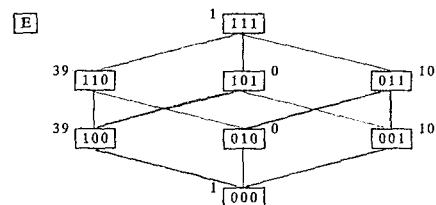
	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	-0,917	1,000	-0,917				
X ²							36,09
Gr							0,787
P _{gh} ^(u)	0,840	1,000	0,840	0,920	0,840	0,920	0,883
M	-0,882	1,000	-0,882	-0,405	-0,829	-0,405	-0,607
D	0,600	1,000	0,600	0,756	0,550	0,756	0,674
DI	0,803	1,000	0,803	0,926	0,803	0,926	0,892
RD	0,522	0,660	0,522	0,607	0,522	0,607	0,583
CU	0,642	0,589	0,642	0,614	0,642	0,614	0,623
RC	0,225	0,200	0,225	0,212	0,225	0,212	0,216
S	0,747	0,860	0,747	0,818	0,747	0,818	0,799



	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	0,045	-0,999	0,045				
X ²							91,25
Gr							0,787
P _{gh} ^(u)	0,840	0,680	0,840	0,760	0,840	0,760	0,787
M	0,030	-1,939	0,030	-0,753	0,030	-0,753	
D	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347
DI	0,720	0,604	0,720	0,670	0,720	0,670	0,688
RD	0,353	0,592	0,353	0,493	0,353	0,493	0,450
CU	0,413	0,714	0,413	0,675	0,642	0,675	0,664
RC	0,211	0,014	0,211	0,179	0,328	0,179	0,230
S	0,563	0,606	0,563	0,672	0,680	0,672	0,680

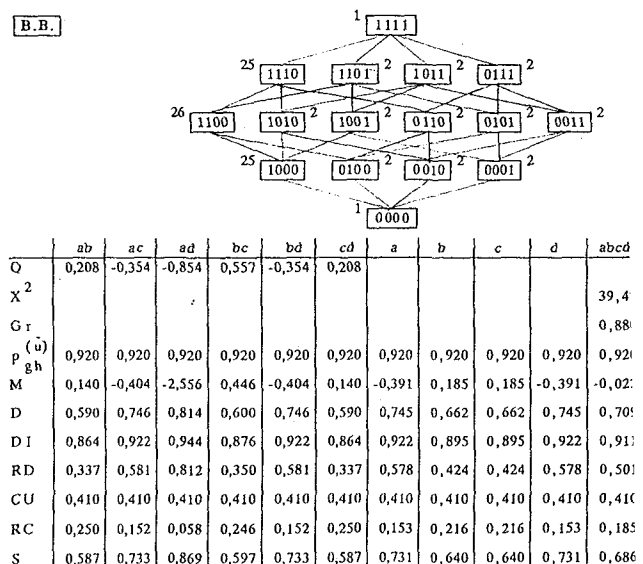
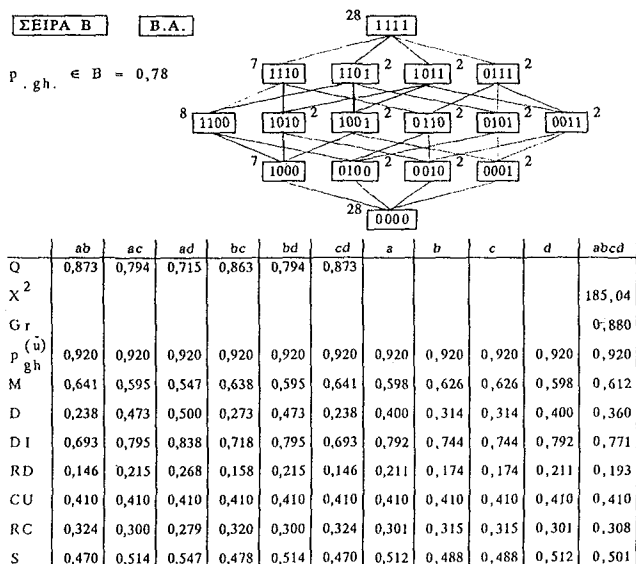
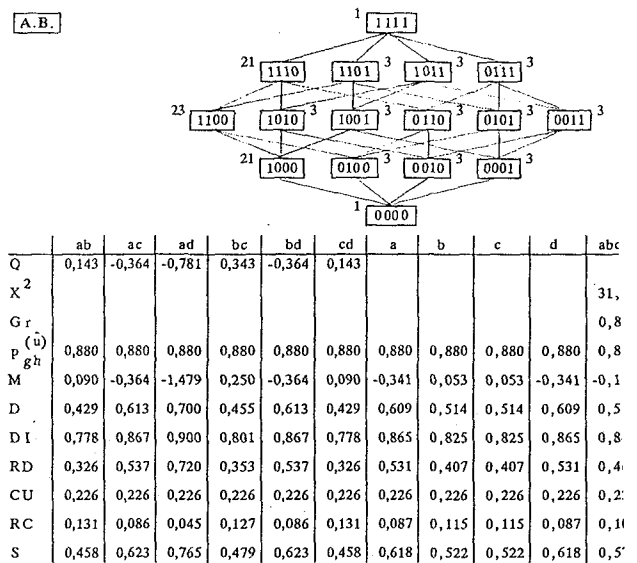
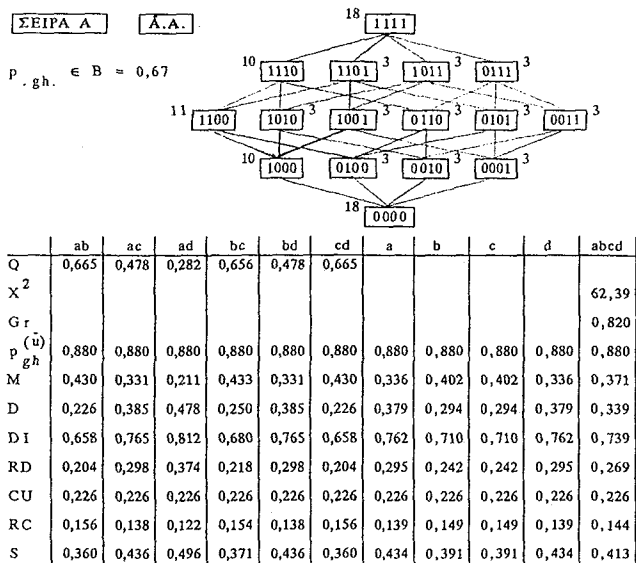


	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	-0,849	1,000	-0,849				
X ²							18,08
Gr							0,867
P _{gh} ^(u)	0,900	1,000	0,900	0,950	0,900	0,950	0,933
M	-0,818	1,000	-0,818	-0,490	-0,818	-0,490	-0,638
D	0,661	1,000	0,661	0,854	0,661	0,854	0,796
DI	0,886	1,000	0,886	0,959	0,886	0,959	0,940
RD	0,523	0,780	0,523	0,657	0,523	0,657	0,614
CU	0,680	0,646	0,680	0,662	0,680	0,662	0,668
RC	0,279	0,142	0,279	0,209	0,279	0,209	0,232
S	0,802	0,922	0,802	0,866	0,802	0,866	0,846

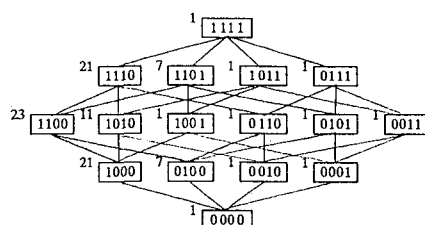


	ab	ac	bc	a	b	c	abc
Q	0,060	-0,999	-0,060				
X ²							88,43
Gr							0,867
P _{gh} ^(u)	0,900	0,800	0,900	0,850	0,900	0,850	0,867
M	0,048	-3,535	0,048	-1,012	0,048	-1,012	-0,574
D	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592
DI	0,863	0,833	0,863	0,849	0,863	0,849	0,854
RD	0,423	0,816	0,423	0,624	0,423	0,624	0,558
CU	0,680	0,722	0,680	0,700	0,680	0,700	0,693
RC	0,347	0,014	0,347	0,186	0,347	0,186	0,240
S	0,770	0,831	0,770	0,810	0,770	0,810	0,801

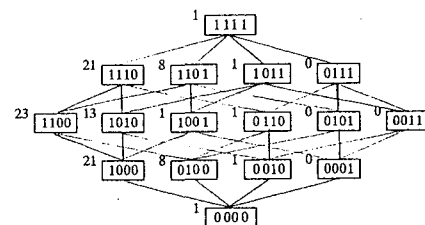
Πίνακας 3.5. (συνεχίζεται...)



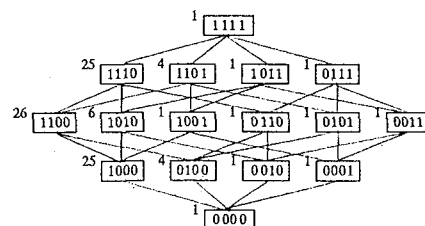
Πίνακας 3.6. Η μεταβολή των παραμέτρων της κλιμακωσιμότητας σε 2 σειρές δεδομένων σταθερής αναλογίας συχνότητας κύριας συμπεριφοράς (4 διχοτομικές μεταβλητές).



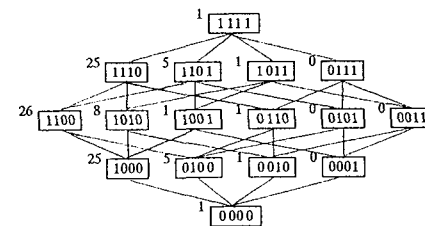
	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd
O	-0,241	0,241	-0,505	0,040	0,241	-0,241					
X ²											13,48
G r											0,830
p _{gh} ^(u)	0,900	0,960	0,960	0,860	0,960	0,900	0,940	0,907	0,907	0,940	0,923
M	-0,152	0,248	-1,041	0,031	0,248	-0,152	-0,128	0,016	0,016	-0,128	-0,036
D	0,546	0,857	0,900	0,462	0,857	0,546	0,800	0,632	0,632	0,800	0,723
D i	0,838	0,961	0,973	0,796	0,961	0,838	0,942	0,880	0,880	0,942	0,916
RD	0,369	0,538	0,778	0,414	0,538	0,369	0,565	0,446	0,446	0,565	0,507
CU	0,224	0,217	0,217	0,229	0,217	0,224	0,219	0,223	0,223	0,219	0,221
RC	0,125	0,095	0,043	0,110	0,095	0,125	0,088	0,110	0,110	0,088	0,099
S	0,494	0,634	0,822	0,524	0,634	0,494	0,653	0,556	0,556	0,653	0,605



	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd
Q	-0,507	0,507	1,000	-0,050	0,507	-0,507					
X^2											16,57
G r											0,835
$P_{gh}^{(u)}$	0,910	0,980	1,000	0,850	0,980	0,910	0,963	0,913	0,913	0,963	0,938
M	-0,320	0,522	1,000	-0,039	0,522	-0,320	0,099	-0,022	-0,022	0,099	0,017
D	0,600	0,927	1,000	0,444	0,927	0,600	0,876	0,662	0,662	0,876	0,777
D I	0,863	0,981	1,000	0,783	0,981	0,863	0,967	0,892	0,892	0,967	0,935
RD	0,388	0,540	0,780	0,423	0,540	0,388	0,574	0,458	0,458	0,574	0,518
CU	0,557	0,537	0,531	0,576	0,537	0,557	0,541	0,556	0,556	0,541	0,545
RC	0,306	0,242	0,117	0,265	0,242	0,306	0,220	0,271	0,271	0,220	0,245
S	0,695	0,782	0,897	0,688	0,781	0,695	0,794	0,729	0,729	0,794	0,763



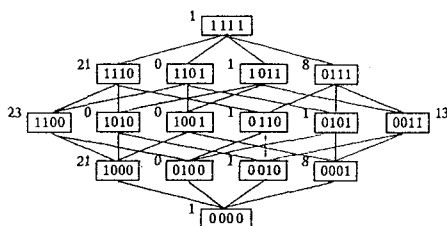
	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd
Q	-0,015	0,015	-0,740	0,427	0,015	-0,015					
X ²											19,22
G _r											0,885
P _{gh} ^(u)	0,930	0,960	0,960	0,910	0,960	0,930	0,950	0,933	0,933	0,950	0,942
M	-0,010	0,017	-2,306	0,343	0,017	-0,010	-0,229	0,190	0,190	-0,229	-0,052
D	0,650	0,687	0,907	0,591	0,687	0,650	0,839	0,703	0,703	0,839	0,788
DI	0,888	0,964	0,975	0,870	0,964	0,888	0,955	0,917	0,917	0,955	0,939
RD	0,355	0,578	0,838	0,383	0,578	0,355	0,592	0,440	0,440	0,592	0,516
CU	0,408	0,402	0,402	0,413	0,402	0,408	0,404	0,408	0,408	0,404	0,406
RC	0,245	0,161	0,056	0,231	0,161	0,245	0,154	0,212	0,212	0,154	0,183
S	0,600	0,739	0,895	0,614	0,739	0,600	0,745	0,652	0,652	0,745	0,698



	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd
Q	-0,296	0,296	1,000	0,339	0,296	-0,296					
X^2											10,4
G_r											0,891
$P_{gh}^{(u)}$	0,940	0,980	1,000	0,900	0,980	0,940	0,973	0,940	0,940	0,973	0,95 ²
M	-0,191	0,324	1,000	0,270	0,324	-0,191	0,074	0,170	0,170	0,074	0,14
D	0,707	0,932	1,000	0,656	0,932	0,707	0,913	0,753	0,753	0,913	0,84
DI	0,909	0,983	1,000	0,857	0,983	0,909	0,977	0,928	0,928	0,977	0,95 ²
RD	0,373	0,580	0,840	0,394	0,580	0,373	0,599	0,452	0,452	0,599	0,52
CU	0,638	0,625	0,618	0,652	0,625	0,638	0,627	0,638	0,638	0,627	0,63
RC	0,376	0,256	0,099	0,352	0,256	0,376	0,242	0,327	0,327	0,242	0,28
S	0,749	0,836	0,939	0,746	0,836	0,749	0,842	0,779	0,779	0,842	0,81

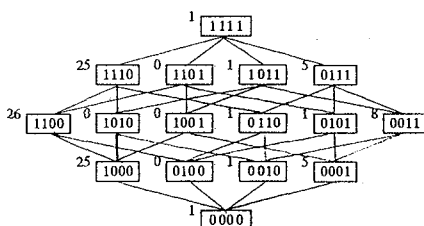
82

A.E.



	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd
Q	0,649	-0,630	-0,993	0,442	-0,623	0,667					
X^2											144,70
G_r											0,770
$p_{gh}^{(u)}$	0,900	0,770	0,700	0,850	0,780	0,910	0,790	0,843	0,843	0,797	0,818
M	0,449	-0,515	-1,841	0,275	-0,528	0,479	-0,435	0,117	0,116	-0,444	-0,132
D	0,375	0,313	0,368	0,231	0,343	0,438	0,351	0,319	0,319	0,377	0,343
DI	0,766	0,651	0,641	0,592	0,681	0,803	0,693	0,705	0,704	0,711	0,706
RD	0,245	0,436	0,609	0,231	0,456	0,257	0,448	0,324	0,324	0,460	0,391
CU	0,560	0,606	0,635	0,576	0,602	0,557	0,598	0,579	0,579	0,595	0,587
RC	0,381	0,200	0,032	0,352	0,199	0,379	0,211	0,321	0,321	0,210	0,262
S	0,626	0,636	0,640	0,582	0,655	0,636	0,659	0,637	0,636	0,670	0,653

B.E.



	ab	ac	ad	bc	bd	cd	a	b	c	d	abcd
Q	0,622	-0,604	-0,992	0,572	0,588	0,656					
X^2											142,72
G_r											0,850
$p_{gh}^{(u)}$	0,930	0,850	0,810	0,900	0,860	0,940	0,863	0,897	0,897	0,870	0,882
M	0,461	-0,623	-3,127	0,419	-0,626	0,507	-0,528	0,201	0,198	-0,535	-0,095
D	0,576	0,546	0,600	0,460	0,576	0,636	0,577	0,544	0,544	0,598	0,570
DI	0,865	0,828	0,840	0,812	0,845	0,890	0,847	0,845	0,845	0,858	0,850
RD	0,285	0,547	0,789	0,300	0,558	0,294	0,548	0,383	0,383	0,555	0,468
CU	0,641	0,671	0,687	0,652	0,667	0,638	0,665	0,653	0,653	0,663	0,659
RC	0,430	0,228	0,034	0,411	0,227	0,427	0,235	0,357	0,357	0,234	0,296
S	0,715	0,775	0,832	0,711	0,784	0,721	0,783	0,740	0,740	0,789	0,764

Πίνακας 3.6. (συνεχίζεται...)

Maitre/Loevinger (M), και ο δείκτης του Degenne (D).

Τόσο οι παράμετροι του μοντέλου όσο και οι άλλες, εκτός των τριών πρώτων, (χ^2 , Q, Gr) παράμετροι δίδονται κατά ζεύγη μεταβλητών, κατά μεταβλητές καθέκαστα, και στο σύνολο της περιγραφής.

Η παραβολή των παραμέτρων του προτεινόμενου μοντέλου σε σχέση:

-με τις αντίστοιχες μεταβολές των δεδομένων

-με τις αντίστοιχες μεταβολές δεικτών και μέτρων της συμβατικής και νεωτέρων προσεγγίσεων,

προσφέρει έναν πλούτο παρατηρήσεων. Παρατηρήσεις που ερμηνεύονται, άλλωστε, από τις θεωρητικές διαφοροποιήσεις μορφής και δομής του προτεινόμενου μοντέλου από τις άλλες προσεγγίσεις (βλ. παρ. 3.1. και 3.2.).

Παρακάτω παρατίθενται τέσσαρες μόνον ομάδες παρατηρήσεων από τους τρεις πίνακες των ενδεικτικών τιμών θεωρούμενες ως ιδιαίτερης σημασίας τόσο για την σύγκριση του προτεινόμενου μοντέλου ως προς τα αντίστοιχα των Maitre (3.3.1.) Degenne (3.3.2.) και Guttman (3.3.3.) όσο και για τον προσδιορισμό αποδεκτών πυλών κλιμακωσιμότητας, μονοδιάστασης και σωρευτικότητας (3.3.4.):

3.3.1. Στην περίπτωση του πλέγματος των συμπεριφορών ίσης πιθανότητας, όπου η κλιμακωσιμότητα του προτεινόμενου μοντέλου μηδενίζεται (μηδενική υπόθεση), μηδενίζονται επίσης και οι τιμές των δεικτών Maitre και Degenne αλλά και οι τιμές των δεικτών συσχέτισεως (χ^2 και Q).

Ωστόσο, τόσο οι τιμές των δεικτών συσχέτισεως όσο και οι τιμές του δείκτη Maitre (Loevinger), μηδενίζονται σε πολύ περισσότερες περιπτώσεις απ' ό,τι ο προτεινόμενος δείκτης κλιμακωσιμότητας* μηδενίζονται σε όλες τις περιπτώσεις όπου ισχύει:

$$f_{gh}^{(v)} \times f_{gh}^{(u)} = f_{gh}^{(s)} \times f_{gh}^{(t)} \quad (3.27)$$

Εκτός της προηγούμενης διαφοροποίησής του από τον προτεινόμενο δείκτη κλιμακωσιμότητας ο δείκτης Maitre παρουσιάζεται συναρτώμενος* με τους δείκτες συσχέτισεως σε όλες τις ακολουθίες του πίνακα 3.4., πράγμα που εξηγεί την κριτική του Degenne (βλ. παρ. 2.4.).

* Η ουσιαστικότερη διαφοροποίηση του δείκτη του Maitre (Loevinger) από τους δείκτες συσχέτισεως βρίσκεται στην περίπτωση της τέλει κλιμακωσιμότητας και μόνον. Εκεί, ενώ οι δείκτες κίου (Q) και φι (Φ) μηδενίζονται σε όλες τις περιπτώσεις των σχέσεων (3.28) και (3.29) αντίστοιχα, ο συντελεστής Maitre μηδενίζεται μόνον στις περιπτώσεις (3.28)δ και (3.29)β όπως, άλλωστε, και η κλιμακωσιμότητα του προτεινόμενου μοντέλου.

$$\alpha. f_{gh}^{(s)} = 0 \quad \eta \quad \beta. f_{gh}^{(t)} = 0 \quad \eta \quad \gamma. f_{gh}^{(v)} = 0 \quad \eta \quad \delta. f_{gh}^{(u)} = 0 \quad (3.28)$$

$$\alpha. f_{gh}^{(s)} = f_{gh}^{(t)} = 0 \quad \eta \quad \beta. f_{gh}^{(u)} = f_{gh}^{(v)} = 0 \quad (3.29)$$

3.3.2. Αντίστοιχα με την αύξηση του ποσοστού των εντός της κύριας συμπεριφοράς συχνοτήτων που συμβαδίζει με την αύξηση του συντελεστή κλιμακωσιμότητας στην δεύτερη ακολουθία τιμών, ο δείκτης Degenne παραμένει αμετάβλητος με μηδενική μάλιστα τιμή. Πράγμα που αποτελεί κύριο σημείο κριτικής του. Άλλο σημείο κριτικής του αποτελεί επίσης η μεγάλη απόκλιση του από την μέγιστη τιμή του, στο μεγαλύτερο μέρος των περιπτώσεων (παράβαλε πίνακες 3.3.4., 3.3.5. και 3.3.6.).

3.3.3. Αν μια μηδενική υπόθεση για τον δείκτη του Degenne θα όφειλε να συμβαδίζει με την μηδενική τιμή των άλλων δεικτών κλιμακωσιμότητας (S, M, D) τότε η τιμή 0 όχι μόνον δεν θα ήταν σταθερή για όλες τις συνθέσεις μεταβλητών αλλά και θα μεταβαλόταν ραγδαία. Έτσι για δύο δίτιμες μεταβλητές θα ήταν 0,75, για τρεις δίτιμες μεταβλητές 0,50, για τέσσερες 0,3125, για πέντε 0,1875 και για έξη 0,1094.

Η διαφοροποίηση αυτή που αντιμετωπίζεται στο προτεινόμενο μοντέλο*, αποτελεί κύρια υστέρηση του δείκτη του Guttman. Άλλη κύρια διαφοροποίησή του είναι αυτή της σχετικής σταθερότητάς του σε περιπτώσεις σημαντικής διαφοροποίησης της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας στον πίνακα της περιγραφής. Παράβαλε π.χ. την σταθερότητα του δείκτη Gt σε όλες τις περιπτώσεις (A/E) του πίνακα 3.5. καθώς και την ελάχιστη διαφοροποίησή του στον πίνακα 3.6..

3.3.4. Οι τιμές 0,500 για την κλιμακωσιμότητα, 0,750 για την μονοδιάσταση και 0,100 για την σωρευτικότητα θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως κατ' αρχήν ικανοποιητικές** για την αποδοχή της κλιμακώσιμης δομής σε μια περιγραφή (παράβαλε πίνακες 3.4., 3.5. και 3.6.).

* Στο προτεινόμενο μοντέλο η διαφοροποίηση της ελάχιστης απαιτούμενης σωρευτικότητας από την τιμή $(m+1)/2^m$ αποτελεί ουσιαστική διόρθωση του συντελεστή σωρευτικότητας από τις τιμές του Guttman (παράβαλε τις σειρές τιμών του πίνακα 3.1.). Αντίστοιχα η εισαγωγή της αναμενόμενης τιμής συχνοτήτων της κύριας συμπεριφοράς διορθώνει την μονοδιάσταση κατά Guttman.

** Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η φύση του συντελεστή κλιμακωσιμότητας όπως προσδιορίζεται από την μορφή και την δομή του δεν επιτρέπει την αποδοχή κάποιας πύλης ως ικανής και αναγκαίας συνθήκης για τον χαρακτηρισμό της περιγραφής όπως, π.χ., σημαίνει με τον συντελεστή της συσχέτισης όπου η σχέση της εξηγούμενης προς την μη εξηγούμενη διασπορά καθορίζει, αυτονόητα, μία πύλη ελέγχου της συσχέτισης.

Έτσι, οι προαναφερόμενες πύλες δεν αποτελούν παρά εμπειρικές εκτιμήσεις. Σημειώνεται πάντως ότι σε περιπτώσεις όπου ο εμπειρικός έλεγχος μπορεί να στηριχθεί σε κάποια τρίτη μεταβλητή (εξαρτώσα ή εξηρημένη, υπονοούμενη ή λανθάνουσα ή συντιθέμενη) μεταβλητή - όπως στην εφαρμογή του κεφ. 4. - η σχετική επάρκεια του μέτρου της κλιμακωσιμότητας ελέγχεται άμεσα. Εφόσον, έτσι, δίνεται η δυνατότητα άμεσου ελέγχου της αξίας του μέτρου της κλιμακωσιμότητας, όχι μόνον ως δείκτη αλλά και ως μέσου αξιολόγησης. Μπορεί να ελεγχθεί δηλαδή η επάρκεια του δείκτη στην παραγωγή μιάς διαβάθμισης που αποδίδει πιστά την τρίτη μεταβλητή.

Πολύ περισσότερο, στην περίπτωση ύπαρξης τρίτης μεταβλητής, το ίδιο το μοντέλο της αξιολόγησης της κλιμακωσιμότητας μπορεί να συγκριθεί με άλλα, εναλλακτικά μοντέλα, διαφορετικών δομών όπως, π.χ., με μοντέλα δομής συσχέτισης (ανάλυση κυρίων συνιστωσών), με μοντέλα μονοτονικότητας των τακτικών σχέσεων ομοιότητας/αποστάσεων (μοντέλα πολυδιάστατης διαβάθμισης) ή και με μοντέλα ανεξάρτητων μεταβλητών (μοντέλα ανάλυσης συμφωνίας/ασυμφωνίας, μεταθέσεων, κ.λπ., βλ. παρ. 1.3.). Μιά τέτοια σύγκριση παρουσιάζεται στο τέταρτο κεφάλαιο (παρ. 4.4.).

3.4. ΠΡΟΤΑΣΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Παρατηρήθηκε ήδη η έλλειψη ανταπόκρισης του δείκτη αναπαραγωγής του Guttman σε ουσιαστικές διαφοροποιήσεις της μονοδιάστασης και σωρευτικότητας (βλ. παρ. 3.3., σημείο 3.3.3.). Περιπτώσεις όπου, ωστόσο, ο δείκτης G_u εμφανίζεται αρκετά ακριβέστερος:

$$G_u = p_{gh}^{(\bar{u})}$$

Ετσι, σε σύνολα μεταβλητών - εκεί όπου ο δείκτης G_u δεν ταυτίζεται με τον δείκτη αναπαραγωγής (όπως π.χ. στα πλέγματα δύο μεταβλητών του πίνακα 3.4.) - προτείνεται η αντικατάσταση του δείκτη αναπαραγωγής G_r με τον δείκτη G_u .

Η τροποποίηση αυτή εδράζεται (και δικαιολογείται θεωρητικά) στο γεγονός ότι ο προτεινόμενος δείκτης G_u αποτιμά το "σφάλμα" του Guttman ως απομάκρυνση από την κύρια συμπεριφορά ανεξάρτητα από το επίπεδο της επίδοσης του συνδυασμού/τύπου. Ενώ, αντίθετα, ο δείκτης του Guttman αποτιμώντας το σφάλμα με βάση την επίδοση κάθε συνδυασμού δεν είναι σε θέση να αποτιμήσει την πραγματική απομάκρυνση από την κύρια συμπεριφορά.

Με αποτέλεσμα "λάθη" όπως αυτά των τύπων 001 ή 011 να θεωρούνται ισότιμα με "λάθη" όπως αυτά των τύπων 010 ή 101 (που βρίσκονται πολύ πλησιέστερα στους εντός της κύριας συμπεριφοράς τύπους 100 και 110) στο πλέγμα των τριών διατεταγμένων μεταβλητών. Πράγμα που δεν συμβαίνει με τον δείκτη G_u (βλ. πίνακες 3.3.5., 3.3.6.).

Σημειώνεται ότι ο δείκτης G_u , ως παράμετρος του προτεινόμενου μοντέλου, διαθέτει, επί πλέον, έναντι του δείκτη αναπαραγωγής του Guttman, και το πλεονέκτημα της αναλυτικότητας. Εκφράζεται δηλαδή όχι μόνον στο σύνολο της περιγραφής αλλά και για κάθε μεταβλητή ή ζεύγος μεταβλητών της.

3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ NIE ET AL ΚΑΙ ΤΟΥ GOODMAN ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.

Στους πίνακες 3.2. και 3.3. παρουσιάστηκε η ανάλυση, με το προτεινόμενο μοντέλο, των δεδομένων των παραδειγμάτων των Nie et al (1980) καθώς και των τριών παραδειγμάτων των Stouffer-Toby, M^c Hugh και Lazarsfeld-Stouffer που χρησιμοποίησε ο Goodman (1975) στην ανάλυση κλιμακωσιμότητας με το μοντέλλο της ημι-ανεξαρτησίας (βλ. παρ. 2.3.2.).

Με βάση τις τιμές των παραμέτρων του προτεινόμενου μοντέλου όπως υπολογίστηκαν στους πίνακες 3.2. και 3.3. μπορούμε να προχωρήσουμε στην ανάλυση του ιδιαίτερου χαρακτήρα της κλιμακωσιμότητας σε κάθε παράδειγμα.

Πολύ περισσότερο, με το προτεινόμενο μοντέλο, μπορούμε να προχωρήσουμε σε τροποποιήσεις της περιγραφής που - παρακάμπτοντας τις αδυναμίες κλιμάκωσης εκεί όπου εκδηλώνονται στην περιγραφή - οδηγούν σε σημαντικές αναλυτικές διαφοροποιήσεις. Τροποποιήσεις που ή αυξάνουν

την κλιμακωσιμότητα της περιγραφής ή υποδεικνύουν διαφορετικά μοντέλα χειρισμού των δεδομένων και ανάλυσης.

3.5.1. Το παράδειγμα των Nie et al.

Η ανάλυση του πίνακα 3.2. προσφέρει μια σειρά από χρήσιμα συμπεράσματα πάνω στον ιδιαίτερο χαρακτήρα της κλιμακωσιμότητας στο παράδειγμα των Nie et al:

3.5.1.1. Όπως και στους γενικούς δείκτες των άλλων προσεγγίσεων έτσι και η κλιμακωσιμότητα με το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει, γενικά, χαμηλές τιμές. Ωστόσο, η ανάλυση με το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει την περιγραφή ως μόλις υπολειπόμενη του αποδεκτού επιπέδου ($0,481 < 0,500$). Αντίθετα με τον δείκτη αναπαραγωγής του Guttman, π.χ., ($0,811 < 0,900$) που υπολείπεται αρκετά άλλα και από τον προταθέντα (βλ. παρ. 3.4.) δείκτη αντικατάστασής του ($G_u = 0,856 > 0,811$).

3.5.1.2. Το προτεινόμενο μοντέλο επιτρέπει την αναλυτικότερη προσέγγιση της συνολικής κλιμακωσιμότητας. Την ανάλυσή της, δηλαδή, σε μονοδιάσταση και σωρευτικότητα αφενός και κατά μεταβλητές και ζεύγη μεταβλητών, αφετέρου.

Η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας σε μονοδιάσταση και σε σωρευτικότητα φανερώνει ότι ενώ το επίπεδο της σωρευτικότητας ξεπερνάει αρκετά το ζητούμενο ($0,241 > 0,100$), το επίπεδο της μονοδιάστασης βρίσκεται στα όρια του απαιτούμενου ($0,747 < 0,750$). Η περιγραφή των Nie et al δηλαδή είναι πολύ περισσότερο σωρευτική απότι μονοδιάστατη.

Κατά μεταβλητές η σωρευτικότητα είναι, γενικά, ικανοποιητική όπως και η μονοδιάσταση. Αντίθετα, η κλιμακωσιμότητα, τόσο της μεταβλητής c όσο και της b, υπολείπεται του απαιτούμενου επιπέδου. Πράγμα που οφείλεται κυρίως στην χαμηλή αναλογία των ενδιάμεσων - κατά ζεύγη - συνδυασμών των μεταβλητών b και c.

Κατά ζεύγη μεταβλητών πολύ χαμηλή κλιμακωσιμότητα παρουσιάζει το ζεύγος b, c ($0,381$) που, παράλληλα, παρουσιάζει και το ψηλότερο επίπεδο συσχέτισης ($Q=0,685$). Παρατήρηση που συμφωνεί και με την χαμηλή κλιμακωσιμότητα των μεταβλητών b και c.

Πάντως το ζεύγος των μεταβλητών b, c παρουσιάζει ικανοποιητική μονοδιάσταση αντίθετα με το ζεύγος των μεταβλητών a, b που παρουσιάζει χαμηλότερη από την απαιτούμενη μονοδιάσταση ($0,681 < 0,700$).

Σύμφωνα με τις προηγούμενες παρατηρήσεις το παράδειγμα των Nie et al δεν ανταποκρίνεται στις προϋποθέσεις κλιμακωσιμότητας που θέτει το προτεινόμενο μοντέλο· όπως άλλωστε συμβαίνει και με την συμβατική ανάλυση των Nie et al.

Ωστόσο, το προτεινόμενο μοντέλο λόγω του αναλυτικού χαρακτήρα του είναι σε θέση να προδιαγράφει με συστηματικό τρόπο την αναγωγή της περιγραφής σε περισσότερο κλιμακώσιμη περιγραφή, έτσι ώστε - μέσω της αναγωγής - να γίνει δυνατή η αξιολόγηση και διαβάθμιση των (νέων) συνδυασμών της.

Με τον όρο τροποποίηση (αναγωγή) της περιγραφής νοείται, μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες επεμβάσεις στον πίνακα των δεδομένων μας:

- (α) *Συναίρεση διαστημάτων μεταβλητών*: η ενοποίηση δηλαδή μιας ή περισσότερων τιμών κάποιας μεταβλητής σε μία τάξη¹ πράγμα που, φυσικά, έχει νόημα σε μεταβλητές περισσότερων των δύο τάξεων.
- (β) *Συναίρεση μεταβλητών*: η ενοποίηση δηλαδή δύο ή περισσότερων μεταβλητών σε ενιαία μεταβλητή.
- (γ) *Αποβολή μεταβλητών*: η απόρριψη δηλαδή κάποιας μεταβλητής εφόσον μειώνει σημαντικά την κλιμακωσιμότητα της περιγραφής, η οποία δεν μπορεί να αυξηθεί μέσω μιας από τις προηγούμενες - (α) ή (β) - τροποποιήσεις της.

Σημειώνεται ότι τροποποίηση στο επίπεδο των αντικειμένων δεν αντιμετωπίζεται εδώ, εφόσον το προτεινόμενο μοντέλο αποδέχεται την ύπαρξη διαφορετικών συμπεριφορών (ετερογενών πληθυσμών) στο σύνολο των αντικειμένων και εφόσον δεν τίθεται θέμα αξιοπιστίας της περιγραφής (σφάλματα μέτρησης ή σφάλματα δείγματος).

Σημειώνεται, επίσης, ότι η αποβολή μεταβλητών, εφόσον πρόκειται για εκτεταμένες αλλαγές πλησιάζει στα όρια είτε της αλλαγής μοντέλου αξιολόγησης είτε του διαχωρισμού της ανάλυσης σε περισσότερες από μία περιγραφές με περισσότερα από ένα μοντέλα αξιολόγησης.

Δεδομένου ότι στο παράδειγμα των Nie et al η συναίρεση διαστημάτων μεταβλητών αποκλείεται (αφού έχουμε δίτιμες μεταβλητές) ενώ η αποβολή μεταβλητής σε ένα σύνολο τριών μόνον μεταβλητών δεν θα είχε νόημα θεωρείται ότι η τροποποίηση θα μπορούσε να ξεκινήσει με την συναίρεση μεταβλητών. Σύμφωνα με το συμπέρασμα 3.5.1.2. η συναίρεση αυτή θα ενδιέφερε ως προς τα ζεύγη των μεταβλητών α και b αφενός και b και c αφετέρου.

Στον πίνακα 3.7. παρουσιάζονται οι νέες περιγραφές και οι αντίστοιχες παράμετροι για τις δύο εναλλακτικές τροποποιήσεις. Με τις τροποποιήσεις αυτές ενώ η μη τροποποιημένη μεταβλητή παραμένει με δύο τιμές η νέα (σύνθετη) μεταβλητή αποκτά τέσσερες διαφορετικές τιμές (βαθμίδες) Έτσι, παρά το ότι οι κλιμακωσιμότητες των νέων μεταβλητών κρίθηκαν ικανοποιητικές δοκιμάστηκε, επίσης, και η συναίρεση των δύο κατώτερων βαθμίδων της σύνθετης μεταβλητής (b & c) που παρατίθενται αντίστοιχα στον πίνακα 3.7..

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εναλλακτικών τροποποιήσεων όλες οι τροποποιήσεις του πίνακα 3.7. θα μπορούσαν να θεωρηθούν ικανοποιητικές² ως ανταποκρινόμενες στις απαιτήσεις της κλιμακωσιμότητας.

Δεδομένου ότι η νοηματική ερμηνεία της τροποποίησης δεν είναι δυνατή εδώ³ όπως δεν είναι δυνατή, επίσης, και η εμπειρική βεβαίωσή της μέσω κάποιας τρίτης, ερμηνευτικής, μεταβλητής (βλ. κεφ. 5.) η μέγιστη κλιμακωσιμότητα θα μπορούσε να επιλέξει την συναίρεση των μεταβλητών α και b (Α' εναλλακτική) ως την καλύτερη τροποποίηση.

* Στο παράδειγμα των Nie et al δεν παρέχεται νοηματική ανάλυση των σχέσεων των τριών μεταβλητών που θα μπορούσε να επιτρέψει την σημασιολογική εξειδίκευση και ερμηνεία της συναίρεσης των μεταβλητών περιγραφής, όπως γίνεται, π.χ., στην εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου στο παράδειγμα του κεφ. 4. .

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Α'

ΣΥΝΑΙΡΕΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ
a & b → d

	(g h)	f _{dc}	$\hat{f}_{dc}$
(g h)	3 3	13	9,519
ε	3 0	23	26,481
B	2 0	66	56,639
	1 0	17	29,423
	0 0	47	40,567
(g h)	1 3	23	10,577
ε	2 3	11	20,361
B	0 3	8	14,543

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

DI_{dc} : 0,782

RD_{dc} : 0,556

CU_{dc} : 0,245

RC_{dc} : 0,071

S_{dc} : 0,620

G_{dc} : 0,049

Β'

ΣΥΝΑΙΡΕΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ
b & c → e

	(g h)	f _{ae}	$\hat{f}_{ae}$
(g h)	3 3	13	19,558
ε	3 2	23	21,731
B	3 1	11	10,322
	3 0	66	61,389
	0 0	47	51,611
(g h)	0 3	23	16,442
ε	0 1	8	8,678
B	0 2	17	18,269

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

DI_{ae} : 0,730

RD_{ae} : 0,520

CU_{ae} : 0,158

RC_{ae} : 0,046

S_{ae} : 0,566

G_{ae} : -0,207

Γ'

ΣΥΝΑΙΡΕΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ b & c
ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ
1 & 0 (B') , b & c → k

	(g h)	f _{ae}	$\hat{f}_{ae}$
(g h)	2 2	13	19,558
ε	2 1	23	21,731
B	2 0	77	71,712
	0 0	55	60,289
(g h)	0 2	23	16,442
ε	0 1	17	18,269
B			

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

DI_{ak} : 0,766

RD_{ak} : 0,516

CU_{ak} : 0,267

RC_{ak} : 0,087

S_{ak} : 0,603

G_{ak} : 0,242

Πίνακας 3.7. : Οι παράμετροι του προτεινόμενου μοντέλου κλιμακωσιμότητας και η συσχέτιση (G) σε εναλλακτικές τροποποιήσεις της περιγραφής (Παράδειγμα Nie et al).

3.5.2. Τα παραδείγματα του Goodman.

Σχετικά με τα παραδείγματα των Stouffer - Toby (I), M^c Hugh (II) και Lazarsfeld - Stouffer (III) που χρησιμοποιεί ο Goodman (1975) στο μοντέλο της ημι-ανεξαρτησίας (βλ. παρ. 2.3.2.) όπως αναλύονται με το προτεινόμενο μοντέλο (βλ. πίνακα 3.3.) συμπεραίνονται:

3.5.2.1. Η εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου στο τρίτο παράδειγμα (III) κρίνεται γενικά, ως ικανοποιητική αφού τόσο η συνολική όσο και οι κατά ζεύγη μεταβλητές κλιμακωσιμότητας ξεπερνούν όλες το απαιτούμενο επίπεδο (0,500). Το ίδιο συμβαίνει και με την σωρευτικότητα. Η συνολική μονοδιάσταση (0,844) είναι επίσης ικανοποιητική όπως και οι τιμές της κατά μεταβλητές. Αντίθετα στα ζεύγη των μεταβλητών b,c και c,d η μονοδιάσταση υπολείπεται της απαιτούμενης (0,624 και 0,562 < 0,700, αντίστοιχα). Δεδομένου ότι οι συσχετίσεις των μεταβλητών θεωρούνται ικανοποιητικές η αντιμετώπιση της χαμηλής μονοδιάστασης των δύο ζευγών θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με συναίρεση βαθμίδων που, εδώ, δεν είναι δυνατή αφού πρόκειται για δίτιμες μεταβλητές.

Αλλωστε και στις δύο περιπτώσεις δεν υπάρχουν ψηλές συσχετίσεις όχι μόνο μεταξύ

των δύο ζευγών (b, c και c, d) αλλά και σε όλα τα ζεύγη των μεταβλητών.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η διαβάθμιση όλων των συνδυασμών (16) του παραδείγματος III είναι εφικτή με το προτεινόμενο μοντέλο, σε αντίθεση με το μοντέλο Goodman που επιτρέπει την διαβάθμιση 12 μόνον συνδυασμών του.

3.5.2.2. Η εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου στο πρώτο παράδειγμα (I) κρίνεται γενικά ως ικανοποιητική. Ωστόσο, και εδώ, όπως στο τρίτο παράδειγμα αν και σε επίπεδο μεταβλητών όλοι οι δείκτες κρίνονται ικανοποιητικοί η μονοδιάσταση του ζεύγους b, c απέχει - σημαντικά μάλιστα - από το ικανοποιητικό όριο της ($0,103 < 0,700$). Η σημαντική διαφοροποίηση του ζεύγους b, c επιβάλλει την δοκιμαστική συναίρεση των μεταβλητών b και c, αφού οι γενικά καλές κλιμακωσιμότητες και των δύο μεταβλητών ως προς τις άλλες (a και d) αποτρέπουν την αποβολή οποιασδήποτε από τις δύο.

3.5.2.3. Η εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου στο δεύτερο παράδειγμα (II), παρουσιάζει την ριζικότερη αντίθεση ανάμεσα στο προτεινόμενο μοντέλο και στην εφαρμογή του μοντέλου Goodman. Σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο οι παράμετροι κλιμακωσιμότητας στο παράδειγμα αυτό είναι τόσο χαμηλές που θα απέτρεπαν οποιαδήποτε διαβάθμιση των συνδυασμών του με βάση την δομή της κλιμάκωσης (δομή Guttman). Όλες οι κλιμακωσιμότητες (συνολική, κατά ζεύγη, κατά μεταβλητές) είναι πολύ χαμηλότερες του αποδεκτού ορίου όπως και όλες οι μονοδιαστάσεις και όλες οι σωρευτικότητες.

Κατά το προτεινόμενο μοντέλο, συνεπώς, η διαβάθμιση των συνδυασμών του (αξιολόγηση) θα μπορούσε να προχωρήσει θεωρώντας τις μεταβλητές της περιγραφής είτε ως ανεξάρτητες (μοντέλα Concordance/Discordance, Regime, Entropy maximizing, κ.λ.π.) είτε ως συσχετιζόμενες (μοντέλα factoring), αλλά όχι ως κλιμακώσιμες.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα 3.5.2.2. επιχειρήθηκε η τροποποίηση της περιγραφής στο παράδειγμα II με δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις: την συναίρεση των μεταβλητών b και c σε ενιαία μεταβλητή τεσσάρων βαθμίδων (εναλλακτική A') και τη συναίρεση των μεταβλητών b και c σε ενιαία μεταβλητή τριών βαθμίδων (εναλλακτική B').

Στην δεύτερη εναλλακτική δηλαδή έχουμε και συναίρεση βαθμίδων αφού οι δύο χαμηλότερες βαθμίδες της σύνθετης μεταβλητής συναιρούνται σε ενιαία. Στον πίνακα 3.8. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δύο εναλλακτικών τροποποιήσεων.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα η συναίρεση των δύο μεταβλητών b και c σε ενιαία μεταβλητή τεσσάρων βαθμίδων (A' εναλλακτική) είναι προτιμότερη. Αφού προσφέρει μεγαλύτερη κλιμακωσιμότητα (0,714) από την B' εναλλακτική πολύ ανώτερη τόσο του επιτρεπτού επιπέδου όσο και της αρχικής ανάλυσης (0,500 και 0,505 αντίστοιχα).

Παρατηρείται επίσης ότι ενώ στην δεύτερη εναλλακτική εφαρμογή η κλιμακωσιμότητα μειώνεται, η συσχέτιση, αντίθετα, αυξάνεται στο επίπεδο των δεικτών G. Πράγμα που ενισχύει την επιλογή της A' εναλλακτικής τροποποίησης.

Α' ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ
(Συναίρεση Μεταβλητών b & c)
b & c → e

		(ghk)	f _{aed}	$\hat{f}_{aed}$
(ghk) ∈ B	{	3 3 3	42	17,189
		3 3 0	23	38,227
		3 2 0	25	20,752
		3 1 0	24	22,390
		3 0 0	38	36,589
		0 0 0	20	9,629
(ghk) ∉ B	{	3 2 3	6	9,331
		3 1 3	6	10,068
		0 3 3	1	4,524
		0 3 0	4	10,060
		3 0 3	7	16,453
		0 2 3	1	2,456
		0 1 3	2	2,650
		0 2 0	6	5,461
		0 1 0	9	5,892
		0 0 3	2	4,330

Β' ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ
(Συναίρεση Μεταβλητών b & c και των δύο
χαμηλότερων βαθμίδων της συνηρημένης)

		(ghk)	f _{aed}	$\hat{f}_{ae \cdot d}$
(ghk) ∈ B	{	2 2 2	42	17,189
		2 2 0	23	38,227
		2 1 0	25	20,752
		2 0 0	62	58,979
		0 0 0	29	15,521
(ghk) ∉ B	{	2 1 2	6	9,331
		2 0 2	13	26,521
		0 2 2	1	4,524
		0 2 0	4	10,060
		0 1 2	1	2,456
		0 0 2	4	6,979
		0 1 0	6	5,461

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

	ae	ad	ed	a	e	d	aed
DI	0,890	0,973	0,875	0,933	0,883	0,928	0,916
RD	0,532	0,523	0,466	0,529	0,499	0,496	0,509
CU	0,419	0,449	0,470	0,459	0,469	0,459	0,462
RC	0,169	0,208	0,220	0,199	0,204	0,214	0,206
S	0,700	0,731	0,686	0,728	0,703	0,710	0,714
G	0,469	0,566	0,623				

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

	ae'	ad	e'd	a	e'	d	ae'd
	0,945	0,973	0,795	0,959	0,893	0,914	0,926
	0,516	0,523	0,302	0,520	0,414	0,419	0,451
	0,475	0,468	0,490	0,471	0,482	0,478	0,477
	0,215	0,217	0,304	0,216	0,259	0,259	0,245
	0,732	0,740	0,606	0,736	0,673	0,678	0,696
	0,549	0,566	0,667				

Πίνακας 3.8. Οι περιγραφές του προτεινόμενου μοντέλου κλιμακωσιμότητας και η συσχέτιση (G) σε εναλλακτικές τροποποιήσεις της περιγραφής (Παράδειγμα Stouffer - Toby).

Η βελτίωση της τροποποίησης, τυπικά, οφείλεται στα εξής:

- η τροποποιημένη περιγραφή έδωσε την δυνατότητα στον μεγαλύτερης συχνότητας συνδυασμό εκτός της κύριας συμπεριφοράς (1010) να ενταχθεί στους εντός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμούς (βλ. πίνακα 3.7.), ενώ
- η αναλογία της αναμενόμενης συχνότητας εντός της κύριας συμπεριφοράς $p_{gh}^{(u)}$, παρέμεινε σταθερή (παράβαλε πίνακες 3.7. και 3.3.).

Η βελτίωση της τροποποίησης **σημασιολογικά** αποδίδεται στο ότι ενώ οι δύο ενδιαμέσες μεταβλητές σύγκρουσης ρόλων (b & c) δεν διακρίνουν, ξεχωριστά, την διάθεση προς καθολικές ή προς ειδικές αξίες σε σχέση με τις δύο άλλες μεταβλητές, συναιρούμενες ορίζουν μια νέα μεταβλητή που συντιθέμενη με τις a και d προσφέρεται πολύ περισσότερο στην δομή της κλιμάκωσης (δομή Guttman).

Στο δεύτερο παράδειγμα (II), αν και - σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο - η σημαντική υστέρηση της κλιμακωσιμότητας από το επιτρεπτό επίπεδο της ($0,146 < 0,500$) αποτρέπει την τροποποίηση της περιγραφής (βλ. 3.5.2.3.), εντούτις, δοκιμάστηκαν πέντε εναλλακτικές τροποποιήσεις της αρχικής περιγραφής οι επιτυχέστερες από τις οποίες είναι αυτές του πίνακα 3.9. .

Α' ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ

(συναίρεση μεταβλητών c & d
(→ e) και των δύο βαθμίδων
-00 & 01- της συνηρημένης)

	(.gh.)	f _{abe}	$\hat{f}_{abe}$
(gh.) ε B	2 2 2	23	10,333
	2 2 1	5	2,920
	2 2 0	19	17,521
	2 0 0	11	21,195
	0 0 0	42	21,506
(gh.) ε B	2 0 2	8	12,499
	0 2 2	6	10,485
	2 0 1	2	3,532
	0 2 1	3	2,963
	0 2 0	6	17,779
	0 0 2	9	12,683
	0 0 1	3	3,584

Β' (ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ) ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ

(συναίρεση -επί πλέον του Α' - των μεταβλητών
α & b (→ e') και των δύο κατώτερων βαθμίδων
- 00 & 01 - της νέας συνηρημένης)

	e'e	f _{e'e}	$\hat{f}_{e'e}$
(gh.) ε B	2 2	23	15,781
	2 1	5	4,460
	2 0	19	26,759
	1 0	11	11,956
	0 0	48	39,285
(gh.) ε B	1 2	8	7,051
	0 2	15	23,168
	1 1	2	1,993
	0 1	6	6,547

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

	ab	ae	be	a	b	e	abe
DI	0,617	0,689	0,556	0,667	0,586	0,634	0,632
RD	0,162	0,292	0,207	0,229	0,186	0,252	0,223
CU	0,343	0,352	0,354	0,348	0,348	0,353	0,350
RC	0,253	0,203	0,222	0,228	0,238	0,212	0,226
S	0,415	0,495	0,429	0,457	0,424	0,464	0,449
G	0,779	0,464	0,509				

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

	e'e
DI	0,423
RD	0,204
CU	0,438
RC	0,227
S	0,431
G	0,420

Πίνακας 3.9. Οι παράμετροι του προτεινόμενου μοντέλου κλιμακωσιμότητας και η συσχέτιση (G) σε δύο, διαδοχικές, τροποποιήσεις της περιγραφής (Παράδειγμα M^c Hugh).

Στην πρώτη τροποποίηση του πίνακα επιχειρήθηκε η συναίρεση των μεταβλητών c και d αφενός, που παρουσιάζουν την χαμηλότερη - κατά ζεύγη - μονοδιάσταση και κλιμακωσιμότητα' αφετέρου στην ίδια τροποποίηση, συναιρούνται οι δύο κατώτερες βαθμίδες της συνηρημένης, σύνθετης, μεταβλητής.

Όπως παρατηρείται στον πίνακα, η τροποποίηση αυτή αν και βελτίωσε σημαντικά την κλιμακωσιμότητα της περιγραφής, δεν μπόρεσε, ωστόσο, να ξεπεράσει το αποδεκτό επίπεδο της. Πράγμα που οφείλεται κυρίως στην χαμηλή συνολική - και επί μέρους - μονοδιάσταση.

Η δεύτερη τροποποίηση αποτελεί διαδοχική τροποποίηση επί της πρώτης' εδώ συναιρούνται οι μεταβλητές a και b, επί πλέον, ενώ και εδώ επιχειρείται μία παράλληλη συναίρεση διαστημάτων: συναιρούνται, και εδώ, οι δύο κατώτερες βαθμίδες της νέας συνηρημένης

μεταβλητής.

Όπως προκύπτει, η νέα τροποποίηση όχι μόνον δεν μπόρεσε να ξεπεράσει το αποδεκτό επίπεδο κλιμακωσιμότητας, αλλά και παρουσίασε σημαντική πτώση σε σχέση με την πρώτη τροποποίηση τόσο στο επίπεδο της κλιμακωσιμότητας όσο και σαυτό της μονοδιάστασης.

Σημειώνεται εξάλλου ότι με τις επιχειρηθείσες τροποποιήσεις το επίπεδο της συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών της περιγραφής - που δεν ήταν πολύ ψηλό ούτε στην αρχική περιγραφή - παρουσίασε μείωση στις τροποποιημένες περιγραφές και, ιδιαίτερα, στην δεύτερη τροποποίηση.

Ετσι, ενώ είναι βέβαιο - σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο - ότι η διαβάθμιση (αξιολόγηση) των συνδυασμών του δεύτερου παραδείγματος δεν μπορεί να εδραστεί στο μοντέλο της κλιμακωτής δομής, δεν είναι αντίστοιχα ασφαλές, ότι θα μπορούσε να εδραστεί στην δομή της συσχέτισης (μοντέλα ανάλυσης παραγόντων). Παραπέμποντας συνεπώς την διαβάθμιση στα μοντέλα της δομής ανεξάρτητων μεταβλητών.

Από τα προηγούμενα, και ιδιαίτερα από την ανάλυση του δεύτερου παραδείγματος γίνεται φανερή η ανεπάρκεια του μοντέλου της ημιανεξαρτησίας* όχι μόνον στη διαβάθμιση, αλλά και στην ανάλυση της εξεταζόμενης περιγραφής. Αντίθετα το προτεινόμενο μοντέλο προσφέρει την δυνατότητα διαβάθμισης όλων των συνδυασμών (βλ. και κεφ. 4.) ενώ, παράλληλα, ο επιμερισμός της κλιμακωσιμότητας προσφέρει την δυνατότητα συστηματικού προσδιορισμού ενδεικνυμένων τροποποιήσεων της περιγραφής ή προσφυγής σε άλλο μοντέλο ανάλυσης.

3.6. ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.

Η διαβάθμιση των συνδυασμών αποβλέπει στην απόδοση μιας αριθμητικής τιμής σε κάθε συνδυασμό της περιγραφής (εναλλακτική της αξιολόγησης).

Στην αξιολόγηση - γενικά - η απόδοση της σχετικής αξίας των εναλλακτικών στηρίζεται στην σύνθεση των επιδόσεων κάθε εναλλακτικής (πίνακας επιδόσεων) με την σχετική αξία των κριτηρίων αξιολόγησης (πίνακας προτεραιοτήτων, βλ. σχήμα 1.1.)

Όπου η σχετική αξία των κριτηρίων της αξιολόγησης δίδεται εκ των προτέρων ή προσδιορίζεται - ανεξάρτητα από τις τιμές του μητρώου των επιδόσεων - με κάποια διαδικασία διατύπωσης προτιμήσεων (stated preferences), όπως, π.χ., στο μοντέλο της διαδικασίας της αναλυτικής ιεραρχίας του Saaty (βλ. παρ. 1.4.).

* Είναι άλλωστε χαρακτηριστικό ότι στο δεύτερο παράδειγμα, το μοντέλο της ημιανεξαρτησίας διακρίνει πέντε μόνο προς διαβάθμιση συνδυασμούς από το σύνολο των 16 (υπόθεση H_1). Ενώ σημαντική αδυναμία προσέγγισης αποτελεί και το γεγονός ότι οι προσφερόμενοι στην διαβάθμιση συνδυασμοί του δεύτερου παραδείγματος είναι όσοι και στο πρώτο παράδειγμα παρά την ουσιαστική υστέρηση της κλιμακωσιμότητας στο δεύτερο έναντι του πρώτου παραδείγματος τόσο ως προς τους δείκτες του προτεινόμενου μοντέλου όσο και ως προς τους δείκτες των συμβατικών προσεγγίσεων (παράβαλε δείκτες Gr, M και D στον πίνακα 3.3.).

Σε μεθόδους αξιολόγησης όπως αυτή της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών ή της αναλύσεως κλιμακωσιμότητας η σχετική αξία των κριτηρίων μπορεί να προσδιοριστεί - και συνήθως έτσι γίνεται (βλ. Clogg 1987, Ρόκος 1984, 1990) - με βάση τον πίνακα των επιδόσεων και την ανάλυσή του.

Στην ανάλυση της κλιμακωσιμότητας, συγκεκριμένα, εφόσον ο δείκτης της κλιμακωσιμότητας κρίνεται ικανοποιητικός ($S_{gh} > 0,500$, $DI_{gh} > 0,750$, $CU_{gh} > 100$, βλ. παρ. 3.3.4.), μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διαβάθμιση.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, εφόσον έχει προσδιοριστεί - με την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας - η κύρια συμπεριφορά, ακολουθεί η απόδοση του ιδιαίτερου βάρους των χαρακτηριστικών της περιγραφής - κριτηρίων της αξιολόγησης. Με βάση το βάρος αυτό προσδιορίζεται η αξία κάθε τύπου συνδυασμού, τόσο της κύριας συμπεριφοράς όσο και των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών.

Κατόπιν η αξία των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών μειώνεται ανάλογα με το πλήθος των λαθών κατά τύπο συμπεριφοράς και τον συντελεστή της κλιμακωσιμότητας.

Στο σχήμα 3.3. παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία της διαβάθμισης από τον πίνακα των επιδόσεων έως την εμπειρική βεβαίωσή της.

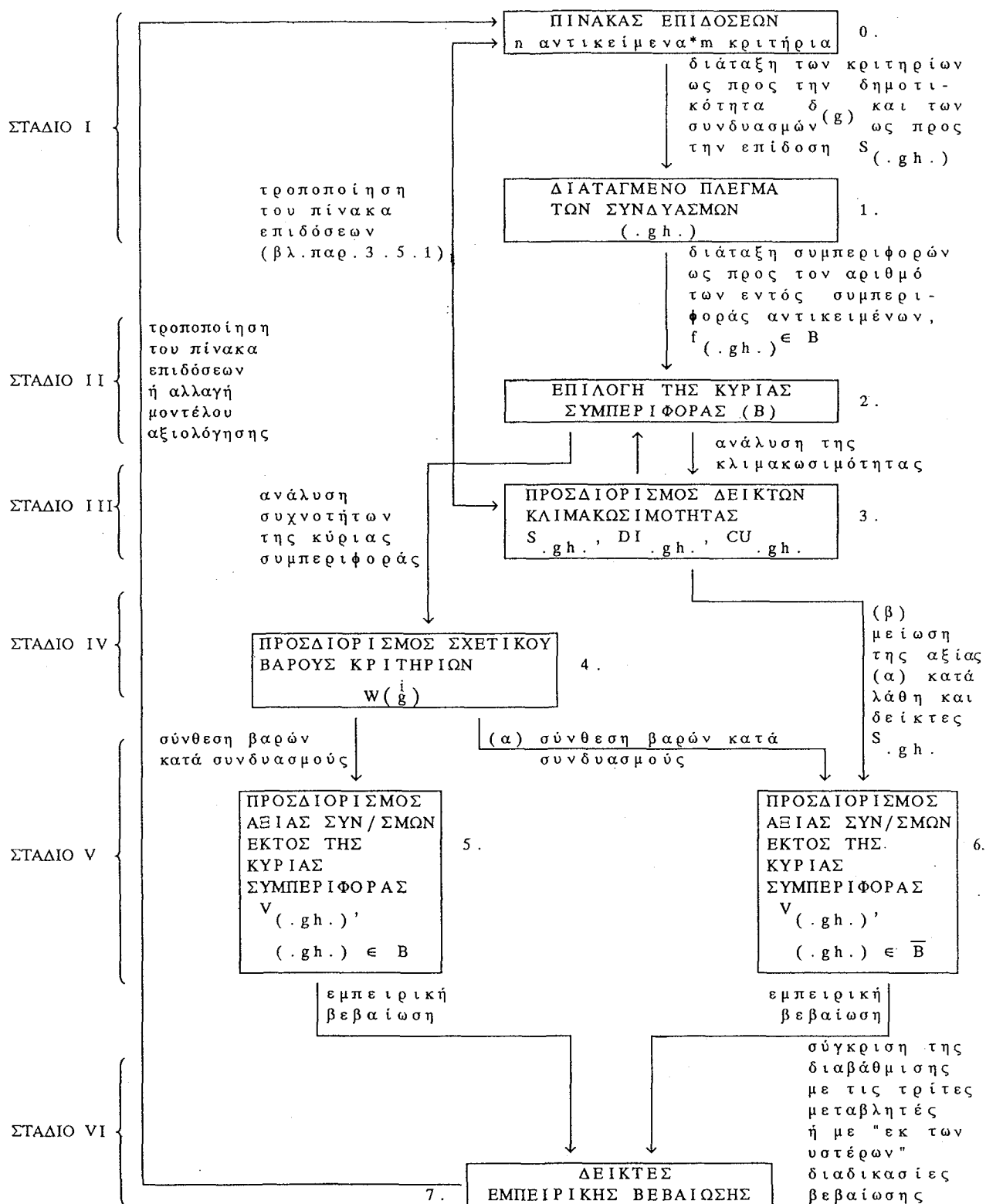
Ακολουθώντας τον σταδιασμό της διαβάθμισης του σχήματος 3.3. περιγράφεται, παρακάτω, το περιεχόμενο κάθε σταδίου ανάλυσης ξεχωριστά:

ΣΤΑΔΙΟ Ι: Στο στάδιο αυτό από τον αρχικό πίνακα των επιδόσεων παράγεται το διαταγμένο πλέγμα των συνδυασμών (gh.). Ο οδηγός για την διάταξη του πλέγματος είναι η δημοτικότητα, $\delta(g)$, ως προς την οποία αναδιατάσσονται οι στήλες/κριτήρια του αρχικού πίνακα και η επίδοση, $S(gh.)$, ως προς την οποία αναδιατάσσονται οι γραμμές/συνδυασμοί του πίνακα. Τα πλέγματα του σχήματος 3.1., π.χ., αποτελούν διαταγμένα πλέγματα, ενώ στα σχήματα 4.2. και 4.3. παρουσιάζονται τα διαταγμένα πλέγματα της εξεταζόμενης εφαρμογής ως προς τα παρατιθέμενα δεδομένα.

ΣΤΑΔΙΟ ΙΙ: Στο στάδιο αυτό επιλέγονται - πάνω στο διαταγμένο πλέγμα - οι συνδυασμοί που συνιστούν την κύρια συμπεριφορά. Φυσικά, στην περίπτωση απλών σχετικά πλεγμάτων, η επιλογή αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτονόητα: επιλέγονται οι συνδυασμοί που σε κάθε επίπεδο επίδοσης παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συχνότητα, $f(gh.)$, ενώ ακολούθως εξετάζεται το ποιά συμπεριφορά θα μπορούσε να συμπεριλαμβάνει το σύνολο των συνδυασμών αυτών.

Εάν οι συνδυασμοί της μέγιστης συχνότητας, κατά επίπεδο επίδοσης, δεν ανήκαν όλοι στην ίδια συμπεριφορά, τότε εξετάζεται το ποιά συμπεριφορά παρουσιάζει την μικρότερη απόκλιση συχνότητας από το άθροισμα συχνοτήτων του προηγούμενου συνόλου συνδυασμών.

Εφόσον το πλέγμα συνδυασμών είναι σχετικά πολύπλοκο, και οι συνδυασμοί της μέγιστης συχνότητας κατά επίπεδο επίδοσης δεν ανήκουν στην ίδια συμπεριφορά ο προσδιορισμός της



Σχήμα 3.3. Τα έξη στάδια της διαβάθμισης των συνδυασμών (εναλλακτικών) της αξιολόγησης.

κύριας συμπεριφοράς μπορεί να προχωρήσει ως εξής: κάθε ακμή του πλέγματος παίρνει την τιμή: $1 / f_1(.gh.) \times f_2(.gh.)$, όπου $f_1(.gh.)$ και $f_2(.gh.)$ αποτελούν τις συχνότητες των συνδυασμών τους οποίους συνδέει η ακμή στο διαταγμένο πλέγμα των συνδυασμών. Ακολουθώντας, με βάση το αλγόριθμο του Moore (βλ. Lane et al 1974) που αποτελεί αλγόριθμο προσδιορισμού της ελάχιστης διαδρομής σε ένα γράφημα προσδιορίζεται η κύρια συμπεριφορά ως η ελάχιστη διαδρομή που συνδέει τον συνδυασμό της χαμηλότερης επιδόσεως (αφετηρία) με τον συνδυασμό της ψηλότερης επιδόσεως (τέρμα).

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι ο προσδιορισμός της κύριας συμπεριφοράς όταν η διαφορά του αθροίσματος των συχνοτήτων των συνδυασμών της δεν είναι σχετικά μεγάλη ως προς άλλες (εναλλακτικές) συμπεριφορές πρέπει να ελέγχεται. Και τούτο γιατί είναι δυνατόν συμπεριφορές μικρότερης (ή και ίσης) συχνότητας περιεχομένων συνδυασμών να προσφέρουν πολύ ψηλότερη μονοδιάσταση.

Γίνεται δυνατόν, λοιπόν, συμπεριφορές μικρότερης συνολικής συχνότητας, παρουσιάζοντας μονοδιάσταση αρκετά ψηλότερη από αυτήν της κύριας συμπεριφοράς, να εξουδετερώνουν την μικρή σχετικά, διαφορά σωρευτικότητας και να παρουσιάζουν, έτσι, ψηλότερη κλιμακωσιμότητα. Στην περίπτωση αυτή η ανάλυση κλιμακωσιμότητας πραγματοποιείται με βάση περισσότερες από μία, εναλλακτικές, κύριες συμπεριφορές.

ΣΤΑΔΙΟ III. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας όπως παρουσιάστηκε στις προηγούμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου. Με την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας, προσδιορίζονται οι δείκτες της κλιμακωσιμότητας της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας, τόσο στο σύνολο των κριτηρίων όσο και κατά ζεύγη κριτηρίων και κατά κριτήρια, ξεχωριστά.

Το βέλος από τον προσδιορισμό των δεικτών (3.) στην επιλογή της κύριας συμπεριφοράς (2.) έχει την έννοια της επιλογής της ψηλότερης συνολικής κλιμακωσιμότητας κατά εναλλακτικές κύριες συμπεριφορές (βλ. στάδιο II).

Το βέλος από τον προσδιορισμό των δεικτών (3.) στην αρχική περιγραφή, στον πίνακα των επιδόσεων (Ο.), έχει την έννοια της τροποποίησης του πίνακα, είτε με την συναίρεση διαστημάτων των κριτηρίων, είτε με τη συναίρεση κριτηρίων, είτε με την αποβολή κριτηρίων ή ριζικότερες ακόμη τροποποιήσεις, σύμφωνα με την παράγραφο 3.5.1. .

ΣΤΑΔΙΟ IV. Στο στάδιο αυτό προσδιορίζεται το σχετικό βάρος των κριτηρίων $W_g^{(i)}$ κατά κριτήρια g και κατά διαστήματα i του κριτηρίου g .

Φυσικά υπάρχουν πολλοί τρόποι απόδοσης βάρους στα κριτήρια (βλ. Zeleny 1982, Voogd 1983) σύμφωνα με γραμμικά ή μη γραμμικά μοντέλα. Οι τρόποι που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή που παρουσιάζεται εδώ (βλ. κεφ. 4.) στηρίζεται στην σωρευτικότητα των συχνοτήτων της κύριας συμπεριφοράς. Έτσι χρησιμοποιήθηκε ένα αθροιστικό, ένα λογαριθμικό - αθροιστικό και ένα λογαριθμικό - πολλαπλασιαστικό μοντέλο παραγωγής σχετικών βαρών από τις συχνότητες της κύριας συμπεριφοράς.

Ένα απλό πολλαπλασιαστικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, επίσης, βρέθηκε να μην προσεγγίζει ικανοποιητικά την τρίτη μεταβλητή, την μεταβλητή ελέγχου της διαβάθμισης και, έτσι, απορρίφθηκε.

Οι σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή ήταν:

$$W_g^i = cf_g^i / \sum_{g=a}^m \sum_{i=1}^k cf_g^i \quad \text{προσθετικό μοντέλο} \quad (3.30)$$

$$W_g^i = \ln(cf_g^i) / \sum_{g=a}^m \sum_{i=1}^k \ln(cf_g^i) \quad \text{λογαριθμικό-προσθετικό μοντέλο} \quad (3.31)$$

$$W_g^i = \ln(\Pi f_g^i) / \sum_{g=a}^m \sum_{i=1}^k \ln(\Pi f_g^i) \quad \text{λογαριθμικό-πολλαπλασιαστικό μοντέλο} \quad (3.32)$$

όπου :

cf_g^i : το άθροισμα των συχνοτήτων των διαβαθμίσεων των χαμηλότερων ή ίσων της διαβάθμισης i του κριτηρίου g .

Πf_g^i : το γινόμενο των συχνοτήτων των διαβαθμίσεων των χαμηλότερων ή ίσων της διαβάθμισης i του κριτηρίου g .

Τα βάρη που προκύπτουν από τις προηγούμενες σχέσεις ομαλοποιούνται έτσι ώστε το άθροισμα των χαμηλότερων διαβαθμίσεων όλων των κριτηρίων g να είναι 0 ενώ το αντίστοιχο άθροισμα των ψηλότερων διαβαθμίσεων να είναι 1000.

ΣΤΑΔΙΟ V. Σύμφωνα με τον προσδιορισμό των βαρών στο προηγούμενο στάδιο, προσδιορίζεται η αξία των συνδυασμών $V_{.gh.}$ της περιγραφής ως άθροισμα των βαρών των κριτηρίων κατά τις διαβαθμίσεις του συνδυασμού:

$$V_{.gh.} = \sum_{g=a}^m W_g^i \quad (3.33)$$

Η σχέση (3.33) αποδίδει την τελική αξία για όλους τους συνδυασμούς εντός της κύριας συμπεριφοράς.

Αντίθετα, η τιμή των συνδυασμών εκτός της κύριας συμπεριφοράς δεν είναι η τελική. Μειώνεται* κατά τον αριθμό των λαθών (εκθέτης λ) και τον συνολικό συντελεστή κλιμακωσιμότητας ($S_{.gh.}$):

$$V''_{.gh.} = V_{.gh.} \times (S_{.gh.})^\lambda \quad V_{.gh.} \in \bar{B} \quad (3.34)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εφαρμογή που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4, δοκιμάστηκαν και οι τρεις τρόποι απόδοσης τιμών στα κριτήρια - σχέσεις (3.30)/(3.31) - σε εννέα διαφορετικές σχέσεις μείωσης της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών.

* Πρόκειται για τα γνωστά από τη θεωρία της χρησιμότητας "μοντέλα τιμωρίας" (penalty models) όπου η αξία εναλλακτικών λύσεων μειώνεται ανάλογα με την απόκλισή τους από κάποιες γενικές, ή τοπικές, optimum λύσεις. Το ίδιο περίπου συμβαίνει και με τα γραμμικά μοντέλα προσδιορισμού της απόκλισης στα displaced ideal μοντέλα.

Οι σχέσεις αυτές βασίζονται σε διαφορετικούς τρόπους μείωσης της αξίας, από συνολικές ενιαίες μειώσεις - ανεξαρτήτως αριθμού λαθών - μέχρι πολύ εκλεπτυσμένες μειώσεις κατά αριθμό λαθών και κατά αναλυτικούς συντελεστές κλιμακωσιμότητας κατά κριτήριο. Δεδομένου ότι οι διαφορές μεταξύ των τρόπων μείωσης ήταν ασήμαντες η σχέση (3.34) προτιμήθηκε για την σχετική ευκολία υπολογισμού της.

ΣΤΑΔΙΟ IV. Στο στάδιο αυτό, με βάση την διαβάθμιση των συνδυασμών της περιγραφής (πίνακα επιδόσεων) πραγματοποιείται η ερμηνεία της διαβάθμισης. Ερμηνεία που επιχειρεί την σημασιολόγηση της αξιολόγησης των συνδυασμών ως αποτέλεσμα της συνεπαγωγής μεταξύ των κριτηρίων και του ιδιαίτερου βάρους τους στην εξεταζόμενη πραγματικότητα.

Συχνά, ωστόσο, η σημασιολόγηση της εφαρμογής παίρνει την μορφή της εμπειρικής βεβαίωσης όταν υπάρχει κάποια τρίτη (προς τα κριτήρια του πίνακα επιδόσεων) μεταβλητή που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μεταβλητή - σύνθεση των κριτηρίων, ή ως λανθάνουσα μεταβλητή, ή ως κρυμμένη διάσταση του πίνακα (βλ. Everitt 1978, M^c Cutcheon 1987).

Στην περίπτωση αυτή η σύγκριση της τρίτης μεταβλητής με την επιχειρούμενη αξιολόγηση έχει την έννοια της βεβαίωσης της αξιολόγησης που πραγματοποιείται με κάποιο μέτρο συνάφειας μεταξύ της μεταβλητής και της αξιολόγησης. Εφόσον τόσο η μεταβλητή όσο και η διαβάθμιση δίδονται σε αριθμητικές κλίμακες η μεταξύ τους εξέταση της συσχέτισης ή και της εξάρτησης θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με δείκτες συσχέτισης (γραμμικής ή όχι) και με δείκτες παλινδρόμησης (βλ. Ρόκος 1990).

Στην περίπτωση που η τρίτη μεταβλητή ή η αξιολόγηση δίδεται σε τακτική κλίμακα συντελεστές όπως αυτοί του Kendall ή του Spearman θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες, ενώ ο συντελεστής συνάφειας (βάσει του μέτρου χ^2) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που η τρίτη μεταβλητή ή η αξιολόγηση δίδονται σε ονομαστική κλίμακα. Στο κεφάλαιο 4. παρουσιάζεται η εμπειρική βεβαίωση σε μια ιδιαίτερη εφαρμογή διαβάθμισης.

Η παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου του προτεινόμενου μοντέλου, των ενδεικτικών τιμών και των δυνατοτήτων του στην ανάλυση ακολουθείται, εδώ, από μια συγκεκριμένη εφαρμογή του στην αξιολόγηση συγκοινωνιακού δικτύου, με σκοπό την επιλογή κάποιας, της "καλύτερης", διαδρομής του δικτύου. Έτσι ώστε η καλύτερη διαδρομή ενισχυόμενη - με περιορισμένου κόστους έργα και με διαχειρησιακές κυρίως παρεμβάσεις - να αποτελέσει την κύρια διαδρομή παροχέτευσης της κυκλοφορίας μεταξύ δύο κόμβων*.

Η ιδιαιτερότητα της προβληματικής βρίσκεται στο ότι τα κριτήρια που εξετάζονται εδώ, αποτελούν τακτικές κλίμακες - κριτήρια εφικτότητας - που με το προτεινόμενο μοντέλο συντίθενται σε δύο σύνθετες (ζητούμενες) διαβαθμίσεις: την αξονική αναγνωσιμότητα (road side legibility) και την σημειακή αναγνωσιμότητα (land mark legibility).

Το προτεινόμενο μοντέλο χρησιμοποιείται, δηλαδή, για την παραγωγή αυτών των σύνθετων διαβαθμίσεων (βλ. παρ. 4.2. και 4.3.) που μαζί με άλλες αριθμητικές μεταβλητές χρησι-

* Πρόκειται για δύο κόμβους: επί της οδού Θηβών ο ένας και επί της οδού Καποδιστρίου ο άλλος, που συνδέουν, βόρεια, το ανατολικό με το δυτικό Λεκανοπέδιο της Πρωτεύουσας (βλ. σχήμα 4.1.). Από πολλές απόψεις, η σύνδεση αυτή θεωρείται ως η πλέον προβληματική σύνδεση στο πλέγμα του κυρίου οδικού δικτύου της Πρωτεύουσας.

μοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του δικτύου σε μελέτη/πρότυπο του Οργανισμού της Αθήνας απ' όπου προέρχονται τα στοιχεία της ανάλυσης*.

Μια μεθοδολογική ιδιαιτερότητα στην εφαρμογή αυτή βρίσκεται στο ότι οι φόρτοι του δικτύου - ως τρίτη μεταβλητή αποδίδουσα την συλλογική προτίμηση - είναι διαθέσιμη, όπως και οι ικανότητες (χωρητικότητες) του δικτύου κατά τους συνδέσμους του. Έτσι μπόρεσε να παραχθεί μια σύνθετη - τρίτη μεταβλητή ή μεταβλητή ελέγχου - από το γινόμενο των φόρτων (πραγματική ζήτηση/προτίμηση) και την ρίζα της σχετικής ζήτησης/προτίμησης (= ο λόγος του φόρτου προς την χωρητικότητα του άξονα ή, αλλιώς, η πληρότητα του άξονα).

* Η μελέτη αυτή ανετέθη από τον Οργανισμό Αθήνας (βλ. ΟΑ/ΥΠΕΧΩΔΕ 1990) στο γραφείο μελετών "Μ. Βλαχογιάννης" ως μελέτη/πρότυπο για την εισαγωγή της συστηματικής πολυκριτηριακής αξιολόγησης σε προβλήματα χωροταξικού - συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Η οργάνωση και η μεθοδολογία της μελέτης - ευθύνη του γράφοντα - παρουσιάστηκε αναλυτικά στον Οργανισμό της Αθήνας τον Μάιο του 1990 (βλ. Ρόκος 1990).

Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε δύο επίπεδα: στο επίπεδο των συνδέσμων (προκαταρκτική αξιολόγηση) και στο επίπεδο των διαδρομών (τελική αξιολόγηση)· πράγμα που επιβλήθηκε από την ιδιαιτερότητα της μορφής των κριτηρίων.

Τα 16 κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη, χωρισμένα σε τέσσερες ομάδες ιδιαίτερης θεματικής προβληματικής ήταν τα ακόλουθα:

1. Πολεοδομικά Κριτήρια (UC).

UC1. Αξονική Αναγνωσιμότητα.

UC2. Σημειακή Αναγνωσιμότητα.

UC3. Τομή Οικιστικού Ιστού.

UC4. Προσιτότητα Πολεοδομικής Πολιτικής.

2. Συγκοινωνιακά Κριτήρια (TC).

TC1. Διαθέσιμη Χωρητικότητα.

TC2. Ταχύτητα Ελεύθερης Ροής.

TC3. Γεωμετρία Διαδρομής.

TC4. Μείωση Συνολικού Χρόνου Διαδρομής (αύξηση προσιτότητας μεταξύ αφετηρίας/προορισμού).

TC5. Αύξηση Προσιτότητας Δημοτικών Κέντρων.

3. Περιβαλλοντικά Κριτήρια (EC).

EC1. Ρύπανση Αέρα (CO).

EC2. Συγκοινωνιακή Ηχορύπανση.

4. Κοινωνικά Κριτήρια (SC).

SC1. Κόστος Εργων και Συγκοινωνιακής Διαχείρισης.

SC2. Κόστος Χρήσης (κατανάλωση καυσίμων).

SC3. Κοινωνικό Κόστος κατασκευής/λειτουργίας.

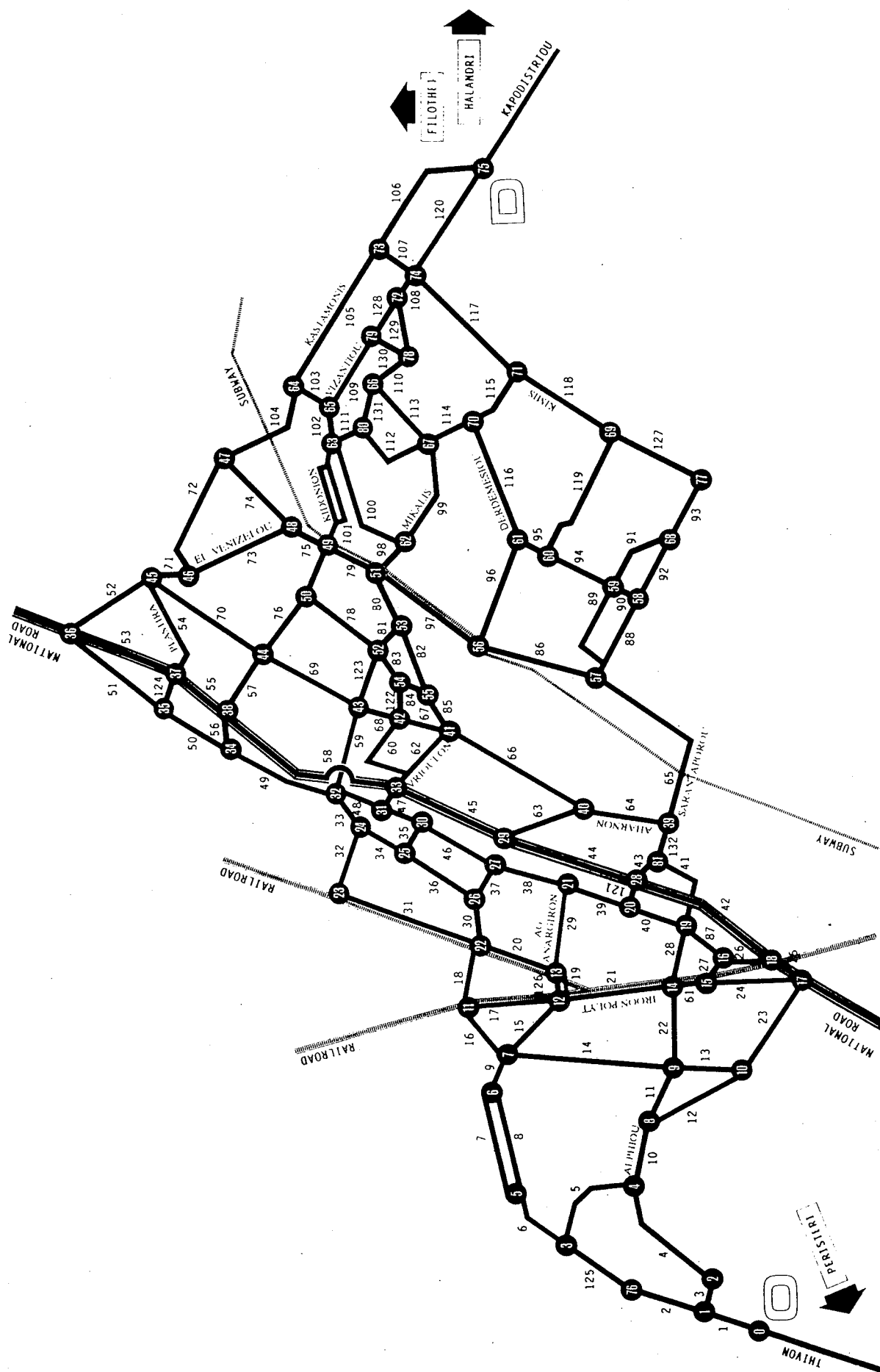
SC4. Διαδημοτική Εξισορόπηση Προσιτότητας.

SC5. Δείκτης Ατυχημάτων.

Από τα κριτήρια αυτά τα κριτήρια UC1, UC2, UC3, TC1, TC2, EC1, EC2 και SC2 χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο φάσεις της αξιολόγησης: τόσο στην προκαταρκτική αξιολόγηση - βάσει της οποίας προκρίθηκαν 20 διαδρομές προς αξιολόγηση - όσο και στην τελική αξιολόγηση κατά διαδρομές.

Τα κριτήρια UC1, UC2 και UC3 ήταν παράγωγες αριθμητικές κλίμακες προερχόμενες από 12 ποιοτικά (τακτικά) χαρακτηριστικά. Τα κριτήρια προσιτότητας (UC4, TC4, TC5, SC4) ήταν δομικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν στο σύνολο του δικτύου, ενώ τα υπόλοιπα κριτήρια ήταν απλά· παραγόμενα είτε αυτονόητα από τη μέτρηση κάποιου χαρακτηριστικού (όπως, π.χ., τα TC2 ή SC2) είτε ως συνθέσεις δύο ή περισσότερων χαρακτηριστικών με βάση κάποια προκαθορισμένη σχέση συνθέσεως (όπως π.χ., τα κριτήρια EC1 και EC2).

Δεδομένου ότι όλα τα κριτήρια πλην των UC1, UC2 και UC3 ήταν αριθμητικά, η διαβάθμιση των 12 τακτικών χαρακτηριστικών από τα οποία προήλθαν τα UC1, UC2 και UC3 αποτέλεσε την πρώτη και κρίσιμότερη για την αξιολόγηση εργασία (βλ. Ρόκος, 1990).



Σχήμα 4.1. Το δίκτυο των συνδέσμων της περιοχής μελέτης.

Με βάση την τρίτη μεταβλητή (ελέγχου) έγινε δυνατή η σύγκριση της επάρκειας του προτεινόμενου μοντέλου ως προς άλλα μοντέλα: τα μοντέλα του Guttman, του Maitre (Loevinger) και του Degenne. Επιβεβαιώθηκε εμπειρικά, δηλαδή - με βάση τις συσχετίσεις των παραγόμενων από τα μοντέλα διαβαθμίσεων με την τρίτη μεταβλητή - η επάρκεια του προτεινόμενου μοντέλου (βλ. παρ. 4.4.).

Η τρίτη μεταβλητή (μεταβλητή ελέγχου) χρησιμοποιήθηκε επίσης και στην ερμηνεία /σημασιολόγηση της εφαρμογής δίνοντας στην εφαρμογή τον χαρακτήρα μιας εφαρμοσμένης σημειοτικής.

Θεωρώντας την τρίτη μεταβλητή ως ολοκληρωμένη και συλλογική ένδειξη της πραγματικής (σχέση του οδηγού/χρήστη με ένα σύστημα σημαίνοντων) και θεωρώντας το προτεινόμενο μοντέλο ως μια πλήρη συντακτική (αποδίδον με επάρκεια και πληρότητα την εσωτερική δομή των σημαίνοντων/κριτηρίων εδώ) η ερμηνεία της εφαρμογής ταυτίζεται με την σημαντική ανάλυση (σχέσεις σημαίνοντος/νοήματος).

Ετσι, η σημασιολόγηση, θεωρούμενη όχι ως σκοπός της ανάλυσης αλλά ως μέσο ελέγχου της ποιότητας του μοντέλου αποτελεί μέτρο της ερμηνευτικότητάς του. Ιδιότητα που φαίνεται να καλύπτεται με επάρκεια από το προτεινόμενο μοντέλο: ανεξάρτητα από την συντακτική επάρκεια του.

4.1. Ο ΣΚΟΠΟΣ, ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.

Η εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου κλιμακωσιμότητας που παρουσιάζεται εδώ αναφέρεται στην "Μελέτη Αξιολόγησης Εναλλακτικών Λύσεων Σύνδεσης Θηβών - Καποδιστρίου". Αντικείμενο της μελέτης αυτής ήταν η ενίσχυση της συγκοινωνιακής σύνδεσης μεταξύ των δύο μεγάλων αξόνων του ανατολικού και του δυτικού λεκανοπεδίου: της Λεωφόρου Θηβών και της Λεωφόρου Κηφισίας, αντίστοιχα (βλ. σχήμα 4.1.).

Στην οριζόντια ζώνη που προσδιορίζεται από τους 133 συνδεσμούς που αποτελούν το δίκτυο της περιοχής ορίζεται το αντικείμενο της μελέτης ως: ο προσδιορισμός της προσφορότερης - ως προς ορισμένα κριτήρια - βελτιωμένης διαδρομής για την συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση μεταξύ των σημείων Θ (κόμβος 0 στο σχήμα 4.1.) επί της οδού Θηβών και Ψ (κόμβος 75 στο σχήμα 4.1.) επί της οδού Καποδιστρίου.

Η ζώνη του σχήματος 4.1. αποτελεί αστικά κορεσμένη περιοχή, άμορφης πολεοδομικής ανάπτυξης και άμορφης, επίσης, γεωμετρίας συγκοινωνιακού δικτύου. Διασχιζόμενη επί πλέον από τρεις άξονες (βορρά - νότου) μεγάλης κυκλοφορίας: την Εθνική Οδό, την γραμμή του μετρό (που δεν είναι υπόγεια αλλά σε όρυγμα), και την σιδηροδρομική γραμμή του ΟΣΕ. Άξονες που δυσχεραίνουν σημαντικά την τοπική συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση (κατά μήκος της ζώνης).

Ο ιδιαίτερος χαρακτήρας της περιοχής όπως διαγράφεται από τα προηγούμενα προσδιόρισε και την συγκοινωνιακή πολιτική παρέμβασης: η παρέμβαση μη μπορώντας να βασιστεί στην δημιουργία νέων αξόνων ικανοποιητικής χωρητικότητας θα όφειλε να παρακολουθήσει τις

υφιστάμενες δυνατότητες. Έτσι τα κριτήρια της αξιολόγησης, όσα δεν αναφέρονταν στις επιχειρούμενες βελτιώσεις των αξόνων (όπως π.χ. το κόστος περιορισμένων έργων και της συγκοινωνιακής διαχείρισης) ήταν περισσότερο κριτήρια εφικτότητας (attainability criteria) παρά κριτήρια επιθυμίας (desirability criteria).

Από τα 16 κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση της μελέτης εδώ αναφερόμαστε σε δύο μόνον: στην *αξονική αναγνωσιμότητα* (road side legibility) και στην *σημειακή αναγνωσιμότητα* (land marks legibility). Πρόκειται για παράγωγα κριτήρια που προκύπτουν από άλλα αρχικά κριτήρια, με την μορφή των τακτικών χαρακτηριστικών των συνδέσμων του δικτύου. Όπως και στην μελέτη έτσι και εδώ, τα δύο παράγωγα κριτήρια προσδιορίστηκαν με ανάλυση της κλιμακωσιμότητας στα αρχικά χαρακτηριστικά - κριτήρια.

Αυτό που διαφέρει εδώ, εκτός από την τροποποίηση της συνθέσεως δύο χαρακτηριστικών, είναι η μέθοδος. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη ήταν μια τροποποίηση του μοντέλου του Maitre - η μέθοδος Attitude - ενώ εδώ χρησιμοποιείται το προτεινόμενο μοντέλο (βλ. παρ. 4.2.).

Τα χαρακτηριστικά κατά κριτήριο και οι διαβαθμίσεις τους ήταν:

1.ΑΞΟΝΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (τρία επί μέρους ποιοτικά τακτικά χαρακτηριστικά).

1.α.*Κυκλοφοριακή ποιότητα* : τρίτιμο χαρακτηριστικό με τιμή 3 όταν πρόκειται για σύνδεσμο αυξημένης κυκλοφορίας, από τον οποίο, επιπλέον, διέρχεται λεωφορειακή γραμμή. Παίρνει την τιμή 2 όταν ο σύνδεσμος παρουσιάζει ή αυξημένη κυκλοφορία ή διέλευση λεωφορειακής γραμμής και την τιμή 1 όταν ο σύνδεσμος παρουσιάζει χαμηλή κυκλοφορία και δεν αποτελεί τμήμα λεωφορειακού δρομολογίου.

1.β.*Διαχωριστική νησίδα πρασίνου*: δίτιμο χαρακτηριστικό με τιμή 3 όταν πρόκειται για σύνδεσμο διπλής κατευθύνσεως με ενδιάμεση διαχωριστική νησίδα και με τιμή 1 όταν δεν υπάρχει νησίδα.

1.γ.*Κατά μήκος πράσινο ή όχθη*: τρίτιμο χαρακτηριστικό με τιμή 3 όταν κατά μήκος του συνδέσου υπάρχει πράσινο ή όχθη ποταμού. Παίρνει την τιμή 2 όταν δεν υπάρχει πράσινο αλλά ικανοποιητικό ελεύθερο πλάτος διαδρόμου για την φύτευση πρασίνου, και την τιμή 1 όταν δεν υπάρχει ούτε πράσινο ούτε όχθη.

2.ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΑΝΑΓΝΩΣΙΜΟΤΗΤΑ (τρία επί μέρους, τακτικά χαρακτηριστικά).

2.α.*Δευτερεύοντα παρόδια στοιχεία*: πρόκειται για στοιχεία του χώρου αναφερόμενα σε αστικές λειτουργίες που σημειοδοτούν τους άξονες του δικτύου όπως σχολές, κοινωνικά κέντρα, κινηματογράφοι, υπηρεσίες (ΟΤΕ, Αστ. Τμήμα, Δημαρχείο) ή εργοστάσια.

Το χαρακτηριστικό αυτό είναι τρίτιμο παίρνοντας την τιμή 3 όταν υφίσταται σώρευση παρόμοιων λειτουργιών στον ίδιο σύνδεσμο, την τιμή 2 όταν υφίσταται μία μόνον λειτουργία και την τιμή 1 όταν δεν υφίσταται καμία.

2.β.*Κύρια παρόδια στοιχεία*: εδώ πρόκειται για στοιχεία λειτουργιών εκτεταμένης επαφής προς τον εξεταζόμενο σύνδεσμο όπως: πλατείες, πάρκα, γήπεδα, μνημειακές κατασκευές,

στρατόπεδα, νεκροταφεία. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι δίτιμο παίρνοντας την τιμή 3 όταν υφίσταται μία ή περισσότερες από τις προηγούμενες λειτουργίες και την τιμή 1 όταν δεν υφίσταται καμία.

2.γ.Κύρια οδικά στοιχεία: εδώ αναφέρονται τα οδικά - συγκοινωνιακά στοιχεία σημειοδότησης όπως οι διασταυρώσεις του συνδέσμου με την Εθνική Οδό, με την σιδηροδρομική γραμμή ή με την γραμμή μετρό (επίγεια ή σε όρυγμα). Καθώς και η διέλευση του συνδέσμου από άνω ή κάτω διάβαση (γέφυρα). Το χαρακτηριστικό είναι δίτιμο παίρνοντας την τιμή 3 όταν υπάρχει ένα ή περισσότερα από τα προηγούμενα στοιχεία και την τιμή 1 όταν δεν υπάρχει κανένα.

Ο χαρακτηρισμός των 133 συνδέσμων (αντικειμένων της μελέτης) παρατίθεται στα σχήματα 4.2. (αξονική αναγνωσιμότητα) και 4.3. (σημειακή αναγνωσιμότητα) αναλυτικά για τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά. Στα ίδια σχήματα παρατίθενται για τους συνδυασμούς των συνδέσμων τα πλέγματα συνδυασμών/συμπεριφορών καθώς και οι μέσες τιμές των συνδυασμών ως προς μια τρίτη μεταβλητή το γινόμενο φόρτου - πληρότητας που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ως μεταβλητή ελέγχου (βλ. παρ. 4.3.)

Δύο παρατηρήσεις στα σχήματα 4.2. και 4.3. οφείλονται στην μεθοδολογία της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας. Οι τιμές (3,1) των δίτιμων χαρακτηριστικών αποτελούν στοιχειώδη τακτική ομαλοποίηση, έτσι ώστε οι ανώτερες - κατώτερες βαθμίδες όλων των τακτικών χαρακτηριστικών να είναι ίδιες.

Ιδιαίτερη σημασία για την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας έχει η απόδοση βαθμίδων σε περιπτώσεις περισσότερων της μιας ενδιάμεσων τιμών' όπως, π.χ., στην περίπτωση μιας τετράτιμης και μιας πεντάτιμης μεταβλητής όπου υπάρχουν δύο ενδιάμεσες τιμές για την πρώτη και 3 ενδιάμεσες τιμές για την δεύτερη. Εδώ οι βαθμίδες της δεύτερης μεταβλητής θα πρέπει να δοθούν έτσι ώστε οι συνδυασμοί τους (με τις βαθμίδες της πρώτης) να ελαχιστοποιούν τις διαφορές των πραγματικών συχνοτήτων από τις αναμενόμενες' πράγμα που, βεβαίως, συνδέεται άμεσα με τις απαιτήσεις του προτεινόμενου μοντέλου κλιμακωσιμότητας (βλ. παρ. 3.2.1.).

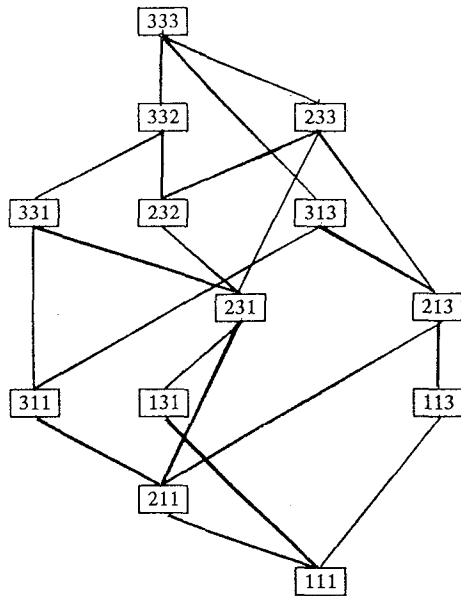
Οι τιμές του γινομένου φόρτου-πληρότητας είναι επίσης ομαλοποιημένες (διάστημα 1000 - 0). Συμβαδίζοντας έτσι με τις απαιτήσεις διαβάθμισης στο προτεινόμενο μοντέλο κλιμακωσιμότητας (μηδενική τιμή για το infimum των συνδυασμών και τιμή 1000 για το supremum, βλ. παρ. 4.3.). Η ομαλοποίηση που χρησιμοποιήθηκε δίνει την ομαλοποιημένη τιμή κάθε συνδέσμου $V_n(gh.)$, ως προς την αρχική $V(gh.)$, με την βοήθεια της μικρότερης, $\min V(gh.)$, και της μεγίστης, $\max V(gh.)$ αρχικής τιμής:

$$V_n(gh.) = \frac{V(gh.) - \min V(gh.)}{\max V(gh.) - \min V(gh.)}, \quad 0 \leq V_n(gh.) \leq 1000 \quad (4.1)$$

Η ιδιαίτερη σημασία της εφαρμογής που παρουσιάζεται προκύπτει αφενός από τον ιδιαίτερο χαρακτήρα (στρατηγική) της ανάλυσης και, αφετέρου, από την ιδιαίτερη προβληματική στην οποία αναφέρεται εν σχέσει προς την διαθέσιμη εμπειρία.

Ο ιδιαίτερος χαρακτήρας της ανάλυσης απορρέει από την συγκοινωνιακή πολιτική που

I. ΤΟ ΠΛΕΓΜΑ ΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ



II. ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

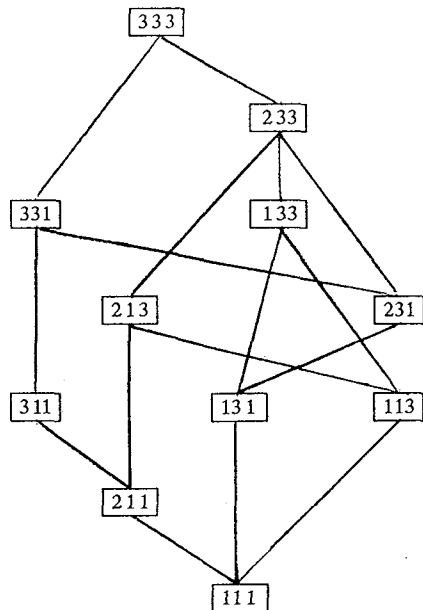
ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ

(.gh.)	Φ (.gh.)	f (.gh.)	
3 3 3	1000	13	27,39,44,45,53,55,58,68,69,117,118,127,133.
3 3 2	770	4	1,2,64,120.
3 3 1	671	10	26,43,63,65,66,67,70,91,93,132.
3 1 1	617	25	6,7,8,9,15,21,29,50,60,61,62,77,78,85,86,101,102,105,108,114,121,125,129,130,131.
2 1 1	257	28	16,17,24,32,33,51,54,57,71,72,73,80,92,94,95,97,98,104,106,107,109,110,112,116,122,124,126,128.
1 1 1	0	23	3,4,11,19,28,30,34,35,36,37,56,59,76,81,82,87,88,90,96,103,113,119,123.
2 3 3	651	5	25,38,42,46,48.
2 3 2	665	2	79,111.
3 1 3	515	2	49,83.
2 1 3	227	4	18,20,41,115.
2 3 1	648	4	40,75,89,99.
1 1 3	391	10	5,10,12,13,14,22,23,47,84,100.
1 3 1	191	3	31,52,74.

Σχήμα 4.2. Πίνακας Δεδομένων και πλέγμα συνδυασμών της Αξονικής Αναγνωσιμότητας.

Σημείωση: Φ (.gh.): μέση τιμή του γινομένου Φόρτου/Χωρητικότητας κατά συνδυασμό συνδέσμων - Η θέση κάθε συνδέσμου του πίνακα παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1.

I. ΤΟ ΠΛΕΓΜΑ ΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ



II. ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ

(.gh.)	Φ (.gh.)	f (.gh.)	
3 3 3	1000	10	42,43,45,63,65,80,86,97,101,133.
3 3 1	462	10	18,31,44,53,59,66,67,112,113,118.
3 1 1	97	17	8,14,17,21,22,69,70,75,82,91,96,98,102,109,111,119,131.
2 1 1	73	31	1,3,4,10,12,15,23,25,28,50,52,54,56,60,64,72,73,74,78,88,89,99,103,105,106,107,115,116,124,129,130.
1 1 1	0	35	5,6,9,11,13,16,32,33,34,35,36,37,38,39,40,46,47,48,49,51,57,61,68,71,77,81,87,93,95,100,108,110,127,128,132.
2 3 3	337	2	26,62.
1 3 3	257	5	19,27,41,58,126.
2 1 3	169	4	20,29,104,122.
2 3 1	134	3	24,85,117.
1 3 1	168	10	2,7,83,84,90,92,94,114,120,125.
1 1 3	50	6	30,55,76,79,121,123.

Σχήμα 4.3. Πίνακας Δεδομένων και πλέγμα συνδυασμών της Σημειακής Αναγνωσιμότητας.

Σημείωση : όπως στο σχήμα 4.2.

υιοθετήθηκε. Την έδρασή της, δηλαδή, σε κριτήρια εφικτότητας παρά επιθυμίας πράγμα που επέβαλε τον σαφή προσδιορισμό των διαθέσεων του χρήστη των συγκοινωνιών. Έτσι τα χαρακτηριστικά της αξονικής και της σημειακής αναγνωσιμότητας - ως χαρακτηριστικά απορρέοντα από την αντίληψη και αντιληπτικότητα του χρήστη και του προτύπου επιλογής του - δεν έχουν, απλά, ιδιαίτερο βάρος για την ανάλυση (στο σύνολο των 16 κριτηρίων αξιολόγησης) αλλά επηρεάζουν άμεσα την σύνθεσή τους.

Η ιδιαίτερη προβληματική της εφαρμογής - ως σύνθεση τακτικών χαρακτηριστικών αντίληψης του χρήστη - είναι εντελώς αδιερεύνητη στην χώρα μας όπου απουσιάζουν όχι μόνο αναλύσεις προτύπων διαμόρφωσης προτιμήσεων και επιλογών αλλά και στοιχειώδεις αναλύσεις αντίληψης του αστικού ή περιφερειακού περιβάλλοντος ή αναλύσεις επιπτώσεων στην κοινωνική ζωή (before/after studies).

Παράλληλα, η ιδιομορφία του αντικειμένου (διαφορετικά πρότυπα διαμόρφωσης αντίληψης και αντιληπτικότητας κατά ιδιαίτερες ομάδες χρηστών) δεν επιτρέπει την υιοθέτηση σχέσεων και κριτηρίων αξιολόγησης από την εκτεταμένη διεθνή εμπειρία και την βιβλιογραφία της (Appleyard et al 1964, Lynch 1960, Gould and White 1973, Colledge and Cox 1977, Downs and Stea 1974, Marchand 1974, Yi-Fu-Tuan 1977).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η χρησιμοποίηση ενός απλού μοντέλου διαβάθμισης (ευρέων διαστημάτων χαρακτηρισμού όπως με τα χρησιμοποιούμενα τακτικά χαρακτηριστικά) που προσφέρει την δυνατότητα ελέγχου της συνεπαγωγής των χαρακτηριστικών και την άμεση μεταφορά της στην σημασιολόγηση (βλ. παρ.4.5.) καθώς και τον έλεγχο της εφαρμογής του (εμπειρική βεβαίωση του μοντέλου) θεωρήθηκε ότι αποτελεί ενδεδειγμένη προσέγγιση ανάλυσης στην ιδιαίτερη προβληματική όπως τίθεται.

4.2. Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.

Σύμφωνα με τις σχέσεις (3.20) και (3.23) προσδιορίστηκαν οι παράμετροι του προτεινόμενου μοντέλου στα δεδομένα της αξονικής (σχήμα 4.2.) και της σημειακής (σχήμα 4.3.) αναγνωσιμότητας.

Στους πίνακες 4.1. και 4.2. παρουσιάζονται αναλυτικά οι προσδιορισμένες παράμετροι του μοντέλου καθώς και μια σειρά παραμέτρων συσχέτισης (χ^2 , G), και παραμέτρων παλαιότερων προτύπων κλιμακωσιμότητας (δείκτες Guttman, Maitre, Degenne).

Όπως γίνεται φανερό από τις τιμές των παραμέτρων, και οι δύο εφαρμογές παρουσιάζουν ικανοποιητικά επίπεδα κλιμακωσιμότητας. Και στις δύο εφαρμογές η συνολική κλιμακωσιμότητα (S) βρίσκεται σε ψηλά επίπεδα αρκετά ψηλότερα του 0,500· 0,700 στην αξονική αναγνωσιμότητα και 0,658 στην σημειακή.

Παράλληλα οι κλιμακωσιμότητες τόσο των μεταβλητών όσο και των ζευγών των μεταβλητών βρίσκονται επίσης σε ψηλά επίπεδα ξεπερνώντας - σε όλες τις περιπτώσεις, και στις δύο

ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)			ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ										
			f _{abc}	$\hat{f}_{abc}$	f ^(u) _{ab}	f ^(u) _{ac}	f ^(u) _{bc}	f ^(u) _a	f ^(u) _b	f ^(u) _c	f ^(u) _{abc}		
(gh.) ∈ B	T ₁₃	3 3 3	13	4, 26	-	-	-	-	-	-	0		
	T ₁₁	3 3 2	4	0, 75	-	-	-	-	-	-	0		
	T ₀₇	3 3 1	10	11, 63	-	-	-	-	-	-	0		
	T ₀₄	3 1 1	25	26, 12	-	-	-	-	-	-	0		
	T ₀₂	2 1 1	28	20, 80	-	-	-	-	-	-	0		
	T ₀₁	1 1 1	23	17, 41	-	-	-	-	-	-	0		
(gh.) ∉ B	T ₁₂	2 3 3	5	3, 39	5	5	-	10	5	5	10		
	T ₁₀	2 3 2	2	0, 60	2	-	-	2	2	-	2		
	T ₀₉	3 1 3	2	9, 55	-	-	2	-	2	2	2		
	T ₀₈	2 1 3	4	7, 60	-	4	4	4	4	8	8		
	T ₀₆	2 3 1	4	9, 27	4	-	-	4	4	-	4		
	T ₀₅	1 1 3	10	6, 37	-	10	10	10	10	20	20		
	T ₀₃	1 3 1	3	7, 76	3	-	-	3	3	-	3		
	∅	1 3 3	0	2, 84	0	0	-	0	0	0	0		
	∅	1 3 2	0	0, 50	0	0	-	0	0	0	0		
	∅	3 1 2	0	1, 69	-	-	0	-	0	0	0		
	∅	2 1 2	0	1, 34	-	-	0	-	0	0	0		
	∅	1 1 2	0	1, 12	-	0	0	0	0	0	0		
Ενδιάμεσοι Δείκτες		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(u)}$	14	19	16	$\sum_i f_g^{(u)}$	33	30	35	$\sum f_{.gh}^{(u)}$	49		
		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(v)}$	59	73	23	$\sum_i f_g^{(v)}$	132	82	96	$\sum f_{.gh}^{(v)}$	155		
		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(s+t)}$	60	41	94	$\sum_i f_g^{(s+t)}$	101	154	135	$\sum f_{.gh}^{(s+t)}$	195		
		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(\bar{u})}$	119	114	117	$\sum_i f_g^{(\bar{u})}$	233	236	231	$\sum f_{.gh}^{(\bar{u})}$	350		
		$\sum_{i,j} \hat{f}_{gh}^{(u)}$	24,36	21,82	27,67	$\sum_i \hat{f}_g^{(u)}$	46,18	52,03	49,49	$\sum \hat{f}_{.gh}^{(u)}$	73,85		
		$\sum_{i,j} \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}$	108,64	111,18	105,33	$\sum_i \hat{f}_g^{(\bar{u})}$	219,82	213,97	216,51	$\sum \hat{f}_{.gh}^{(\bar{u})}$	325,15		
Παράμετροι Μοντέλου		DIM	0,885	0,864	0,611		0,874	0,817	0,811		0,840		
		pDI	0,547	0,692	0,293		0,620	0,421	0,492		0,511		
		RDI	0,486	0,598	0,179		0,542	0,344	0,400		0,430		
		CUM	0,689	0,704	0,695		0,696	0,692	0,699		0,696		
		pCU	0,451	0,308	0,707		0,380	0,579	0,508		0,489		
		RCU	0,311	0,217	0,491		0,264	0,400	0,355		0,340		
Άλλες Παράμετροι		SCA	0,797	0,814	0,670		0,807	0,745	0,754		0,770		
		X ²									63,70		
		G	0,634	0,104	0,664						0,904		
		Gr									0,877		
		$\sum_{i,j} p_{gh}^{(\bar{u})}$	0,895	0,857	0,890		0,876	0,887	0,868		0,877		
		Loe	0,425	0,129	0,423		0,285	0,423	0,293		0,336		
		Deg	0,616	0,587	0,180		0,600	0,464	0,466		0,520		

Πίνακας 4.1. Η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας με το προτεινόμενο μοντέλο στην αξονική αναγνωσιμότητα.

		ΣΥΝΔΥ- ΑΣΜΟΙ (.gh.)		ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ													
				f_{abc}	$\hat{f}_{abc}$	$f_{ab}^{(u)}$	$f_{ac}^{(u)}$	$f_{bc}^{(u)}$	$f_a^{(u)}$	$f_b^{(u)}$	$f_c^{(u)}$	$f_{abc}^{(u)}$				$f_{abc}^{(u)}$	
(gh.) ∈ B	T ₁₁	3	3	3	10	2,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	T ₀₈	3	3	1	10	8,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	T ₀₃	3	1	1	17	20,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	T ₀₂	2	1	1	31	22,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	T ₀₁	1	1	1	35	31,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
(gh.) ∉ B	T ₁₀	2	3	3	2	2,44	2	2	-	4	2	2	-	4	2	2	4
	T ₀₉	1	3	3	5	3,42	5	5	-	10	5	5	-	10	5	5	10
	T ₀₇	2	1	3	4	5,68	-	4	4	4	4	8	-	8	4	8	8
	T ₀₆	2	3	1	3	9,59	3	-	-	3	3	-	-	3	3	-	3
	T ₀₅	1	1	3	6	7,95	-	6	6	6	6	12	-	12	6	12	12
	T ₀₄	1	3	1	10	13,42	10	-	-	10	10	-	-	10	10	-	10
	∅	3	1	3	0	5,25	-	-	10	-	0	0	-	-	0	0	0
Ενδιάμεσοι Δείκτες		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(u)}$		20	17	10	$\sum_i f_g^{(u)}$	37	30	27	$\sum f_{gh}^{(u)}$	47					
		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(v)}$		52	61	23	$\sum_i f_g^{(v)}$	113	75	84	$\sum f_{gh}^{(v)}$	136					
		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(s+t)}$		61	55	100	$\sum_i f_g^{(s+t)}$	116	161	155	$\sum f_{gh}^{(s+t)}$	216					
		$\sum_{i,j} f_{gh}^{(\bar{u})}$		113	116	123	$\sum_i f_g^{(\bar{u})}$	229	236	239	$\sum f_{gh}^{(\bar{u})}$	352					
		$\sum_{i,j} \hat{f}_{gh}^{(u)}$		28,87	19,49	18,88	$\sum_i \hat{f}_g^{(u)}$	48,36	47,75	38,37	$\sum \hat{f}_{gh}^{(u)}$	67,24					
		$\sum_{i,j} \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}$		104,13	113,51	114,12	$\sum_i \hat{f}_g^{(\bar{u})}$	217,25	218,25	227,63	$\sum \hat{f}_{gh}^{(\bar{u})}$	331,76					
Παράμετροι Μοντέλου		DIM		0,804	0,853	0,773		0,830	0,794	0,833		0,821					
		pDI		0,541	0,586	0,248		0,567	0,395	0,417		0,459					
		RDI		0,435	0,500	0,192		0,468	0,313	0,348		0,377					
		CUM		0,530	0,523	0,508		0,527	0,519	0,515		0,520					
		pCU		0,459	0,414	0,752		0,436	0,605	0,583		0,541					
		RCU		0,243	0,216	0,382		0,230	0,314	0,300		0,282					
		SCA		0,687	0,716	0,574		0,698	0,627	0,648		0,658					
Άλλες Παράμετροι		X^2										43,59					
		G		-0,127	0,120	0,720											
		Gr										0,880					
		$\sum_{i,j} p_{gh}^{(\bar{u})}$		0,850	0,699	0,741		0,861	0,887	0,899		0,882					
		Loe		0,307	0,128	0,470		0,235	0,372	0,296		0,301					
		Deg		0,444	0,564	0,394		0,507	0,429	0,514		0,486					

Πίνακας 4.2. Η ανάλυση της κλιμακωσιμότητας με το προτεινόμενο μοντέλο στη σημειακή αναγνωσιμότητα.

εφαρμογές - το επίπεδο του 0,500. Σε ικανοποιητικό επίπεδο βρίσκονται επίσης οι σωρευτικότητες (CU), συνολικά και επί μέρους, και στις δύο περιπτώσεις.

Η μονοδιάσταση (DI), έχει ικανοποιητικό επίπεδο συνολικά και στις δύο περιπτώσεις, όπως και η μονοδιάσταση κατά μεταβλητές. Στην μονοδιάσταση κατά ζεύγη, στην σημειακή αναγνωσιμότητα, όλα τα ζεύγη έχουν ικανοποιητικές τιμές, ενώ αντίθετα, στην αξονική αναγνωσιμότητα το ζεύγος των μεταβλητών b, c παρουσιάζει τιμή χαμηλότερη του αποδεκτού ορίου: ($0,611 < 0,700$).

Η τελευταία παρατήρηση θα μπορούσε να οδηγήσει σε τροποποίηση της περιγραφής, που ωστόσο, στην περίπτωση αυτή, δεν θα είχε νόημα εφόσον:

- όλες οι μεταβλητές παρουσιάζουν, αντίστοιχα, ικανοποιητικές τιμές. Πράγμα που σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κανένα άλλο ζεύγος δεν παρουσιάζει πρόβλημα δεν επιτρέπει - καταρχήν - ούτε την συναίρεση μεταβλητών, ούτε την συναίρεση διαστημάτων, ούτε την αποβολή μεταβλητών (βλ. παρ. 3.5.1).

- η χαμηλή μονοδιάσταση του ζεύγους b, c δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη ψηλή συσχέτιση του ζεύγους· αφού η συσχέτιση του ζεύγους b, c παρουσιάζεται επίσης χαμηλή ($0,664$), χαμηλότερη μάλιστα από την συνολική κλιμακωσιμότητα του ζεύγους ($0,644 < 0,670$).

- η εφαρμογή αυτή βασίζεται ήδη σε συνθέσεις χαρακτηριστικών (βλ. παρ. 4.1.) που προέκυψαν από την αρχική εφαρμογή του μοντέλου Attitude στην μελέτη Θηβών - Καποδιστρίου όπου η ανάλυση της αξονικής αναγνωσιμότητας πραγματοποιήθηκε αρχικά στο σύνολο των έξη μεμονομένων χαρακτηριστικών (ελεύθερο πλάτος, ύψος κυκλοφορίας, διέλευση λεωφορειακής γραμμής, διαχωριστική νησίδα, παρόδιο πράσινο, παρόδια όχθη ποταμού) του συνθέτουν τα τρία χαρακτηριστικά της ανάλυσης εδώ: a, b, c (βλ. ΟΑ/ΥΠΕΧΩΔΕ, 1990).

Γενικά η εφαρμογή του μοντέλου κλιμακωσιμότητας, και στις δύο περιπτώσεις θεωρήθηκε - σύμφωνα με τις τιμές των παραμέτρων του - ικανοποιητική. Ενώ, παράλληλα, οι πολύ χαμηλότερες συσχετίσεις και στις δύο εφαρμογές αποτελούν πρόσθετη επιβεβαίωση της εφαρμογής του μοντέλου της κλιμακωσιμότητας.

4.3. Η ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ (ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ) ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.

Μετά την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας, και σύμφωνα με τις σχέσεις (3.30), (3.31), (3.32) για την απόδοση βάρους στα κριτήρια και την σχέση (3.33) για τον προσδιορισμό της αξίας των συνδυασμών προσδιορίστηκε η (αρχική) διαβάθμιση των συνδυασμών κατά τους τρεις τρόπους απόδοσης βάρους: τον απλό προσθετικό, τον λογαριθμικό - προσθετικό και τον λογαριθμικό - πολλαπλασιαστικό (βλ. παρ. 3.6.) Οι τιμές των συνδέσμων τόσο στην αξονική όσο και στην σημειακή αναγνωσιμότητα για την απλή προσθετική απόδοση βάρους των κριτηρίων (SADD), για την λογαριθμική - προσθετική (LADD) και για την λογαριθμική - πολλαπλασιαστική (LMUL)

παρουσιάζονται στους πίνακες 4.3. και 4.4..

ΣΥΝ ΔΙΑ ΣΜΟΙ	ΑΠΛΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ						ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΑ / ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ				
	LOAD	SADD	RSAD	MSAD	DSAD	GSAD	LADD	RLAD	MLAD	DLAD	GLAD
333	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
332	770	776	776	776	776	776	818	818	818	818	818
331	671	562	562	562	562	562	637	637	637	637	637
311	617	184	184	184	184	184	286	286	286	286	286
211	257	57	57	57	57	57	127	127	127	127	127
111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
233	651	873	518	99	236	789	841	499	96	227	760
232	665	649	500	218	337	587	659	507	222	343	596
313	515	622	479	210	323	562	349	500	219	337	587
213	227	495	293	56	134	447	490	291	56	132	443
231	648	435	335	147	226	393	478	368	161	249	432
113	391	438	260	50	118	396	363	215	41	98	328
131	191	378	291	127	197	342	351	270	118	183	317

ΣΥΝ ΔΙΑ ΣΜΟΙ	ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΑ / ΠΟΛ/ΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ						ΜΟΝΤΕΛΟ REGIME		
	LOAD	LMUL	RLMU	MLMU	DLMU	GLMU	REG3	REG1	REG2
333	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	13	13
332	770	695	695	695	695	695	711	8	10
331	671	608	608	608	608	608	380	6	8
311	617	241	241	241	241	241	135	3	3
211	257	61	61	61	61	61	60	2	2
111	0	0	0	0	0	0	0	1	1
233	651	820	486	93	222	741	925	12	12
232	665	515	397	174	466	466	635	7	8
313	515	633	487	213	329	572	756	11	11
213	227	453	269	51	122	410	680	10	8
231	648	428	330	144	223	387	305	5	6
113	391	322	191	37	87	354	620	9	5
131	191	367	283	124	191	332	244	4	4

Πίνακας 4.3. Διαβαθμίσεις της αξονικής αναγνωσιμότητας (τρίτη μεταβλητή, LOAD, και εναλλακτικά μοντέλα.

Στους πίνακες 4.3. και 4.4. εκτός από τις (αρχικές) διαβαθμίσεις των συνδυασμών παρουσιάζονται (με ομαλοποιημένες τιμές 0 - 1000) επίσης:

- οι τιμές της τρίτης μεταβλητής (LOAD) που αποτελεί το γινόμενο του μέσου φόρτου των συνδέσμων κάθε συνδυασμού με την ρίζα της χρησιμοποιούμενης ικανότητας πληρότητας*.
- Πρόκειται για την μεταβλητή που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω (παρ. 4.4.) για την εμπειρική βεβαίωση της εφαρμογής.

* Η χρησιμοποίηση γινομένων φόρτου/χρησιμοποιούμενης ικανότητας αποτελεί αποδεκτή πρακτική στον σχεδιασμό ως δείκτης της σχετικής ζήτησης στην αξιολόγηση συγκοινωνιακών συστημάτων (βλ., π.χ., Lane et al, 1974). Η σύγκριση, συνεπώς, των παραγόμενων διαβαθμίσεων με την τρίτη μεταβλητή (LOAD) έχει την έννοια του πόσο έντονα οι συνθέσεις των κριτηρίων της αναγνωσιμότητας σε ενιαίες κλίμακες (διαβαθμίσεις) συνδέονται με την προτίμηση (πραγματική και σχετική) των χρηστών. Βλέποντας την σχέση από την πλευρά της προτίμησης μπορούμε να πούμε ότι η σύγκριση αποβλέπει στην διακρίβωση της αντιπροσωπευτικότερης σύνθεσης των κριτηρίων (εναλλακτικών διαβαθμίσεων) στην απόδοση της προτίμησης.

ΣΥΝ ΔΙΑ ΣΜΟΙ	LOAD	ΑΠΛΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ					ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΑ / ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ				
		SADD	RSAD	MSAD	DSAD	GSAD	LADD	RLAD	MLAD	DLAD	GLAD
333	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
331	462	389	389	389	389	389	647	647	647	647	647
311	97	223	223	223	223	223	302	302	302	302	302
211	73	77	77	77	77	77	139	139	139	139	139
111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
233	337	854	369	77	202	752	837	362	76	198	737
133	257	777	336	70	184	684	698	302	63	165	614
213	169	488	211	44	115	429	492	213	45	116	433
231	134	443	291	133	215	390	484	318	146	235	426
113	50	411	178	37	97	362	353	153	32	83	311
131	168	366	241	110	178	322	345	227	104	168	304

ΣΥΝ ΔΙΑ ΣΜΟΙ	LOAD	ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΑ / ΠΟΛ/ΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ					ΜΟΝΤΕΛΟ REGIME		
		LMUL	RLMU	MLMU	DLMU	GLMU	REG3	REG1	REG2
333	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	11	11
331	462	626	626	626	626	626	413	6	8
311	97	271	271	271	271	271	146	3	3
211	73	65	65	65	65	65	78	2	2
111	0	0	0	0	0	0	0	1	1
233	337	794	344	72	187	699	932	10	10
133	257	729	316	66	172	642	854	9	9
213	169	439	190	40	104	386	665	8	7
231	134	420	276	126	204	370	345	5	6
113	50	374	162	34	88	329	587	7	5
131	168	355	234	107	173	312	267	4	4

Πίνακας 4.4. Διαβαθμίσεις της σημειακής αναγνωσιμότητας (τρίτη μεταβλητή, LOAD, και εναλλακτικά μοντέλα.

-οι τιμές των (τελικών) διαβαθμίσεων σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο κλιμακωσιμότητας και την σχέση μείωσης των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών (3.34): είναι, κατά τρόπους απόδοσης βαρών, οι RSAD, RLAD και RLMU αντίστοιχα.

-οι τιμές των διαβαθμίσεων σύμφωνα με την ίδια σχέση μείωσης των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών αλλά και με δείκτες κλιμακωσιμότητας αυτούς των Maitre (Loevinger), Degenne και Guttman.

Οι αντίστοιχοι δείκτες που χρησιμοποιούνται στους πίνακες είναι MSAD, DSAD και GSAD για την απλή προσθετική απόδοση βάρους κριτηρίων, οι MLAD, DLAD και GLAD για την λογαριθμική - προσθετική και οι MLMU, DLMU και GLMU για την λογαριθμική πολλαπλασιαστική.

-οι τιμές των διαβαθμίσεων REG3, REG1 και REG2 που παρήχθησαν από την εφαρμογή του μοντέλου Regime (βλ. παρ.1 και Hinlopen et al 1983) στα δεδομένα της αξονικής και της σημειακής αναγνωσιμότητας. Το μοντέλο αυτό, δεν αποτελεί, φυσικά, ανάλυση

** Είναι φανερό ότι η διαβάθμιση σύμφωνα με τα μοντέλα Maitre, Degenne και Guttman εξυπηρετεί την ανάγκη εμπειρικής σύγκρισης του προτεινόμενου μοντέλου με τα προηγούμενα (βλ. παρ. 4.4.).

κλιμακωσιμότητας. Έτσι οι τιμές REG1 και REG2 αποτελούν απλα τακτικές κλίμακες που παρήχθησαν χωρίς απόδοση βάρους στα κριτήρια αλλά με την απλή διάταξή τους $c \geq b \geq a$ ομοιόμορφα προς την διάταξη των βαρών που χρησιμοποιήθηκε στα μοντέλα της κλιμακωσιμότητας.

Σημειώνεται ότι η σχετική αξία των δύο συνιστωσών της ανάλυσης Regime είναι $RE1/RE2 = 0,75/0,25 = 3,0$ σύμφωνα με τις τιμές των οριζουσών δύο διαφορετικών συνθέσεων των κριτηρίων σε πολυέδρα ακροτάτων τιμών όπως προβλέπει η μέθοδος.

Αντίθετα η διαβάθμιση REG3, σε αριθμητική κλίμακα, στηρίζεται σε αποδόσεις βάρους στα κριτήρια σταθμισμένες με την σχετική αξία των δύο παραμέτρων REG1 και REG2.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την διαβάθμιση της κλιμακωσιμότητας δοκιμάστηκαν, επίσης άλλες οκτώ σχέσεις αντίστοιχες προς την σχέση (3.34)· άλλες περισσότερο εξειδικευμένες (μείωση κατά επιμέρους κλιμακωσιμότητες κριτηρίων) και άλλες λιγότερο (μείωση κατά την συνολική κλιμακωσιμότητα και ενιαίο σφάλμα για όλους τους συνδυασμούς). Δεδομένου ότι οι συσχετίσεις των διαβαθμίσεων αυτών με την τρίτη μεταβλητή (LOAD) ελάχιστα διαφέρουν από τις συσχετίσεις της σχέσεως (3.34) δεν παρουσιάζονται, εδώ.

Μια ουσιαστική παρατήρηση τυπικής επιβεβαίωσης της χρήσης των σχέσεων μείωσης για τους εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμούς προκύπτει από τα στοιχεία των πινάκων 4.3. και 4.4.. Και στις δύο περιπτώσεις το ποσοστό της συνολικής αξίας των συνδυασμών εντός της κύριας συμπεριφοράς για την τρίτη μεταβλητή (LOAD) φτάνει στο ύψος του 50,20% για την αξονική αναγνωσιμότητα και του 59,41% για την σημειακή.

Αντίθετα στις αρχικές (= χωρίς μείωση της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών) διαβαθμίσεις, SADD, LADD, LMUL το αντίστοιχο ύψος των αξιών φτάνει στο 39,87%, 42,81% και 42,41% για την αξονική αναγνωσιμότητα και στο 33,59, 39,42 και 38,68% για την σημειακή (βλ. πίνακες 4.3. και 4.4.). Πράγμα που συναπάγεται δραστική μείωση των αξιών των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών έτσι ώστε να εξισορροπηθούν οι σχέσεις αξιών μεταξύ της τρίτης μεταβλητής (LOAD) και των διαβαθμίσεων της κλιμακωσιμότητας.

4.4. Η ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΒΕΒΑΙΩΣΗ.

Η σύγκριση των διαβαθμίσεων - κατά μοντέλα - με την τρίτη μεταβλητή (ελέγχου) προσφέρει τις δυνατότητες:

- επιλογής του τρόπου απόδοσης των βαρών κατά κριτήρια· επιλογής, δηλαδή, του καλύτερου τρόπου απόδοσης βαρών μεταξύ του απλού προσθετικού του λογαριθμικού/προσθετικού και του λογαριθμικού/πολλαπλασιαστικού, εδώ.

- βεβαίωσης της προσαρμογής της διαβάθμισης των εκτός της κύριας συμπεριφοράς

συνδυασμών της μείωσης, δηλαδή, της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών ανάλογα προς τον αριθμό των λαθών κατά συνδυασμό και τον δείκτη κλιμακωσιμότητας στην προκειμένη εφαρμογή.

-βεβαίωσης της σχετικής επάρκειας της διαβάθμισης με το εξεταζόμενο μοντέλο κλιμάκωσης ως προς άλλα μοντέλα διαβάθμισης. Η βεβαίωση αυτή επιχειρείται εδώ με την σύγκριση της διαβάθμισης με το προτεινόμενο μοντέλο ως προς τις αντίστοιχες διαβαθμίσεις με τρία άλλα μοντέλα κλιμακωσιμότητας (των Maitre, Degenne και Guttman) και με ένα άλλο μοντέλο, το μοντέλο Regime που θεωρείται ως πολύ ικανοποιητική προσέγγιση στην ανάλυση αξιολόγησης σε δομές ανεξάρτητων κριτηρίων (βλ. Nijkamp and Rietveld 1986).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η παραβολή των συσχετίσεων μεταξύ της μεταβλητής ελέγχου - του φορτου και της χρησιμοποιουμένης ικανότητας, LOAD - και των εναλλακτικών διαβαθμίσεων των πινάκων 4.3. για την αξονική και 4.4. για την σημειακή αναγνωσιμότητα, αποτέλεσε το πρώτο βήμα εμπειρικής βεβαίωσης.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	ΤΡΟΠΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ		
	ΑΠΛΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟΣ	ΛΟΓΑΡ/ΚΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟΣ	ΛΟΓΑΡ/ΚΟΣ ΠΟΛΛ/ΚΟΣ
	SAD	LAD	LMU
1. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ (R)	0,8517	0,8882	0,8597
2. MAITRE (M)	0,7708	0,7734	0,7708
3. DEGENNE (D)	0,8196	0,8321	0,8197
4. GUTTMAN (G)	0,8028	0,8627	0,8254
5. ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΩΣΗ (ΑΡΧΙΚΟ)	0,7758	0,8417	0,8043
6. REGIME	(RE3) : 0,6184		

Πίνακας 4.5. Οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ της τρίτης μεταβλητής (LOAD) και των εναλλακτικών διαβαθμίσεων του πίνακα 4.3. (αξονική αναγνωσιμότητα).

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	ΤΡΟΠΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ		
	ΑΠΛΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟΣ	ΛΟΓΑΡ/ΚΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟΣ	ΛΟΓΑΡ/ΚΟΣ ΠΟΛΛ/ΚΟΣ
	SAD	LAD	LMU
1. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ (R)	0,9713	0,9638	0,9691
2. MAITRE (M)	0,9315	0,8907	0,9071
3. DEGENNE (D)	0,9643	0,9314	0,9432
4. GUTTMAN (G)	0,8152	0,8864	0,8848
5. ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΩΣΗ (ΑΡΧΙΚΟ)	0,7936	0,8326	0,8333
6. REGIME	(RE3) : 0,6619		

Πίνακας 4.6. Οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ της τρίτης μεταβλητής (LOAD) και των εναλλακτικών διαβαθμίσεων του πίνακα 4.4. (σημειακή αναγνωσιμότητα).

Στον πίνακα 4.5. παρουσιάζονται οι γραμμικές συσχετίσεις, για την αξονική αναγνωσιμότητα, μεταξύ της μεταβλητής ελέγχου και των εναλλακτικών διαβαθμίσεων. Αντίστοιχα στον πίνακα 4.6. παρουσιάζονται οι γραμμικές συσχετίσεις για την σημειακή αναγνωσιμότητα.

Τα συμπεράσματα από τις γραμμικές συσχετίσεις και στις δύο περιπτώσεις της αναγνωσιμότητας, αξονικής και σημειακής, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Μια συνοπτική παρουσίασή τους είναι η ακόλουθη:

4.4.1.Και στις δύο περιπτώσεις ανάλυσης, η μέθοδος Regime - η μόνη ανάλυση ανεξάρτητης δομής κριτηρίων - παρουσιάζει συσχέτιση χαμηλότερη του στατιστικού ορίου αποδοχής γραμμικής εξάρτησης (0,7071). Αντίθετα, οι διαβαθμίσεις οι στηριζόμενες στην κλιμακωσιμότητα των κριτηρίων - ακόμη και η αρχική, χωρίς μείωση της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών - παρουσιάζουν ικανοποιητικές στατιστικά συσχετίσεις.

Η παρατήρηση αυτή βεβαιώνει εμπειρικά την χρήση του μοντέλου κλιμακωσιμότητας στην ανάλυση των δύο εφαρμογών.

4.4.2.Και στις δύο εφαρμογές η χωρίς μείωση (αρχική) διαβάθμιση υπολείπεται σημαντικά των συσχετίσεων των (με μείωση) μοντέλων της κλιμακωσιμότητας. Εξαιρέση αποτελούν τα μοντέλα Maitre στην σημειακή αναγνωσιμότητα και το λογαριθμικό/προσθετικό μοντέλο του Degenne στην σημειακή αναγνωσιμότητα επίσης. Η παρουσίαση αυτή επιβεβαιώνει εμπειρικά την μείωση της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών όπως πραγματοποιήθηκε στα τέσσερα μοντέλα της κλιμακωσιμότητας. Σε συνδυασμό, άλλωστε, και με την τελευταία παρατήρηση της προηγούμενης (4.3) παραγράφου.

4.4.3.Οι αποκλίσεις των τιμών των συσχετίσεων μεταξύ των τριών διαφορετικών τρόπων απόδοσης βάρους των κριτηρίων (αποκλίσεις κατά γραμμές στους δύο πίνακες) είναι πολύ χαμηλότερες από τις αντίστοιχες αποκλίσεις (κατά στήλες) μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών μοντέλων κλιμακωσιμότητας. Πράγμα που ισχύει και για τις δύο εφαρμογές.

Η παρατήρηση αυτή αναδεικνύει εμπειρικά την σπουδαιότητα της επιλογής μοντέλου ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας.

4.4.4.Και στις δύο περιπτώσεις εφαρμογών, όπως και στα τρία πρότυπα απόδοσης βάρους στα κριτήρια το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει αρκετά ψηλότερες συσχετίσεις με την τρίτη μεταβλητή απ' ό,τι τα άλλα μοντέλα κλιμακωσιμότητας. Πράγμα που επιβεβαιώνει εμπειρικά την επάρκεια του προτεινόμενου μοντέλου.

4.4.5.Το μοντέλο του Degenne παρουσιάζει γενικά ψηλότερες συσχετίσεις από τα δύο

άλλα - πλην του προτεινόμενου - μοντέλα κλιμακωσιμότητας. Πράγμα που επιβεβαιώνει εμπειρικά, την κριτική του Degenne στο μοντέλο του Maitre.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν από τον υπολογισμό των γραμμικών συσχετίσεων ελέγχθηκε η γραμμικότητα της σχέσης μεταξύ της τρίτης μεταβλητής και των διαβαθμίσεων ως προς άλλες μορφές σχέσης: την σχέση δυνάμεως, την εκθετική και την λογαριθμική σχέση.

Σε όλες τις περιπτώσεις αποδείχτηκε ότι η γραμμική σχέση μεταξύ της τρίτης μεταβλητής και των διαβαθμίσεων ανταποκρίνεται, γενικά, καλύτερα, από τις άλλες σχέσεις που παρουσιάζει, δηλαδή, μεγαλύτερο συντελεστή προσδιορισμού (R^2).

Ενας πρόσθετος έλεγχος ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε με τον προσδιορισμό των τακτικών συσχετίσεων (συσχετίσεις Kendall) μεταξύ της τρίτης μεταβλητής και των διαβαθμίσεων. Στον πίνακα 4.7. παρουσιάζονται οι τακτικές συσχετίσεις Kendall στην αξονική αναγνωσιμότητα. Σημειώνεται ότι, εδώ, η ανάλυση με το μοντέλο Regime αποδίδεται με τις δύο διαβαθμίσεις την REG 1 και REG 2 (βλ. παρ. 4.3.).

Όπως γίνεται φανερό από τον πίνακα οι τακτικές συσχετίσεις στην αξονική αναγνωσιμότητα επιβεβαιώνουν όλα τα συμπεράσματα, 4.4.1./4.4.5., πάνω στις γραμμικές συσχετίσεις. Πράγμα που ισχύει και για τις τακτικές συσχετίσεις στην σημειακή αναγνωσιμότητα.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	ΤΡΟΠΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ		
	ΑΠΛΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟΣ	ΛΟΓΑΡ/ΚΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟΣ	ΛΟΓΑΡ/ΚΟΣ ΠΟΛΛ/ΚΟΣ
	SAD	LAD	LMU
1. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ (R)	0,8846	0,8974	0,8462
2. MAITRE (M)	0,8462	0,8462	0,8333
3. DEGENNE (D)	0,8718	0,8462	0,8462
4. GUTTMAN (G)	0,8058	0,8590	0,8333
5. ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΩΣΗ (ΑΡΧΙΚΟ)	0,8077	0,8205	0,8077
6. REGIME	REG 1 = 0,7051 REG 2 = 0,8194		

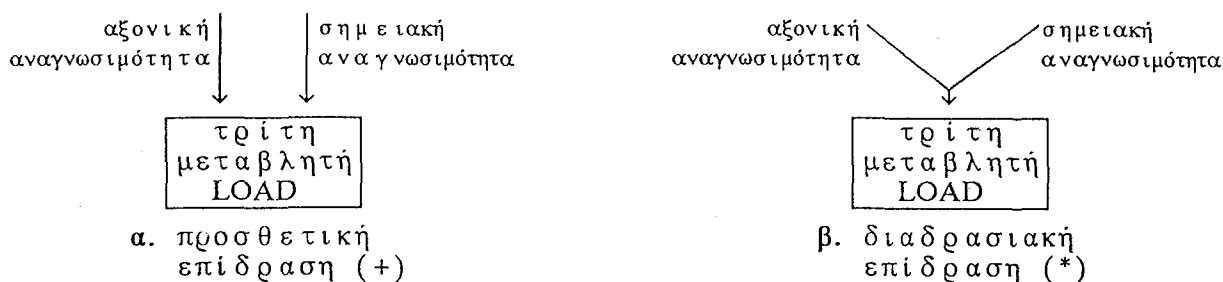
Πίνακας 4.7. Οι τακτικές συσχετίσεις (Kendall) μεταξύ της τρίτης μεταβλητής (LOAD) και των εναλλακτικών διαβαθμίσεων του πίνακα 4.3.

Στην κατεύθυνση του ελέγχου της προγνωστικής αξίας της αξονικής και της σημειακής αναγνωσιμότητας για τα μεγέθη της ζήτησης μετακινήσεων - όπως εκφράζονται με την σύνθετη μεταβλητή ελέγχου (LOAD: φόρτος αξόνων και χρησιμοποιούμενη ικανότητα) - επιχειρήθηκε η παλινδρόμηση των συνδυασμών της σημειακής και της αξονικής αναγνωσιμότητας στην τρίτη μεταβλητή (LOAD).

Όπως παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 4.4. η παλινδρόμηση επιχειρήθηκε υποθέτοντας δύο διαφορετικές σχέσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών: αφενός την προσθετική επίδρασή του στην εξαρτημένη (προς πρόγνωση) μεταβλητή LOAD και, αφετέρου, την διαδραστική επίδρασή τους στην μεταβλητή LOAD (βλ. Ρόκος 1984).

Φυσικά, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι παλινδρομίσεις, οι 13 συνδυασμοί της αξονικής

αναγνωσιμότητας ανήχθησαν, προηγουμένως, στις κατηγορίες των 11 συνδυασμών της σημειακής αναγνωσιμότητας βάσει των αρχικών δεδομένων (βλ. σχήματα 4.2. και 4.3.).



Σχήμα 4.4. Τα δύο διαφορετικά πρότυπα επίδρασης των διαβαθμίσεων αναγνωσιμότητας στην τρίτη μεταβλητή (ελέγχου).

Σημειώνεται επίσης ότι οι παλινδρομήσεις πραγματοποιήθηκαν για όλους τους συνδυασμούς ($3 \times 3 = 9$) μεταξύ των τριών τρόπων απόδοσης βαρών στην αξονική και στην σημειακή αναγνωσιμότητα π.χ. απλή προσθετική σημειακή με λογαριθμική - πολλαπλασιαστική αξονική, αναγνωσιμότητα κ.λπ.).

Στον πίνακα 4.8. δίνονται τα αποτελέσματα των παλινδρομήσεων στα τέσσερα μοντέλα της κλιμακωσιμότητας καθώς και τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την χωρίς μείωση διαβάθμιση και για το μοντέλο Regime.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ (R^2)	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΡΟΠΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΟΝ./ΣΗΜ.	ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΤΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ ($\text{ΜΕΓΙΣΤΟΥ } R^2$)		ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ R^2 ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΣΥΝΔ/ΜΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ (q)	ΣΧΕΤΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤ/ΛΗΣ ΤΟΥ R^2 ΣΤΟΥΣ 8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ
Α. ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ			ΑΝ/ΤΑ	ΑΝ/ΤΑ		
ΠΡΟΤ/ΝΟ ΜΟΝΤ.	0,9452	SAD/LMU	0,6245	>0,9999	0,9395	1,6%
ΜΟΝΤ. MAITRE	0,9089	LAD/SAD	0,9066	0,9998	0,8437	8,9%
ΜΟΝΤ. DEGENNE	0,9386	LAD/SAD	0,6873	>0,9999	0,9024	6,9%
ΜΟΝΤ. GUTTMAN	0,7873	SAD/LAD	0,1839	0,9938	0,7556	11,9%
ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΩΣΗ ΑΞΙΑΣ	0,7044	LAD/LAD	0,4010	0,9559	0,6879	6,8%
ΜΟΝΤ. REGIME	0,5112					
Β. ΔΙΑΔΡΑΣΙΑΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ (τιμή της σημειακής αναγν/τας X [τιμή] $^{1/1,5}$ της αξονικής αναγνωσιμότητας).						
ΠΡΟΤ/ΝΟ ΜΟΝΤ.	0,9518	SAD/LMU	> 0,9999		0,9389	3,1%
ΜΟΝΤ. MAITRE	0,8952	SAD/LMU	> 0,9999		0,8589	7,4%
ΜΟΝΤ. DEGENNE	0,9428	SAD/LMU	> 0,9999		0,9095	6,7%
ΜΟΝΤ. GUTTMAN	0,8280	LAD/SAD	> 0,9998		0,7935	12,0%
ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΩΣΗ ΑΞΙΑΣ	0,7535	LAD/LAD	> 0,9995		0,7364	6,8%
ΜΟΝΤ. REGIME	0,5203					

Πίνακας 4.8. Τιμές παραμέτρων των παλινδρομήσεων της αξονικής και σημειακής αναγνωσιμότητας στην μεταβλητή ελέγχου (πραγματική και σχετική ζήτηση).

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του πίνακα 4.8. η σύνθεση των δύο αναγνωσιμότητων για την πρόγνωση της (τρίτης) μεταβλητής (LOAD) δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής αφού και στις δύο περιπτώσεις σύνθεσης (αθροιστικής και διαδραστικής) η ρίζα του συντελεστή προσδιορισμού (R^2) ελάχιστα υπερέχει των αντίστοιχων τιμών της συσχέτισης της σημειακής αναγνωσιμότητας με την μεταβλητή των ικανοτήτων. Είναι 0,9722 και 0,9756 έναντι 0,9713, π.χ., στην περίπτωση του προτεινόμενου μοντέλου.

Παρατηρείται, επίσης, ότι η διαδραστική σύνθεση των δύο διαβαθμίσεων είναι πολύ πιο αξιόπιστη από την προσθετική. Και τούτο όχι μόνον γιατί προσφέρει, γενικά, ψηλότερους συντελεστές προσδιορισμού αλλά και γιατί η αξονική αναγνωσιμότητα, στην περίπτωση της προσθετικής επίδρασης, ελάχιστα προσφέρει στην παλινδρόμηση (παράβαλε τις χαμηλές τιμές βεβαιότητας του τέστ-t στον πίνακα).

Σημειώνεται, πάντως, ότι παρά την χαμηλή συνεισφορά της αξονικής αναγνωσιμότητας στην αύξηση της καθέκαστα αξίας των δύο αναγνωσιμότητων για την πρόγνωση της (τρίτης) μεταβλητής -LOAD- το επίπεδο της αξίας της σύνθεσης των δύο αναγνωσιμότητων με το διαδραστικό μοντέλο είναι πολύ ικανοποιητικό. Ιδιαίτερα μάλιστα με το προτεινόμενο μοντέλο που, και εδώ, παρουσιάζεται ικανοποιητικότερο από τα άλλα μοντέλα κλιμακωσιμότητας.

Γενικά, η εφαρμογή της παλινδρόμησης επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα 4.4.1./4.4.5. από τις γραμμικές συσχετίσεις των διαβαθμίσεων των συνδυασμών με την μεταβλητή ελέγχου. Ωστόσο, ένα σημαντικό, έκτο, συμπέρασμα - με βάση την τελευταία στήλη του πίνακα 4.8.- θα μπορούσε να διατυπωθεί εδώ, αν και επιβεβαιώνεται και από τους προηγούμενους πίνακες 4.5./4.7.:

4.4.6. Το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει πολύ *ψηλότερη σταθερότητα* διαβάθμισης από τα άλλα μοντέλα κλιμακωσιμότητας.

Και για τις δύο περιπτώσεις αναγνωσιμότητας, και για τους τρεις τρόπους απόδοσης βαρών αλλά και για τους εννέα τρόπους σύνθεσης των δύο αναγνωσιμότητων για την πρόγνωση, η επιρροή των διαφορών των διαβαθμίσεων στην συσχέτισή του με την μεταβλητή ελέγχου είναι χαμηλή, γενικά, και πολύ χαμηλότερη απότι στα άλλα μοντέλα.

Σύμφωνα με την ανάλυση συσχετίσεων και την ανάλυση εξάρτησης που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο αυτή (βλ. παρατηρήσεις 4.4.1./4.4.6.), το προτεινόμενο μοντέλο ανάλυσης βεβαιώνεται εμπειρικά: *βεβαιώνεται εμπειρικά όχι μόνον η μεγαλύτερη επάρκεια του προτεινόμενου μοντέλου έναντι των άλλων μοντέλων κλιμακωσιμότητας (ψηλότερη και σταθερότερη προσέγγιση της τρίτης μεταβλητής) αλλά και η επιλογή των προτύπων μείωσης της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών καθώς και η επιλογή της ανάλυσης κλιμακωσιμότητας ως τρόπου προσέγγισης της δομής της σχέσεως των κριτηρίων έναντι της ανάλυσης ανεξάρτητης δομής για την συγκεκριμένη εφαρμογή.*

Η εμπειρική βεβαίωση του προτεινόμενου μοντέλου όπως διατυπώνεται επιτρέπει την ερμηνεία της εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου που ακολουθεί.

4.5. Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.

Η ερμηνεία της εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου στηρίζεται στα δεδομένα της ανάλυσης της κλιμακωσιμότητας (πίνακες 4.1. και 4.2.) και της εμπειρικής βεβαίωσης (πίνακες 4.5./4.8.), σε συνδυασμό (παραβολή) με τα αρχικά δεδομένα τους (σχήματα 4.1. και 4.2.).

Τα κύρια συμπεράσματα από την ερμηνεία είναι τα ακόλουθα:

4.5.1. *Τόσο η αξονική όσο και η σημειακή, ιδιαίτερα, αναγνωσιμότητα, όπως διαβαθμίζονται με το προτεινόμενο μοντέλο, συνδέονται ισχυρά με την διαμόρφωση των φόρτων στο εξεταζόμενο δίκτυο αξόνων. Και τούτο παρά το γεγονός (αντιφατικό καταρχήν) του άμορφου πολεοδομικού και κυκλοφοριακού χαρακτήρα της περιοχής.*

4.5.2. *Η σημειακή αναγνωσιμότητα συνδέεται αρκετά ψηλότερα με την διαμόρφωση των φόρτων (συλλογική προτίμηση μετακίνησης) απότι η αξονική. Πράγμα που, οπωσδήποτε, αποτελεί ιδιαιτερότητα της περιοχής αφού το αντίστροφο αποτελεί κανόνα για την διεθνή εμπειρία (βλ. Appleyard et al 1964) .*

Στη χώρα μας, δυστυχώς, δεν υπάρχουν ειδικές μελέτες διαμόρφωσης της νοητικότητας του χρήστη (mental maps analysis) ή αναλύσεις συγχύσεων ή παραμορφώσεων των σημαινόντων (sign confusability ή sign distortion analysis). Εν τούτοις δεν διακρίνονται, γενικά, κάποιοι λόγοι διαφοροποίησης από την διεθνή εμπειρία.

Συνεπώς η σημαντική υστέρηση της αξονικής έναντι της σημειακής αναγνωσιμότητας της περιοχής δεν θα μπορούσε να αποδοθεί παρά στην ιδιαιτερότητα της περιοχής. Πράγματι, ενώ στην περιοχή υπάρχουν πολύ σημαντικοί άξονες μεγάλης κυκλοφορίας υψηλής αξονικής αναγνωσιμότητας (εθνική οδός) καθώς και πολύ χαμηλής αξονικής αναγνωσιμότητας άξονες με περιορισμένη κυκλοφορία υπάρχουν, ωστόσο, και άξονες υψηλής αξονικής αναγνωσιμότητας όπως, π.χ., η Κύμης (127, 118, 117), η Βυζαντίου (109) και - πολύ περισσότερο - η Νυμφαίου/Αλφειού (5) που υποχρησιμοποιούνται λόγω της πλήρους έλλειψης συντονισμένου συγκοινωνιακού σχεδιασμού στην περιοχή (βλ. Ρόκος 1990, ΟΑ 1990).

Ετσι η σημειακή αναγνωσιμότητα απομένει ως η ασφαλέστερη σημειοδότηση για τον χρήστη στην περιοχή, πράγμα που εξηγεί το προβάδισμά της στην διαμόρφωση των φόρτων (προτίμησης).

4.5.3. *Η περιορισμένη σύζευξη αξονικής και σημειακής αναγνωσιμότητας στην διαμόρφωση της προτίμησης του χρήστη. Οπως προκύπτει από την χαμηλή απόδοση τόσο της αθροιστικής όσο και της διαδραστικής σύζευξης των δύο αναγνωσιμότητων στην απόδοση της συλλογικής προτίμησης (παράβαλε πίνακες 4.8., 4.5. και 4.6.). Πρόκειται και εδώ για ιδιομορφία της περιοχής οφειλόμενη στον ασχεδιαστο χαρακτήρα της: η προσθετική αστική ανάπτυξη της περιοχής δεν επέτρεψε τον συντονισμό της με τα συγκοινωνιακά έργα που ήρθαν, εκ των υστέρων, να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της περιοχής.*

4.5.4. Η σημαντική υστέρηση της αξονικής έναντι της σημειακής αναγνωσιμότητας (λόγω της έλλειψης συντονισμένου συγκοινωνιακού σχεδιασμού) και η περιορισμένη σύζευξη αξονικής/σημειακής αναγνωσιμότητας (λόγω της ασχεδίαστης/προσθετικής ανάπτυξης της) εξηγούν την (αντιφατική, καταρχήν) ισχυρή (καθέκαστα) σύνθεση των δύο αναγνωσιμοτήτων με την συλλογική προτίμηση (διαμόρφωση των φόρτων του δικτύου). Τα συμπεράσματα 4.5.3. και 4.5.2., δηλαδή, εξηγούν - δυνάμει* - το συμπέρασμα 4.5.1.: η χαμηλή σύζευξη αξονικής/σημειακής αναγνωσιμότητας - οφειλόμενη στην ασχεδίαστη ανάπτυξη της περιοχής - και η χαμηλή σχετική αξονική αναγνωσιμότητα οφειλόμενη στην, εκ των υστέρων, διαμόρφωση της συγκοινωνιακής υποδομής της, επιβάλουν στον χρήστη την διπλή και ισχυρή, σχετικά, έδραση της προτίμησής του και στις δύο κατηγορίες σημειοδότησης. Το συμπέρασμα αυτό δικαιώνει - στο επίπεδο της σημασιολόγησης (σημαντική) - την ανάλυση της κλιμακωσιμότητας (συντακτική), για την παρέμβαση προς διευκόλυνση της σημερινής πρακτικής του χρήστη (πραγματική).

4.5.5. Η αξονική αναγνωσιμότητα κλιμακώνει τα κριτήρια απόδοσής της (διαβάθμισής της) αρκετά πιό ικονοποιητικά από την σημειακή: όπως προκύπτει από τον αρχικά ψηλότερο δείκτη κλιμακωσιμότητας στην αξονική (0,770) έναντι της σημειακής (0,658) αναγνωσιμότητας. Πράγμα που ισχύει, άλλωστε, όχι μόνον ως προς το προτεινόμενο μοντέλο αλλά και ως προς όλα τα άλλα μοντέλα κλιμακωσιμότητας (παράβαλε τιμές πινάκων 4.1. και 4.2.).

Στον βαθμό που το συμπέρασμα αυτό δεν οφείλεται στην επιλογή των κριτηρίων, συμφωνεί οπωσδήποτε με την διεθνή εμπειρία. Εφόσον για τον χρήστη τα κριτήρια της οδικής αναγνωσιμότητας είναι πολύ πιό άμεσα αντιληπτά (αισθητά) από αυτά της σημειακής ενώ για τον σχεδιασμό η εναρμόνιση της σχέσης οδικής σημειοδότησης - κυκλοφοριακού φόρτου είναι αρκετά απλούστερη (σχεδιάσιμη) από την σχέση πολεοδομικής σημειοδότησης - κυκλοφοριακού φόρτου.

Ετσι, αν υπάρχει κάποια τοπική ιδιαιτερότητα στις σχέσεις κλιμάκωσης των δύο αναγνωσιμοτήτων αυτή θα έπρεπε να αναζητηθεί, μάλλον, στο χαμηλό προβάδισμα της αξονικής έναντι της σημειακής.

4.5.6. Οι σχέσεις συνεπαγωγής μεταξύ των κριτηρίων (σχέσεις εγκλεισμού - στατιστικά) παρουσιάζουν αρκετά σαφέστερη σημασιολόγηση (σημαντική) στην σημειακή αναγνωσιμότητα απότι στην αξονική. Πρόκειται για μια αξιοπρόσεκτη αντίθεση ως προς το συμπέρασμα 4.5.5.. Μια αντίθεση που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αντίθεση συντακτικής (4.5.5.) /σημαντικής (4.5.6.) στην σχέση των δύο αναγνωσιμοτήτων. Στην σημειακή αναγνωσιμότητα ο εγκλεισμός (συνεπαγωγή) μεταξύ των τριών κριτηρίων είναι σαφής: το "δυσκολότερο" κριτήριο - τα κύρια οδικά στοιχεία

* Η ασθενής αξιολόγηση των "δυνάμει" συμπερασμάτων (συνεπαγωγών) στα σώματα γνώσεων όπου η συνεπαγωγή έχει περιορισμένη (στατιστική) ισχύ (βλ. Ρόκος 1984) δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί εδώ· αφού η διερεύνηση της στάσεως του χρήστη με ερωτηματολόγια ήταν ανέφικτη. Ενώ, παράλληλα, λείπουν αντίστοιχες διερευνήσεις στο παρελθόν.

(διασταυρώσεις με γέφυρες, τραίνα, διάβαση τούνελ, κ.λ.π.) - συνεπάγονται την παρουσία των κύριων στοιχείων αστικών λειτουργιών (γήπεδα, στρατόπεδα, πλατείες, κ.λ.π.) που, με τη σειρά τους, συνεπάγονται το "ευκολότερο" κριτήριο της σημειακής αναγνωσιμότητας' τις δευτερεύουσες λειτουργίες (σχολεία δημόσια κτίρια, κ.λ.π.).

Είναι σαφές ότι η αλυσίδα της συνεπαγωγής (εγκλεισμού) των κριτηρίων συνδέεται άμεσα με την νοητικότητα (mentality) και την αντιληπτικότητα (pattern recognition) του χρήστη στην σημειακή αναγνωσιμότητα. Τα κύρια οδικά στοιχεία σημειοδοτούν εντονότερα το δίκτυο για τον χρήστη ακολουθούμενα από τα μη καθαρά οδικά, επί-της-οδού, στοιχεία (land marks)' τις παρά-την-οδό, αστικές λειτουργίες. Ενώ και εδώ η αντιληπτικότητα του χρήστη συμβαδίζει με την σημειοδοτούσα ποιότητα των λειτουργιών: οι κύριες παρά την οδό λειτουργίες - μακρότερου χρόνου ή εντονότερου ερεθισμού της αντίληψής του - τον επηρεάζουν περισσότερο (συνεπάγονται) τις δευτερεύουσες αστικές λειτουργίες.

Αντίθετα στην γραμμική αναγνωσιμότητα οι σχέσεις συνεπαγωγής των κριτηρίων δεν παρουσιάζουν την σαφήνεια της σημειακής αναγνωσιμότητας. Εδώ οι συνεπαγωγές (κατά μήκος όχθη ή πράσινο συνεπάγεται ενδιάμεση νησίδα πρασίνου που με την σειρά της συνεπάγεται την ποιότητα της κυκλοφορίας) θα μπορούσαν να αποδοθούν περισσότερο στην τοπική ιδιαιτερότητα ή στην επιλογή των κριτηρίων των κλιμάκων (βαθμίδων) τους παρά σε καθολικότερες σχέσεις σημαίνοντος - σημαινόμενου. Αφού οι συνεπαγωγές αυτές δεν ανταποκρίνονται στην διεθνή εμπειρία ενώ η δρομολόγηση των λεωφοριακών γραμμών στην περιοχή (υποκριτήριο του τρίτου κριτηρίου) δεν ακολουθεί συστηματικά τις προσφερόμενες συγκοινωνιακές δυνατότητες.

4.5.7. Η ουσιαστικότερη (σημαντικά) δόμηση της σημειακής έναντι της αξονικής αναγνωσιμότητας εξηγεί την (συντακτική) υπεροχή της στην απόδοση της συλλογικής προτίμησης (φόρτου) στην περιοχή. Το συμπέρασμα 4.5.6., δηλαδή, ερμηνεύει το παράδοξο - καταρχήν - συμπέρασμα 4.5.2. που αποτελεί σημαντική ιδιαιτερότητα της περιοχής. Με το συμπέρασμα 4.5.6., δηλαδή, ερμηνεύεται άμεσα, αυτό που στο συμπέρασμα 4.5.2. ερμηνεύτηκε έμμεσα: η ασφαλέστερη σημειοδότηση της σημειακής έναντι της αξονικής αναγνωσιμότητας.

Τα προηγούμενα συμπεράσματα θα μπορούσαν να εμπλουτιστούν με ανάλογα συμπεράσματα πάνω στις σχέσεις των τριών τρόπων απόδοσης βάρους στα κριτήρια καθώς και στην επιλογή της μείωσης της αξίας των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών στις παραχθείσες διαβαθμίσεις. Πράγμα που, ωστόσο, δεν κρίθηκε απαραίτητο για τρεις λόγους: τα συμπεράσματα αυτά δεν αναφέρονται άμεσα στο προτεινόμενο μοντέλο κλιμακωσιμότητας, ενώ οι διαφοροποιήσεις κατά τρόπους απόδοσης βάρους δεν είναι αρκετά μεγάλες, - για να στηρίξουν ουσιαστικές σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Τέλος, η επιλογή της μείωσης των εκτός της κύριας συμπεριφοράς συνδυασμών προέκυψε αυτονόητα σχεδόν (βλ. παρ. 4.4.) ενώ η διαφοροποίησή της κατά τα 9 αρχικά πρότυπα δεν ήταν ουσιαστική.

Η αναλυτική παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου και των δυνατοτήτων εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου στα κεφάλαια 3. και 4. επιτρέπουν την συνοπτική απόδοση του προφίλ του μοντέλου που επιχειρείται εδώ: την σκιαγράφιση, δηλαδή, της χρήσης του (πεδίο εφαρμογής), του χαρακτήρα του (σε αντιδιαστολή με τα μειονεκτήματα προηγούμενων εφαρμογών) και της συμβολής του στην ανάλυση (θεωρητική συγκρότηση).

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μορφής και της δομής του προτεινόμενου μοντέλου (παρ. 3.1. και 3.2.) προσδιορίζουν, δυνάμει, το πεδίο εφαρμογών - της χρήσης - του μοντέλου. Ενώ ήδη (στις παρ. 3.5., 3.6., 4.2., 4.3., 4.4. και 4.5.) έχει παρουσιαστεί αναλυτικά η λειτουργία του στους ιδιαίτερους τομείς της χρήσης του: στην διερευνητική (exploratory), στην επιβεβαιωτική (confirmatory), στην διαβαθμισιακή (scaling) και στην ερμηνευτική (interpretational) χρήση του:

-η *διερευνητική* χρήση του μοντέλου συνίσταται στον έλεγχο της δομής της κλιμακωσιμότητας σε ένα σύνολο τακτικών κριτηρίων καθώς και στην υπόδειξη των τροποποιήσεων της αρχικής περιγραφής (πίνακα επιδόσεων), βλ. παρ. 3.5., που θα επέτρεπαν, ενδεχόμενα, την ενίσχυση της κλιμάκωσης σε ένα σύνολο μη κλιμακώσιμων, ή ασθενώς

κλιμακώσιμων - αρχικά - κριτηρίων. Πρόκειται για χρήση που απορρέει από την αναλυτική - κατά ζεύγη, διερεύνηση και σύνθεση της κλιμάκωσης που επιτρέπει το μοντέλο.

-η *επιβεβαιωτική* χρήση του μοντέλου συνίσταται στον έλεγχο αρχικών υποθέσεων στην δομή των σχέσεων (συνεπαγωγή) μεταξύ των κριτηρίων της αξιολόγησης. Πρόκειται για χρήση που απορρέει από την αναλυτική - κατά τις ιδιότητες της μονοδιάστασης και της σωρευτικότητας - δόμηση της κλιμακωσιμότητας που επιτρέπει το μοντέλο.

-η *διαβαθμισιακή* χρήση του μοντέλου συνίσταται στην ικανότητά του, μέσω του δείκτη κλιμακωσιμότητας, να αποδίδει σε αριθμητικές κλίμακες, με ακρίβεια, τις σχέσεις συνεπαγωγής (εγκλεισμού) μεταξύ τακτικών κριτηρίων.

-η *ερμηνευτική* χρήση του μοντέλου συνίσταται, γενικά, στην απόδοση της κλιμάκωσης των κριτηρίων (*σύνταξης*) στο περιβάλλον της εξεταζόμενης εφαρμογής. Απόδοση (*σημαντική*) που μπορεί να πάρει και τον χαρακτήρα της σημασιολόγησης όταν - μέσω της χρήσης μεταβλητών ελέγχου - ελέγχεται η σχέση της σύνταξης (δομή της κλιμακωσιμότητας) με την *πραγματική* (επιλογές/προτιμήσεις των χρηστών) στο εξεταζόμενο φαινόμενο (βλ. παρ. 4.5.).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει ένα πραγματικά πλούσιο πεδίο ανάλυσης και χρήσης του, εν σχέσει, μάλιστα, προς την ουσιαστική επιστημολογική αντίθεση λειτουργικότητας/ερμηνευτικότητας στην δόμηση μοντέλων. Στο σχήμα 3.3. έχει ήδη παρουσιαστεί ένα διάγραμμα χρήσης του μοντέλου αναφερόμενο και στις τέσσερες λειτουργίες του.

Η αναλυτική παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου του μοντέλου (παρ. 3.1. και 3.2.) και η συγκριτική παρουσίαση των παραμέτρων και της εφαρμογής του (κεφ. 3. και 4.), προσδιορίζει τα κύρια στοιχεία του χαρακτήρα του, σε αντιδιαστολή με τα μειονεκτήματα προηγούμενων αντιμετώπισεων (κεφ. 2.).

Ετσι ο χαρακτήρας του προτεινόμενου μοντέλου προσδιορίζεται από τις ακόλουθες ιδιότητές του:

-Είναι θεωρητικά επαρκές: αφού στηρίζεται σε σαφείς υποθέσεις κλιμακωσιμότητας, με σαφή διάκριση της μονοδιάστασης από την σωρευτικότητα (σημείο κριτικής 2.3.8), με σαφείς προϋποθέσεις επίτευξης των ακραίων τιμών της κλιμακωσιμότητας (1,0) και με σαφή συνθήκη εξίσωσης της μονοδιάστασης με την σωρευτικότητα (σημεία κριτικής 2.3.3 και 2.3.5).

Πολύ περισσότερο - όπως γίνεται φανερό από τους συγκριτικούς πίνακες ενδεικτικών τιμών παραμέτρων του μοντέλου (παρ. 3.3.) - το προτεινόμενο μοντέλο, αντίθετα προς προγενέστερες προσπάθειες διαχωρίζει ευκρινώς την δομή της κλιμάκωσης από αυτήν της συσχέτισης τόσο θεωρητικά (σημείο κριτικής 2.5.6), όσο και στο επίπεδο της μέτρησης (σημείο κριτικής 2.5.4). Ενώ η προσαρμογή των διαβαθμίσεων στην έννοια της κλιμάκωσης είναι πολύ καλύτερη (σημεία κριτικής 2.5.3 και 2.5.5).

Η μέτρηση είναι, επίσης, περισσότερο ακριβής (σημεία κριτικής 2.5.1 και 2.5.2) και

περισσότερο ευαίσθητη (σημείο κριτικής 2.5.4) από τις προγενέστερες προσπάθειες.

-Έχει πιθανοτικό χαρακτήρα: στηρίζεται δηλαδή σε σαφείς υποθέσεις σχέσεων συχνοτήτων με σαφή προσδιορισμό αναμενομένων τιμών (μηδενικών υποθέσεων) η απομάκρυνση από τις οποίες προσδιορίζει τις τιμές των παραμέτρων του. Αποφεύγονται, έτσι, οι απλουστευτικές/στατικές προσεγγίσεις (σημεία κριτικής 2.3.1 και 2.3.3) ή ο ερασιμός υποθέσεων από άλλες - πλην της κλιμάκωσης - δομές (προσεγγίσεις Maitre και Goodman). Ωστόσο, παρά τον πιθανοτικό χαρακτήρα του, οι δείκτες του προτεινόμενου μοντέλου δεν έχουν άμεση πιθανοτική ερμηνεία (obvious probabilistic interpretation) όπως, π.χ., ο δείκτης χ^2 ή ο συντέλεστής της γραμμικής συσχέτισης· πράγμα που δυσχεραίνει την άμεση στατιστική ερμηνεία. Όπως, άλλωστε, συμβαίνει και με δείκτες σαν τον G στην συσχέτιση ονομαστικών κλιμάκων, ή σαν τον δείκτη του Kendall στην συσχέτιση τακτικών κλιμάκων.

Το γεγονός αυτό οφείλεται, άλλωστε, στο ότι με το προτεινόμενο μοντέλο επιχειρείται περισσότερο η διαβάθμιση της κλιμακωσιμότητας (indexing) παρά ο έλεγχος της στατιστικής σημασίας της (significance testing).

-Είναι γενικευμένο: έχει, δηλαδή, την δυνατότητα ανάλυσης όχι μόνον δίτιμων τακτικών κριτηρίων (χαρακτηριστικών) αλλά πολυτομικών τακτικών κριτηρίων, προσφέροντας έτσι ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος ανάλυσης από τις προηγούμενες προσπάθειες που περιόριζαν δραστικά - με τα δίτιμα κριτήρια - την εφαρμογή του (σημείο κριτικής 2.5.10). Ενώ οι αναλυτικές υποθέσεις του δεν περιορίζουν την εφαρμογή του όπως αλλού (σημείο κριτικής 2.5.8).

-Είναι αναλυτικό: έχει την δυνατότητα απόδοσης της συνολικής κλιμακωσιμότητας τόσο μεταξύ της σωρευτικότητας και της μονοδιάστασης όσο και μεταξύ κάθε ζεύγους κριτηρίων και κατά κριτήριο, ξεχωριστά. Έτσι το προτεινόμενο μοντέλο δέχεται την παρουσία ετερογενών πληθυσμών, αντίθετα από προγενέστερες προσπάθειες (σημείο κριτικής 2.3.2)· επίσης, υποδεικνύει το ειδικό βάρος κάθε ζεύγους μεταβλητών και κάθε μεταβλητής, ξεχωριστά, στην σύνθεση της συνολικής κλιμακωσιμότητας (σημείο κριτικής 2.3.6).

-Είναι λειτουργικό: το προτεινόμενο μοντέλο αντίθετα με αυτό του Goodman, ιδιαίτερα, παρέχει ένα σαφές όργανο διαβάθμισης (σημείο κριτικής 2.5.7) ενώ, παράλληλα, απαιτεί περιορισμένη υπολογιστική εργασία (σημείο κριτικής 2.5.9).

Πολύ περισσότερο, σε περίπτωση διακρίβωσης χαμηλών επιπέδων κλιμακωσιμότητας της συνολικής περιγραφής (αρχικός πίνακας επιδόσεων) το μοντέλο είναι σε θέση να υποδείξει τροποποιήσεις της που αυξάνουν την κλιμακωσιμότητα ή να υποδείξει την προσφυγή σε άλλα μοντέλα (σημείο κριτικής 2.3.6). Διαθέτει, δηλαδή, την ιδιότητα του αυτοελέγχου του.

Αναμφισβήτητα, το προτεινόμενο μοντέλο αναφέρεται σε μια πολύ αυστηρή τυπική δομή δεδομένων (stringent formal structure) στην κλιμακωσιμότητα. Πολύ αυστηρότερη από τις δομές της συσχέτισης ή τις δομές της μονοτονικότητας τακτικών / αριθμητικών σχέσεων και,

φυσικά, τις δομές ανεξάρτητων μεταβλητών όπου την τελευταία, ιδιαίτερα, δεκαετία έχει αναπτυχθεί μια πληθώρα μοντέλων αξιολόγησης στα τακτικά δεδομένα.

Ο χώρος εφαρμογής του μοντέλου είναι, δηλαδή, σχετικά περιορισμένος από την ίδια την φύση των κοινωνικών φαινομένων, ως σπάνια υποκειμένων σε αυστηρά θεωρητικά σχήματα.

Ωστόσο, η προσφορά της κλιμακωσιμότητας στην θεωρητική συγκρότηση των συστημάτων γνώσεων των κοινωνικών κλάδων, είναι το ίδιο αναμφισβήτητη^{*} αφού αναφέρεται στην δομή της συνεπαγωγής στα εξεταζόμενα φαινόμενα. Η κλιμακωσιμότητα είναι η λανθάνουσα ιδιότητα σε όλες τις λεγόμενες θεωρίες εξέλιξης (σταδίων μεγένθυσης, αστικής δομή κ.λ.π.) αλλά και προϋπόθεση ανάλυσης σε πλήθος άλλων θεωρητικών σχημάτων (δίκτυα αστικών κέντρων, κεντρικές θέσεις, περιφερειακοί πόλοι ανάπτυξης κ.λ.π.).

Τα προηγούμενα προσδιορίζουν - δυνάμει και πραγματικά - το εύρος και την ποιότητα της συμβολής του προτεινόμενου μοντέλου. Η δυνάμει συμβολή του μοντέλου βρίσκεται στην ίδια την φύση της κλιμακωσιμότητας ως άμεσα συνδεόμενης με την θεωρητική συγκρότηση των κοινωνικών κλάδων.

Επίσης δεδομένου, του πεδίου εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου (της χρήσης του) αφενός και του χαρακτήρα του, αφετέρου - σε αντίθεση με τα μειονεκτήματα άλλων μοντέλων κλιμακωσιμότητας - θεωρείται ότι το μοντέλο αυτό^{*} προσφέρει ουσιαστικά στην ανάλυση αφού:

- ευρύνει ουσιαστικά τις προϋποθέσεις εφαρμογής του μέσω της γενίκευσής του και των δυνατοτήτων τροποποίησης των δεδομένων της ανάλυσης, που παρέχει.

- ελέγχει με θεωρητική πληρότητα και αποδίδει (αξιολογεί) άμεσα και επακριβώς την κλιμακωσιμότητα στις εξεταζόμενες περιγραφές με περιορισμένη υπολογιστική εργασία.

^{*} Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ιδιαίτερα, αν και δεν αφορά στο προτεινόμενο μοντέλο, η πρόταση τροποποίησης του δείκτη αναπαραγωγής του Guttman που βελτιώνει σημαντικά την εφαρμογή του (βλ. παρ. 3.4. και σημείο κριτικής 2.3.7).

- ΑΚΟ (Αθηναϊκό Κέντρο Οικιστικής), 1973. *Σεμινάριο Μαθηματικά και Οικιστική* (Φωτοτυπημένο, Αθήνα).
- Appleyard, D., Lynch, K., Myer, J.R., 1964. *The View from the Road* (MIT Press, Cambridge).
- Chankong, V., Haimes, Y.Y., 1983. *Multiobjective Decision Making* (North - Holland, Amsterdam).
- Clogg, C.C., Sawyer, D.O. 1981. A Comparison of Alternative Models for Analysing the Scalability of Reponse Patterns, in: S. Leinhardt, ed. *Sociological Methodology* (Jossey Bass, S. Fransisco).
- Clogg, C.C., 1984. Applications of Association Models: II, in: L.A. Goodman ed., *The Analysis of Cross - Classified Data Having Ordered Categories* (Harvard University Press, Cambridge), 202-223.
- Coombs, C.H., Coombs, L.C., Lingoes, J.C., 1978. Stochastic Cumulative Scales, in: S. Shye, ed. *Theory Construction and Data Analysis in the Behavioral Sciences* (Jossey - Bass, S. Francisco).
- Degenne, A., 1971. Sur la Construction et l' Ajustement des Echelles de Guttman, in: EHESS ed. *Ordres/Totaux - Finis* (Gauthier-Villars, Paris), 281-286.
- Degenne, A., 1971.a Pèflexions sur les Mesures de Validité des Echelles de Guttman, in:

- EHESS ed. *Ordres/Totaux - Finis* (Gauthier-Villars, Paris), 287-298.
- Degenne, A., 1972. *Techniques Ordinales en Analyse des Données, Tome II, Statistique*, (Hachette Université, Paris).
- Downs, R., Stea, J. 1974. *Perception of Space* (The MIT Press Cambridge).
- DOX/NIG (Doxiadis Associates), 1975. *Nigerian Towns Master Plans* (Nigeria).
- Edwards, A.L., 1957. *Techniques of Attitude and Scale Construction* (Appleton - Century - Crofts, N. York).
- EHESS, 1971. *Ordres (Totaux Finis)*, Travaux du Séminaire sur les Ordres Totaux Finis (Gauthier - Villars, Paris).
- English, M.J. ed., 1968. *Cost Effectiveness* (Wiley, N. York).
- Everitt, B.S., 1978. *The Analysis of Contingency Tables* (Chapman & Hall, London).
- Fishburn, P.C., 1978. A Survey of Multiattribute / Multicriterion Evaluation Theories, in: S. Zionts ed, *Multiple Criteria Problem Solving* (Springer, Berlin), 181-224.
- Golledge, R., Cox, K., 1977. *Space and Behaviour* (The MIT Press, Cambridge).
- Goodman, L.A., 1968. The Analysis of Cross-Classified Data: Independence, Quasi-Independence, and Interactions in Contingency Tables With or Without Missing Entries, *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1091-1131.
- Goodman, L.A., 1975. A New Model for Scaling Response Patterns: An Application of the Quasi - Independence Concept, *Journal of the American Statistical Association*, 70, 352, A.S., 755-768.
- Goodman, L.A., 1987. New Methods for Analysing the Intrinsic Character of Qualitative Variables Using Cross-Classified Data, *American Journal of Sociology*, V93, 3, 529-83.
- Gould, P., White, R., 1973. *Mental Maps* (Penguin, London).
- Guigou, J.L., 1974. *Analyse des Données et Choix à Critères Multiples* (Dunod, Paris).
- Guttman, L., 1950. The basis for scalogram analysis in: A. Stouffer et al eds, *Measurement and Prediction Studies in Social Psychology in World War II*, 4 (Princeton University Press, Princeton).
- Harker, P.T., Vargas, L.G., 1987. The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 33, 1383-1403.
- Hill, M., 1973. Planning for Multiple Objectives. *Regional Science Research Institute Philadelphia Monograph Series*, 5.
- Hinloopen, E.P., Nijkamp, P., Rietveld, P., 1983. Qualitative Discrete Multiple Criteria Choice Models in Regional Planning, *Regional Science and Urban Economics*, 13, 77-102.
- Hwang, C.L., Masud, A.S.M. eds, 1979. *Multiple Objective Decision Making - Methods and Applications* (Springer, Berlin).
- Hwang, C.L., Yoon, K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications* (Springer, Berlin).
- Keeney, R.L., Raiffa, H., 1976. *Decisions with Multiple Objectives; preferences and value tradeoffs* (Wiley, N. York).
- Kim, J.O., Mueller, C.W., 1978. *Introduction to Factor Analysis* (Sage University, London).
- Kim, J.O., Mueller, C.W., 1984. *Factor Analysis*, (Sage Publications, London).
- Kim, J., Rabjohn, J., 1980. Binary Variables and Index Construction, in K.F. Schuessler,

- ed., *Sociological Methodology* (Josey Bass, S. Francisco).
- Klaassen, L.H., Botterweg, T.H., 1973. Evaluating a socio-economic and environmental project, *Papers of the Regional Science Association*, 33, 155-175.
- Koopmans, T.C., 1951. *Activity Analysis of Production and Allocation* (Yale University Press, New Haven).
- Kruskal, J.B., Wish, M., 1978. *Multidimensional Scaling* (Sage University, London).
- Kuhn, H.W., Tucker, A.W., 1951. Non-linear programming in: J. Neyman, ed. *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (University of California Press, Berkeley).
- Lane R., Powell, T.J., Prestwood-Smith, P., 1974. *Analytical Transport Planning* (Duckworth, London).
- Lazarsfeld, P.F., Henry, N.W., 1968. *Latent Structure Analysis* (Houghton Mifflin, Boston).
- Leung, Y., 1983. Urban and Regional Planning with Fuzzy Information in: L. Chatterjee, P. Nijkamp, eds. *Urban and Regional Policy Analysis in Developing Countries* (Gower, London), 231-249.
- Lichfield, N., Kettle, P., Whitbread, M., 1975. *Evaluation in the Planning Process* (Pergamon Press, Oxford).
- Loether, H.J., M^C Tavish, D.G., 1988. *Descriptive and Inferential Statistics* (Allyn & Bacon, Boston).
- Loevinger, J., 1947. A systematic approach to the construction and evaluation of tests of ability, *Psychological Monographs*, 61, 4, 285-308.
- Lynch, K., 1960. *The Image of the City* (The MIT Press, Cambridge).
- M^C Cutcheon, A.L., 1987. *Latent Class Analysis* (Sage Publications, California).
- Maitre, J., 1971. Un Modèle de Transitivité Complète entre Items Hiérarchisés in: EHESS ed. *Ordres/Totaux - Finis* (Ganthier - Villans, Paris), 255-279.
- Malisz, B., 1970. Direct Application of Threshold Analysis to Regional Planning, *Papers from the Seminar on Threshold Analysis*, C.E.S., London.
- Marchand, B., 1974. Pedestrian Traffic Planning and the Perception of the Urban Environment, *Environment & Planning*, 6, 491-507.
- Mokken, R.J., 1971. *A Theory and Procedure of Scale Analysis* (The Hague: Mouton).
- Nie, N.H., et al, 1981. *SPSS: Statistical Package for the Social Sciences* (Mc Graw - Hill, N. York).
- Nijkamp, P., Rietveld, P., 1986. Multiple Objective Decision Analysis in Regional Economics, in: P. Nijkamp, ed., *Handbook of Regional and Urban Economics* (North-Holland, Amsterdam), 493-541.
- OA (Οργανισμός της Αθήνας / ΥΠΕΧΩΔΕ), 1989, 1990. Μελέτη Αξιολόγησης Εναλλακτικών Λύσεων Συνδέσης Θηβών-Καποδιστρίου, Φάσεις Α, Β, Γ, (Αθήνα).
- Paelinck, J.H.P., 1976. Qualitative Multiple Criteria Analysis, Environmental Protection and Multiregional Development *Papers of the Regional Science Association*, 36, 59-74.
- Paelinck, J.H.P., 1978. Qualiflex: A Flexible Multiple - Criteria Method, *Economic Letters*, 1, 193-197.

- Proctor, C.H.T., 1970. A Probabilistic Formulation and Statistical Analysis of Guttman Scaling, *Psychometrika*, 35, 73-78.
- Rietveld, P., 1980. *Multiple Objective Decision Methods and Regional Planning* (North-Holland, Amsterdam).
- Ρόκος, Κ., 1984. Σημειώσεις Περιφερειακής Ανάλυσης, φωτοτυπημένο, (Ι.Π.Α., Αθήνα).
- Ρόκος, Κ., 1988. Ταξονομική Ανάλυση (Ι.Π.Α., Αθήνα).
- Ρόκος, Κ., 1990. Μελέτη Αξιολόγησης Εναλλακτικών Συνδέσεων Θηβών-Καποδιστρίου: Η Μεθοδολογία και η Οργάνωση της Μελέτης (Ο.Α. / ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα).
- Rostow, W.W., 1960. *The stages of economic growth* (Cambridge).
- Roy, B., 1968. *Classement et Choix en Présence de Points de Vue Multiples (la Méthode ELECTRE)*, R.T.R.O, 2, 57-75.
- Roy, B., Vincke, P., 1981. Multicriteria Analysis: Survey and New Directions. *European Journal of Operational Research* 8, 207-218.
- Saaty, T.L., 1977. Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. (Mc Graw-Hill, N. York).
- Seiler, Y., 1968. *Introduction to Systems Cost - Effectiveness* (Wiley, N. York).
- Seo, F., Masatoshi, S., 1988. *Multiple Criteria Decision Analysis in Regional Planning: Concepts, Methods and Applications* (D. Reidel, Dordrecht-Holland).
- Spronk, J., 1981. *Interactive Multiple Goal Programming for Capital Budgeting and Financial Planning* (Kluwer Nijhoff, Boston).
- Torgerson, W.S., 1962. *Theory and Methods of Scaling* (Wiley, N. York).
- Voogd, H., 1983. *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning* (Pion, London).
- White, D.J., 1983. The Foundations of Multiobjective Interactive Programming - Some Questions, in: P. Hansen ed., *Essays and Surveys on Multiple Criteria Decision Making* (Springer Berlin), 181-203.
- Wierzbicki, A.P., 1983. Critical Essay on the Methodology of Multiobjective Analysis, *Regional Science and Urban Economics*, 13, 5-30.
- Yi-Fu-Tuan, 1977. *Space and Place* (Prentice-Hall, N. York).
- Zeleny, M., 1974. *Linear Multiobjective Programming* (Springer-Verlag, N. York).
- Zeleny, M., 1982. *Multiple Criteria Decision Making* (Mc Graw-Hill, N. York).