



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΚΡΗΤΗΣ**

**Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης  
Μεταπτυχιακό πρόγραμμα ειδίκευσης: Οργάνωση και Διοίκηση.**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕ ΘΕΜΑ:**

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ**

**ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΔΙΑΤΑΞΗΣ:**

**ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

**Φοιτητής: Χρήστος Μποτωνάκης**

**Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Ματσατσίνης**

**Χανιά 2018**

## Πρόλογος.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Πολυτεχνείο Κρήτης και συγκεκριμένα στον τομέα «Οργάνωση και Διοίκηση» της τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Αφιερώνεται στη σύζυγό μου **Μαρία**, τους γονείς μου και τα παιδιά μου καθώς και στους συναδέλφους καθηγητές και τους μαθητές του σχολείου μου (ΕΠΑΛ Βρυσών) που με εμπνέουν να ζω και να δημιουργώ. Επίσης, αφιερώνεται στους συμφοιτητές μου με τους οποίους μοιράστηκα μοναδικές στιγμές καθώς επίσης και στον **Σεβασμιώτατο Αρχιεπίσκοπο Κρήτης κ.κ. Ειρηναίο** που με στηρίζει και με ενθαρρύνει σε κάθε μου βήμα από όταν ήμουν παιδί.

Θερμά ευχαριστώ τους πολύ καταρτισμένους καθηγητές μου που θαυμάζω και πάντα ήταν κοντά μου κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Ευχαριστώ ακόμα όλους που εργάζονται στη Γραμματεία του τμήματος, τη Βιβλιοθήκη, τα Εργαστήρια και γενικά στο Πολυτεχνείο μας, για την αγκαλιά που άνοιξαν και με δέχθηκαν σαν να ήμουν δικός τους άνθρωπος. Ιδιαίτερα επιθυμώ να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου **κ. Νικόλαο Φ. Ματσατσίνη** για την συνοδοιπορία που αισθάνθηκα πως είχα μαζί του κατά τη διάρκεια των δύο ετών της φοίτησής μου.

## Βιογραφικό.

Ο Χρήστος Μποτωνάκης (γεννημένος στα Χανιά το 1975) είναι παντρεμένος με τη φιλόλογο Μαρία Παραδά και πατέρας 7 ανήλικων τέκνων. Είναι πτυχιούχος της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης και κάτοχος πτυχίου Lower. Από το 2010 είναι εκπαιδευτικός της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Νομού Χανίων. Από το 2003 έως το 2010 υπήρξε Γραμματέας του Οργανισμού Διοικήσεως Μοναστηριακής Περιουσίας Νομού Χανίων. Πριν από αυτό υπήρξε ιδιοκτήτης επιχείρησης τουριστικών ειδών και από την παιδική-νεανική του ηλικία εργάστηκε σε οικογενειακή επιχείρηση (Super Market).

Επί σειρά πολλών ετών προσφέρει εθελοντικά τις υπηρεσίες του στον Ραδιοφωνικό Σταθμό «Μαρτυρία» της Ιεράς Μητροπόλεως Κυδωνίας και Αποκορώνου. Στα νεανικά του χρόνια συμμετείχε ως εκπρόσωπος της τοπικής Εκκλησίας σε συνέδρια σε Ελλάδα και Κύπρο. Χρημάτισε μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου του Πολιτιστικού της Κέντρου και σε ποικίλες επιτροπές. Το διάστημα 2000-2006 υπήρξε συντονιστής στις τηλεοπτικές εκπομπές «Ορθόδοξη Μαρτυρία» στην τηλεόραση «Κύδων» και από το 2012 είναι παραγωγός της εκπομπής «Στα χρώματα της Ζωής», για την ιστοσελίδα της Ιεράς Μητροπόλεως Κισάμου και Σελίνου. Δραστηριοποιείται επίσης στη διοργάνωση διαφόρων δράσεων για μαθητές (με θέματα τροχαία δυστυχήματα, την Τοπική Ιστορία κ.α.).

## Περίληψη.

Από παλιά μέχρι σήμερα η ζωή μας περιβάλλεται από προβλήματα που καλούμαστε να λύσουμε με τον καλύτερο τρόπο όταν υπάρχει ένα σύνολο εφικτών εναλλακτικών λύσεων. Η διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων απαιτεί την εξέταση πολλών κριτηρίων / χαρακτηριστικών και μπορεί να είναι δύσκολη ειδικά όταν πρόκειται για ομαδική απόφαση στρατηγικής σημασίας για επιχειρήσεις ή ακόμα και για κράτη ή ενώσεις κρατών. Τα κριτήρια αυτά μπορεί να είναι εκτός από πολλά και αντικρουόμενα ακόμα και μη συγκρίσιμα. Πολλοί μελετητές ανέπτυξαν διάφορες μεθόδους διαχείρισης τέτοιων προβλημάτων και αποτέλεσαν χρήσιμα εργαλεία για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων που η διαδικασία της γίνεται και δυσκολότερη όταν το περιβάλλον είναι αβέβαιο. Η ανάλυση αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (Multi-criteria decision analysis, MCDA) είναι μια προσέγγιση που έχει εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα τέτοιων καταστάσεων όπως οι παραπάνω. Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να αναδείξουμε τις μεθόδους αυτές, να τις συγκρίνουμε και να αναφέρουμε σε τι είδους υποθέσεις εφαρμόστηκαν για να δώσουν λύσεις. Θα ανατρέξουμε στις παραδοσιακές τεχνικές MCDA και θα εξετάσουμε ποιες νέες προσεγγίσεις μοντελοποίησης αναπτύχθηκαν και αν στην πορεία έγιναν και κάποιοι συνδυασμοί μεταξύ των μεθόδων αυτών.

## Πίνακας εικόνων.

Εικόνα 1: Διαδικασία MCDA για ομαδική απόφαση με δύο τρόπους συντονισμού να είναι εμφανής (Juan Carlos Leyva López and Pável Anselmo Álvarez Carrillo., 2013). ....	11
Εικόνα 2: Η χρήση ενός στοχαστικού μοντέλου σύμφωνα με τον Δρ. Τακβόρ Σουκισιάν. ....	16
Εικόνα 3: Παραδοσιακή δυνθετική προσέγγιση (Ευάγγελος Γρηγορούδης, 1999). ....	17
Εικόνα 4: Η φιλοσοφία της αναλυτικής-Συνθετικής προσέγγισης. (Γαρίτος Ζώης, 2012).....	18
Εικόνα 5: Η ροή της Αναλυτικής-Συνθετικής προσέγγισης. (Γαρίτος Ζώης, 2012).....	18
Εικόνα 6: Η ιεραρχική δομή του προβλήματος. (A. Yousefi and A. Hadi-Vencheh., 2010). ....	20
Εικόνα 7: Σύγκριση των A και B σε διαφορετικές καταστάσεις (Xiaojun Yang et al., 2013)... ..	43
Εικόνα 8: Η διαδικασία της λήψης της ομαδικής απόφασης βασισμένη στη μέθοδο Tchebycheff κατά την AHP (Peri H. Iz, 1991). ....	49
Εικόνα 9. Μετατροπή μιας μερικής διάταξης σε γραμμικές διατάξεις. ....	55
Εικόνα 10. Ενοποίηση ισοδύναμων πρακτόρων (Fiorenzo Franceschini et al., 2016). ....	56

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	2
Βιογραφικό.....	2
Περίληψη.....	3
Πίνακας εικόνων.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2. Η ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ.....	8
3. Η ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΙΑΣ.....	12
4. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	15
5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	16
6. ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	19
6.1 ΑΗΡ.....	19
6.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΗΡ.....	19
6.1.2 Η ΑΠΟΛΥΤΗ ΑΗΡ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ.....	21
6.1.3 ΑΣΑΦΗΣ ΑΗΡ.....	24
6.2 TOPSIS.....	27
6.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	27
6.2.2 ΑΠΟΛΥΤΗ TOPSIS.....	27
6.2.2 TOPSIS ΚΑΙ ΑΣΑΦΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	29
6.4 Η ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ UTA.....	32
6.4 ELECTRE.....	37
6.5 CLOUD.....	42
6.6 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.....	45
7. Η «ΚΑΡΔΙΑ» ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ.....	47
8. ΣΥΝΘΕΣΗ...ΜΕ YAGER.....	52
8.1 Αλγόριθμος Yager.....	52
8.2 Ο Γενικευμένος Αλγόριθμος Yager.....	54
9. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	58
9.1. ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ.....	60
9.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ.....	62
9.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ.....	63
9.4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	64
9.5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	65
9.6. ΑΛΛΑ ΘΕΜΑΤΑ.....	66
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	70
1. UTA.....	70
1.1 ΑΠΟ ΤΗ ΜΑΥΤ ΣΤΗ UTA.....	70
1.2 UTASTAR.....	71
1.3 UTADIS.....	71
1.4 UTA II.....	72
1.5 UTA <sup>GMS</sup> ΚΑΙ UTADIS <sup>GMS</sup> .....	73
2. ELECTRE.....	74
3. PROMETHEE.....	75
Βιβλιογραφία.....	76

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλές φορές στη ζωή απαιτείται η σύνθεση των ατομικών προτιμήσεων για τη λήψη μιας ομαδικής απόφασης σε οικογενειακό, κοινωνικό ή άλλο επίπεδο. Σίγουρα όμως «...η λήψη αποφάσεων ομάδας είναι μία από τις πιο συχνές και σημαντικές διαδικασίες στο εσωτερικό των οργανισμών του δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα» (Juan Carlos Leyva López and Dina Esperanza López Elizalde, 2002). Γι αυτό το λόγο από το 1984 οι Turg Bui and Matthias Jarke παρατηρούν πως το πρόβλημα της συλλογικής λήψης αποφάσεων έχει διερευνηθεί εκτεταμένα από πολλούς ερευνητές. Η λήψη αποφάσεων σε επίπεδο ομάδας είναι μια προσπάθεια που απαιτεί συνεργασία. Και με πιο απλά λόγια η συνεργασία είναι μια διαδικασία στην οποία εργάζονται δύο ή περισσότερα πρόσωπα, ομάδες ή οργανώσεις, για να ολοκληρώσουν ένα έργο ή να επιτύχουν ένα στόχο. Περιλαμβάνει σειρά αλληλεπιδράσεων, επικοινωνία, διάσκεψη και άλλες δραστηριότητες όπως αναζήτηση πληροφοριών, υποβολή ερωτήσεων, συλλογή απαντήσεων, παραγωγή ιδεών και επίλυση προβλημάτων (Efraim Turban et al., 2011). Οι άνθρωποι κάνουν μια ομαδική απόφαση (μέσα σε ένα οργανισμό ή οργάνωση ή μεταξύ οργανισμών) όταν αντιμετωπίζουν ένα κοινό πρόβλημα και όλοι τους ενδιαφέρονται για τη λύση του. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να είναι η αγορά ενός αυτοκινήτου, η απόκτηση ενός σπιτιού από μια οικογένεια, ο σχεδιασμός ενός νέου προϊόντος ή ενός σχεδιασμού παραγωγής ή η εξεύρεση της καλύτερης θέσης για την εγκατάσταση μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων σε μια πόλη. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της ομαδικής απόφασης είναι ότι όλα τα εμπλεκόμενα μέρη ανήκουν σε κάποια οργάνωση (οικογένεια, επιχείρηση, κυβέρνηση) (Juan Carlos Leyva-Loopez and Eduardo Fernaandez-Gonzaalez, 2003).

Οι Luciana Hazin Alencar et al. (2007) μετά και τους Kim & Ahn, (1999) αναφέρουν ότι λόγω της συνεχώς αυξανόμενης πολυπλοκότητας των κοινωνικοοικονομικών περιβαλλόντων, είναι πολύ δύσκολο για ένα μόνο υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να εξετάσει όλες τις σημαντικές πτυχές ενός προβλήματος. Έτσι, οι περισσότερες αποφάσεις σε έναν οργανισμό, δημόσιο ή ιδιωτικό, γίνονται από μια ομάδα ανθρώπων. Στην περίπτωση της ομαδικής απόφασης υπάρχει αλλαγή του τρόπου με τον οποίο θα γίνει εστίαση στο πρόβλημα. Αυτή η εστίαση της προσοχής δεν θα γίνει από έναν υπεύθυνο αλλά η λήψη των αποφάσεων θα γίνει από μια ομάδα ανθρώπων. Έτσι εισάγεται το σημαντικό θέμα του τρόπου με τον οποίο θα γίνει η καλύτερη σύνθεση των προτιμήσεων των υπευθύνων λήψης των αποφάσεων. Η ανάλυση θα πρέπει να επεκταθεί, προκειμένου να εξεταστεί κατά κάποιον τρόπο η δομή των προτιμήσεων του κάθε μέλους της ομάδας, οι διαφορετικές αντιλήψεις για τις συνέπειες και οι διάφορες φιλοδοξίες τους (Luciana Hazin Alencar et al., 2008).

Οι Cengiz Kahraman et. al (2003) προβάλλουν δυο διαφορές των ομαδικών αποφάσεων σε σχέση με τις ατομικές. Η πρώτη αφορά στους στόχους. Οι στόχοι των

μεμονωμένων φορέων λήψης αποφάσεων μπορεί να διαφέρουν, έτσι ώστε κάθε ένας να τοποθετεί σε διαφορετική σειρά προτίμησης τις εναλλακτικές λύσεις. Η δεύτερη αφορά στην πρόσβαση σε διαφορετικές πληροφορίες που οι μεμονωμένοι φορείς λήψης αποφάσεων μπορεί να έχουν επί των οποίων θα βασίζονται για να πάρουν την απόφασή τους. Μια **συλλογική διαδικασία λήψης αποφάσεων** μπορεί να θεωρηθεί ως μια κατάσταση κατά την οποία υπάρχουν δύο ή περισσότερα άτομα, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από τις δικές τους αντιλήψεις, στάσεις, κίνητρα και προσωπικότητες που αναγνωρίζουν την ύπαρξη ενός κοινού προβλήματος και την προσπάθεια για να επιτευχθεί μια συλλογική απόφαση (Turg Bui and Matthias Jarke., 1984). Οι J. C. Leyva-Loopez and E. Fernaandez-Gonzaalez (2003) μεταφέρουν την παρατήρηση του Roy που το 1996 μιλούσε γι' αυτή την αλληλεπίδραση που δεν είναι ελεύθερη από **συγκρούσεις**, που μπορεί να οφείλονται σε έναν αριθμό παραγόντων, π.χ. διαφορετικές ηθικές ή ιδεολογικές πεποιθήσεις, διαφορετικούς ειδικούς στόχους ή διαφορετικούς ρόλους μέσα στον όποιο οργανισμό. Οποιαδήποτε και αν είναι η πηγή προέλευσης των συγκρουόμενων συστημάτων αξιών, θα επηρεάζουν συνήθως την εξέλιξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων με τρόπους που δεν αναμένονταν εξαρχής. Τέτοιου είδους συγκρούσεις μπορεί να προκύψουν επειδή οι αποφασίζοντες είναι περισσότεροι του ενός, έχουν διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα και συστήματα αξιών (διαφορετικοί στόχοι, κριτήρια, προτιμησησικές σχέσεις, επικοινωνιακή υποστήριξη κ.λπ.) (Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis, 2017). Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων ομάδας (Group decision support systems, GDSS) μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο όταν υπάρχουν πολλά άτομα καθένα από τα οποία έχει τις δικές του ιδιωτικές αντιλήψεις για το πλαίσιο και το πρόβλημα της απόφασης που πρέπει να αντιμετωπιστούν (N. Matsatsinis et al., 2005). Αν και αυτοί οι ατομικοί στόχοι είναι συχνά έντονα αντιφατικοί, πρέπει να επιτευχθεί μια κοινή απόφαση (Juan M. Sánchez-Lozano et al., 2013). Τα μέλη μιας ομάδας που καλούνται να πάρουν μια απόφαση μπορεί να διαφέρουν στην αντίληψή τους για το πρόβλημα και να έχουν διαφορετικά ενδιαφέροντα, αλλά είναι όλοι υπεύθυνοι για την ευημερία του οργανισμού και συμμερίζονται την ευθύνη για την εφαρμοζόμενη απόφαση (Juan Carlos Leyva-Loopez and Eduardo Fernaandez-Gonzaalez, 2003). Σύμφωνα με τους τελευταίους, μια ομαδική απόφαση συνήθως νοείται ως η μείωση των διαφορών μεταξύ των ατομικών προτιμήσεων σε ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων προτιμήσεων.

Οι Nikolaos F. Matsatsinis and Andreas P. Samaras. (2001) μεταφέρουν την ερμηνεία των Choi et al. για τη δυσκολία επιλύσεως των προβλημάτων που απαιτούν ομαδικές αποφάσεις και το 1994 επισημαίνουν τις τέσσερις ιδιότητες τους που εντείνουν τη δυσκολία αυτή: (1) Είναι **κοινωνικά προβλήματα** και όχι μαθηματικά ή επιστημονικά. (2) Είναι πολύ δύσκολο η λύση τους να ικανοποιήσει όλους τους **περιορισμούς** και τις **απαιτήσεις**. (3) Η

μοντελοποίησή τους είναι πιο δύσκολη από αυτή των μη ομαδικών αποφάσεων και (4) υπάρχουν λίγες μεθοδολογίες για την επαλήθευση της δικαιοσύνης. Οι Juan Carlos Leyva López and Dina Esperanza López Elizalde το 2002 αναφέρουν τους λόγους για τους οποίους η κατανόηση, η ανάλυση και η υποστήριξη της διαδικασίας λήψης ομαδικών αποφάσεων μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολη: (1) **Η κακή δόμηση προβλήματος**. (2) **Το δυναμικό περιβάλλον** στο οποίο αναπτύσσεται η διαδικασία λήψης αποφάσεων και (3) η παρουσία πολλών αποφασιζόντων, που ο καθένας από αυτούς έχει τις δικές τους απόψεις για τον τρόπο διαχείρισης του προβλήματος και τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν. Σ' αυτά συμφωνούν και οι Jelassi et al. (1990) και οι N. Matsatsinis et al. (2005).

Η Ann Davey το 1998 αναφέρει ότι **η εξισορρόπηση των παραχωρήσεων** μεταξύ των στόχων είναι ακόμη πιο σημαντική σε ομάδες παρά σε ατομικό επίπεδο, διότι αντικρουόμενοι στόχοι και αντίθετες απόψεις θα προκύψουν αναπόφευκτα. Τα άτομα συχνά χαρακτηρίζονται από τις ιδιαίτερες προτιμήσεις σύμφωνα με τη σχετική σημασία των κριτηρίων βάσει των οποίων αξιολογούνται οι εναλλακτικές λύσεις. Υποστηρίζεται ότι το κεντρικό θέμα για πολλά προβλήματα ομαδικής λήψης αποφάσεων είναι η αναζήτηση συναίνεσης μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερομένων μερών (Jacek Malczewski, 1996). Η αναζήτηση ενός τρόπου συντονισμού μιας διαδικασίας/μεθόδου για τη σύνθεση των ατομικών προτιμήσεων είναι έντονη. Οι Turg Bui and Matthias Jarke από το 1984 μίλησαν για τρεις τύπους λήψεως ομαδικών αποφάσεων: Στον πρώτο τύπο, **ένας συγκεκριμένος αποφασίζων λαμβάνει τελικά την απόφαση** και αναλαμβάνει την ευθύνη για τη γραμμή της δράσης του. Ωστόσο η απόφαση μπορεί να θεωρηθεί συλλογική λόγω της ύπαρξης πυκνού δικτύου επιρροής που τον περιβάλλει όταν οι άλλοι συμμετέχοντες μπορεί είτε να υποστηρίζουν είτε να ενεργούν κατά της απόφασης.. Στην περίπτωση της **μη συνεργατικής λήψης αποφάσεων**, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων παίζουν το ρόλο των ανταγωνιστών ή των διαφωνούντων. Τέλος, σε ένα συνεταιριστικό περιβάλλον, οι συμμετέχοντες στην απόφαση προσπαθούν να επιτύχουν μια κοινή απόφαση **με ένα φιλικό και έμπιστο τρόπο** και να μοιραστούν την ευθύνη με τη συναίνεση, τις διαπραγματεύσεις, τα σχέδια ψηφοφορίας, ακόμα και την προσφυγή σε τρίτους προκειμένου να διαλύσουν τις διαφορές να αποτελούν παραδείγματα αυτού του τύπου λήψης ομαδικών αποφάσεων.

Μετά από όλα αυτά γίνεται αντιληπτό πως η μελέτη του τρόπου προσέγγισης του τρόπου λήψεως ομαδικών αποφάσεων αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Δύο βασικά διακριτές μεθοδολογίες είναι κοινές που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η πρώτη είναι η λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην αντιμετώπιση θεμάτων λήψης αποφάσεων καλώς δομημένων προβλημάτων. Η άλλη είναι η θεωρία της κοινωνικής επιλογής (Social Choice ή SC) με τα δικά της συστήματα ψηφοφορίας



για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων, όταν οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι ελάχιστες, αβέβαιες ή κατά κύριο λόγο ποιοτικές (Bojan Srdjevic, 2007). Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε κυρίως με την πρώτη περίπτωση. Στην επόμενη ενότητα θα δούμε τη σχέση της ομαδικής απόφασης με την MCDM. Στις επόμενες ενότητες θα δούμε πως αντιμετωπίζουν οι μελετητές την περίπτωση έλλειψης της πληροφορίας, την έννοια της στοχαστικότητας καθώς επίσης και τη διαδικασία της αναλυτικής συνθετικής προσέγγισης. Στην έκτη ενότητα θα εστιάσουμε στις μεθόδους που παρουσιάζονται περισσότερο για την αντιμετώπιση των υπό μελέτη προβλημάτων (θα παρουσιάσουμε σχετικούς πίνακες με τις αντίστοιχες εφαρμογές) και στην επόμενη ενότητα θα παρουσιάσουμε την «καρδιά» της σύνθεσης των προτιμήσεων για να συναντήσουμε κατόπιν τον Yager και να δούμε τι εκείνος προτείνει για το θέμα αυτό της σύνθεσης. Θα κλείσουμε με μια ανασκόπηση στις εφαρμογές και την έκθεση των σχετικών συμπερασμάτων που εξάγονται από την παρούσα βιβλιογραφική έρευνα.

## **2. Η ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ.**

Οι Elena Tsiporkova and Veselka Boeva. το 2006 παρατηρούν ότι πολύ συχνά πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ πολλών εναλλακτικών επιλογών. Μεταφέρουν την άποψη των J.E. Russo et al. (1990) που λέει ότι κατά τη λήψη μιας τέτοιας επιλογής συναντούμε τη μεγαλύτερη δυσκολία στην αποτελεσματική επεξεργασία της μεγάλης ποσότητας των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με το εν λόγω πρόβλημα και στην προσπάθεια να ξεπεράσουμε τη δική μας τυχαία ασυνέπεια. Η περίπτωση γίνεται ακόμα πιο περίπλοκη όταν πρόκειται για μια ομάδα υπευθύνων λήψης αποφάσεων (εμπειρογνώμονες, πράκτορες κ.λπ.) προκειμένου να πάρουν την τελική απόφαση μέσω συναίνεσης. Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα να πάρουμε την καλύτερη απόφαση πρέπει να βρούμε έναν συστηματικό τρόπο που να μας επιτρέπει: (1) να αξιολογήσουμε όλα τα ευνοϊκά ή δυσμενή αποδεικτικά στοιχεία που σχετίζονται με κάθε πιθανή εναλλακτική λύση (2) να καθορίσουμε τη σχετική σημασία των διαφόρων κριτηρίων αξιολόγησης, λαμβάνοντας υπόψη την ατομική κρίση κάθε εμπειρογνώμονα (3) να ταξινομήσουμε τις εναλλακτικές λύσεις με βάση ένα κατάλληλο σκορ που θα προκύψει από τη σύνθεση των προτιμήσεων. Η υποβοήθηση λήψης αποφάσεων ορίζεται ως δραστηριότητα χρήσης ορισμένων μοντέλων που βοηθούν στην απάντηση των ερωτήσεων των ενδιαφερομένων σε μια διαδικασία λήψης αποφάσεων (Roy, 1985) Συμπεράσματα που προκύπτουν μόνο από την ανάλυση των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων που εξετάζονται με μια σειρά κριτηρίων είναι συνήθως πολύ αδύναμη για να συμβάλει σημαντικά στην απάντηση αυτών των ερωτήσεων. Ως εκ τούτου, η διαδικασία ανάδειξης της βέλτιστης εναλλακτικής βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις πληροφορίες



προτίμησης που προέρχονται από τους ενδιαφερόμενους που διαδραματίζουν το ρόλο των αποφασίζοντων (Miłosz Kadzinski et al., 2013).

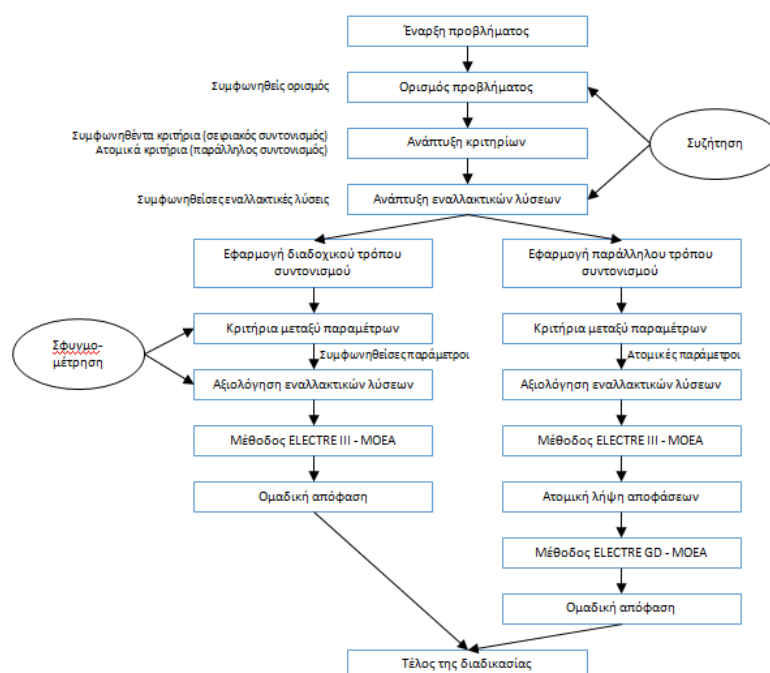
Η MCDA είναι ένας γενικός όρος για τις μεθόδους που παρέχουν μια συστηματική ποσοτική προσέγγιση για την υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων σε προβλήματα με πολλαπλά κριτήρια και δράσεις (Adel Hatami and Madjid Tavana, 2011). Η λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCDM) θεωρείται κύριο μέρος της σύγχρονης επιστήμης των αποφάσεων και της επιχειρησιακής έρευνας, που περιλαμβάνει πολλαπλά κριτήρια απόφασης και εναλλακτικές λύσεις πολλαπλών επιλογών (Zhongliang Yue, 2011). Το πρόβλημα της λήψης αποφάσεων ομάδας πολλαπλών κριτηρίων περιλαμβάνει ένα σύνολο από εφικτές εναλλακτικές λύσεις που αξιολογούνται βάσει πολλαπλών, αντικρουόμενων και μη συμμετρικών κριτηρίων από μια ομάδα ατόμων (Jacek Malczewski, 1996). Οι μέθοδοι MCDA μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση των διαπροσωπικών συγκρούσεων όπου ο στόχος είναι να επιτευχθεί συναίνεση μεταξύ των μελών της ομάδας. Οι Bui και Jarke (1986) υποστηρίζουν ότι η λήψη αποφάσεων με μεθόδους που βασίζονται σε πολλαπλά κριτήρια παρέχουν ένα κοινό πλαίσιο για τρεις σημαντικούς σκοπούς του συστήματος για την υποστήριξη ομαδικών αποφάσεων (Group Decision Support Systems, GDSS): (1) Αντιπροσώπευση πολλών οπτικών γωνιών για ένα πρόβλημα, (2) σύνθεση των προτιμήσεων των πολλών φορέων για τη λήψη αποφάσεων σύμφωνα με διάφορα ομαδικά πρότυπα και (3) οργάνωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Η MCDM παρέχει ένα απλό αλλά δομημένο πλαίσιο για τον έλεγχο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, ενώ η απλότητα των πληροφοριών που εξάγει η MCDM διευκολύνει την επικοινωνία, τον συντονισμό και τη συγκέντρωση των ατομικών αναλύσεων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων της ομάδας σύμφωνα με τον Bui (1987). Ο Jarke (1986) δηλώνει ότι οι μέθοδοι της MCDM μπορούν να χρησιμεύσουν ως επίσημα εργαλεία για την εμφάνιση προτιμήσεων, τη σύνθεση προτιμήσεων, τη διαπραγμάτευση και τη διαμεσολάβηση, τόσο σε καταστάσεις συνεταιριστικές όσο και σε περιπτώσεις μη συνεργασίας. Επομένως η διαδικασία λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων ενός GDSS είναι μια κρίσιμη πτυχή του συστήματος, διότι παρέχει ένα δομημένο και ολοκληρωμένο πλαίσιο για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και των κριτηρίων και μια συμβιβαστική λύση (N. Matsatsinis et al., 2005). Η λήψη αποφάσεων στο δημόσιο και στον ιδιωτικό τομέα συχνά περιλαμβάνει την αξιολόγηση και την κατάταξη των διαθέσιμων διαδρομών εναλλακτικών λύσεων δράσης ή αποφάσεων που βασίζονται σε πολλαπλά κριτήρια. Σύμφωνα με ερευνητές η πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων (MCDM) έχει αποδειχθεί μια αποτελεσματική μεθοδολογία για την επίλυση μιας μεγάλης ποικιλίας πολυκριτηριακών προβλημάτων αξιολόγησης και κατάταξης (Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang, 2009).

Σύμφωνα με τον Zhongliang Yue (2011) ο στόχος της MCDM είναι να βρει την πιο επιθυμητή εναλλακτική λύση ή τις πιο επιθυμητές λύσεις από ένα σύνολο διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων σε σχέση με τα επιλεγμένα κριτήρια αλλά και οι Behnam Vahdani et al. (2013) ομολογούν ότι στόχος της λήψης αποφάσεων ομάδας βάσει πολλών κριτηρίων στα προβλήματα της ομαδικής απόφασης είναι να βρεθεί μια λύση που για την ομάδα των αποφασιζόντων θα είναι η καλύτερη, η πιο ικανοποιητική. Οι Adel Hatami and Madjid Tavana (2011) σημειώνουν για την MCDM: «Στόχος είναι να βοηθήσει τον αποφασίζοντα να λάβει υπ' όψιν όλα τα σημαντικά αντικειμενικά και υποκειμενικά κριτήρια του προβλήματος σε μια πιο ρητή, ορθολογική και αποτελεσματική διαδικασία απόφασης. Κάθε ένα από αυτά τα κριτήρια χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση οποιασδήποτε ενδεχόμενης δράσης με μια κατάλληλη ποσοτική ή ποιοτική κλίμακα. Τα κύρια συστατικά μιας MCDA είναι πολύ απλά: ένας τουλάχιστον αποφασίζων, δύο κριτήρια και δύο δράσεις»

Οι J.Malczewski et al. (1997) μιλούν για ένα ευρύ φάσμα μεθόδων μοντελοποίησης και διαδικασιών που είναι διαθέσιμες για την διαχείριση θεμάτων λήψεως αποφάσεων με πολλά κριτήρια και για ένα αριθμό προτάσεων για την ταξινόμησή τους. Σύμφωνα με αυτούς χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: αυτές που η λήψη αποφάσεων πραγματοποιείται με βάση τα πολλαπλά χαρακτηριστικά (multiple attributes decision making, MADM) και αυτές που βασίζονται στους πολλαπλούς στόχους (multiple objectives decision making, MODM). Στην πρώτη περίπτωση τα προβλήματα ψάχνουν να βρουν την καλύτερη επιλογή μεταξύ ενός σχετικά μικρού και σαφούς συνόλου εναλλακτικών ενώ οι MODM συνήθως αφορούν σε επιλογή από ένα μεγάλο σύνολο εναλλακτικών που δεν είναι σαφές και διέπεται από περιορισμούς.

Οι διαδικασίες MCDA για τις ομάδες απαιτούν συνήθως έναν διαμεσολαβητή για την αρχική διατύπωση του προβλήματος. Επιπλέον η επιτυχής λήψη αποφάσεων από ομάδες απαιτεί κατάλληλες διαδικασίες συντονισμού, διαδικασίες για την ενσωμάτωση ποικίλων ατομικών απόψεων στη συνολική τελική απόφαση. Κατάλληλα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να διευκολύνουν τις διαδικασίες και να βοηθήσουν την ομάδα να επιτύχει στην ποιότητα της απόφασης (Malone and Crowston, 1990). Σε ένα ασύγχρονο και καταναμημένο περιβάλλον ένα πρόβλημα κλειδί στις διαδικασίες MCDA είναι η αυξημένη ανάγκη για συντονισμό των επιμέρους δραστηριοτήτων (Tindale, 1989). Ένας τρόπος συντονισμού αναφέρεται σε μια σειρά διαδικασιών και μεθόδων συσσωμάτωσης, οι οποίες ενσωματώνουν την ομάδα και τις μεμονωμένες δραστηριότητες των μελών και διευκολύνουν την προσέγγισή τους σε μια συμφωνία υψηλής ποιότητας για την ομάδα (Cao και Burstein, 2000).

Μπορούμε να διακρίνουμε δύο κύριες γενικές προσεγγίσεις, οι οποίες χρησιμοποιούν μια τεχνική ενίσχυσης πολλαπλών κριτηρίων για τη συγκέντρωση των προτιμήσεων των ομάδων: Με τον πρώτο τρόπο, **ζητείται από την ομάδα να συμφωνήσει σχετικά με τις εναλλακτικές λύσεις, τα κριτήρια, τις βαθμολογίες, τα βάρη, τα κατώτατα όρια και τις παραμένουσες παραμέτρους πριν το μοντέλο παρέχει μια σειρά κατάταξης**. Η ομαδική συζήτηση επικεντρώνεται στις ενέργειες και τα κριτήρια θα πρέπει να εξεταστούν, τα βάρη και τις άλλες απαραίτητες παραμέτρους που είναι κατάλληλες. Μόλις κλείσει η συζήτηση και όλα τα άτομα έχουν συγκεντρωθεί πληροφορίες, χρησιμοποιείται μια τεχνική για τη λήψη των τιμών αυτών των παραμέτρων του μοντέλου, που θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν τη συλλογική γνώμη. Με αυτές τις πληροφορίες, το μοντέλο απόφασης πολλαπλών κριτηρίων μας δίνει την κατάταξη της ομάδας. Με το δεύτερο τρόπο αν και τα μέλη μπορούν να ανταλλάσσουν απόψεις και σχετικές πληροφορίες, χρειάζεται η ομαδική συναίνεση μόνο για τον ορισμό του συνόλου των πιθανών ενεργειών. **Κάθε μέλος ορίζει τα δικά του κριτήρια, τις κατάλληλες αξιολογήσεις και τις παραμέτρους του μοντέλου (βάρη, όρια, κ.λπ.), και στη συνέχεια η μέθοδος στήριξης με πολλαπλά κριτήρια χρησιμοποιείται για να πάρει μια προσωπική κατάταξη**. Στη συνέχεια, κάθε μέλος της ομάδας θεωρείται ως ξεχωριστό κριτήριο και οι προτιμησιακές πληροφορίες που περιέχονται στις ιδιαίτερες κατατάξεις συγκεντρώνονται σε μια τελική συλλογική παραγγελία με την ίδια (μπορεί να είναι και άλλη) προσέγγιση πολλαπλών κριτηρίων (π.χ., Hwang and Lin, 1987; Macharis et al., 1998; Leyva and Fernandez, 2003).



Εικόνα 1: Διαδικασία MCDA για ομαδική απόφαση με δύο τρόπους συντονισμού να είναι εμφανής (Juan Carlos Leyva López and Pável Anselmo Álvarez Carrillo., 2013).

Σχετικά με τα παραπάνω οι Juan M. Sánchez-Lozano et al. (2013) υπογραμμίζουν ότι σε ένα περιβάλλον για τη λήψη ομαδικής απόφασης ο κάθε συμμετέχων μπορεί να εργάζεται μεμονωμένα καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας ή και στα διάφορα στάδια της διαδικασίας της απόφασης να υπάρχει πιο στενή συνεργασία μεταξύ των αποφασίζόντων. Μεταφέρουν τους ορισμούς γι' αυτούς τους τύπους διαδικασιών συντονισμού των Cao και Burstein που το 2000 τους ονόμασαν «παράλληλο» (parallel) και «διαδοχικό/ακολουθητικό» (sequential) και αντίστοιχα. Γι' αυτό ακόμα αναφέρεται ότι σε ένα τέτοιο περιβάλλον (ομαδικής απόφασης), κάθε συμμετέχων μπορεί μερικές φορές να εργάζεται μεμονωμένα ή και να συνεργάζεται με την υπόλοιπη ομάδα την άλλη στιγμή (Juan Carlos Leyva López and Pável Anselmo Álvarez Carrillo., 2013). Οι δύο αναφερόμενοι τρόποι εργασίας φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

### 3. Η ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ.

Σύμφωνα με ερευνητές, κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων για τη λήψη αποφάσεων κατά τη σύνθεση νέων προβλημάτων, τα δεδομένα για την εκτίμηση των βαρών των κριτηρίων και για την αξιολόγηση των επιδόσεων των εναλλακτικών σε σχέση με τα ποιοτικά κριτήρια συχνά δεν είναι διαθέσιμα και πρέπει να αξιολογούνται υποκειμενικά από τους αποφασίζοντες, τα ενδιαφερόμενα μέρη ή τους ειδικούς (Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang, 2009).

Ορισμένα κριτήρια ενδέχεται να μην είναι πρακτικά αξιολογήσιμα κατά τη διαδικασία μιας επιλογής σε ένα ανάλογο πρόβλημα. Μπορεί να υπάρχουν δυσκολίες στην ανάκτηση πληροφοριών, περιπλοκότητα στην ανάλυση, ή ίσως να μην υπάρχει αρκετός χρόνος. (Cengiz Kahraman et al., 2003). Σημειώνεται πως οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων πρέπει να επιλέξουν τις εναλλακτικές λύσεις συγκρίνοντάς τις βασισμένοι σε πολλά συγκρουόμενα κριτήρια και να εφαρμόζοντας ανάλογους μεθόδους. Όμως η σύγκριση αυτή δεν είναι εξ ολοκλήρου οριστική, διότι μπορεί οι πληροφορίες σχετικά με τις εναλλακτικές λύσεις που εξετάστηκαν να μην είναι αξιόπιστες και ακριβείς. Επομένως, είναι πολύ δύσκολο να εκφράσουμε αριθμητικά τις εκτιμήσεις τους. (Shide Sadat Hashemi et al., 2016). Παρατηρείται ότι οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων λαμβάνουν συχνά αποφάσεις στο γλωσσικό περιβάλλον σε προβλήματα πραγματικού κόσμου σύμφωνα με τον Ting-Yu Chen (2013). Ο τελευταίος αναφέρει ότι οι πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων που παρέχονται από ένα υποσύνολο των αποφασίζόντων είναι **ασαφείς ή αβέβαιες λόγω έλλειψης δεδομένων**, χρονικής πίεσης ή περιορισμένης προσοχής και ικανότητας λήψης αποφάσεων από αυτούς. Στη σχετική βιβλιογραφία λοιπόν φαίνεται αυτή η ανησυχία των ερευνητών για την μοντελοποίηση της υποκειμενικότητας και την έλλειψη της απαιτούμενης πληροφορίας. Η

ανθρώπινη αξιολόγηση είναι αβέβαιη και είναι σχετικά δύσκολο για τον αποφασίζοντα να παρέχει ακριβείς αριθμητικές τιμές για τα κριτήρια (Soroush Saghaian and S.Reza Hejazi., 2005). Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα στις εφαρμογές του πραγματικού κόσμου καθιστά λιγότερο πιθανό για μια ομάδα αποφασιζόντων να εξετάσει όλες τις σχετικές πτυχές ενός προβλήματος λήψης αποφάσεων. Σε τέτοιες καταστάσεις, πολλές γνώσεις που παρέχονται από τους αποφασίζοντες μπορεί να είναι ασαφείς ή ατελείς και όχι ακριβείς. Παράδειγμα αποτελούν οι μη ποσοτικοποιημένες πληροφορίες σχετικά με εναλλακτικές λύσεις υπό αντιφατικά πολλαπλά κριτήρια και η σχετική σημασία κάθε επιλεγμένου κριτηρίου. Έτσι, τα προβλήματα λήψης αποφάσεων δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με την κανονική μέθοδο MCGDM (Behnam Vahdani et al., 2013).

Μετά από αυτά, τα πλαίσια της αβεβαιότητας εφαρμόζονται ευρέως στα προβλήματα MCDM (Shide Sadat Hashemi et al., 2016). Στις κλασικές μεθόδους MCMD, οι αξιολογήσεις και τα βάρη των κριτηρίων είναι γνωστά με ακρίβεια. Ωστόσο, υπό πολλές συνθήκες, τα απόλυτα δεδομένα είναι ανεπαρκή για την μοντελοποίηση των καταστάσεων της πραγματικής ζωής, καθώς και των ανθρώπινων κρίσεων συμπεριλαμβανομένων και των προτιμήσεων που είναι συχνά ασαφείς και δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακριβείς αριθμητικές τιμές (Soroush Saghaian and S.Reza Hejazi., 2005). Οι Yu-Jie Wang (2006) αναφέρουν ότι τα προβλήματα MCDM μπορεί να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Η μία περιέχει τα κλασικά προβλήματα MCDM στα οποία οι αξιολογήσεις και τα βάρη των κριτηρίων εκτιμώνται με καθαρούς αριθμούς. Η άλλη κατηγορία περιέχει εκείνα που εκτυλίσσονται σε ασαφές περιβάλλον (Fussy MCDM ή FMCDM), στα οποία η αξιολόγηση της απόδοσης και των βαρών των κριτηρίων είναι ανακριβής, υποκειμενική και ασαφής και εκφράζεται συνήθως με γλωσσικούς όρους και στη συνέχεια μοντελοποιείται με ασαφείς αριθμούς. Σύμφωνα με αυτό λοιπόν πολλοί ερευνητές δίνουν έμφαση στη χρήση όχι μόνο της απόλυτης κρίσης. Η υποκειμενική διαδικασία αξιολόγησης μπορεί να περιλαμβάνει δύο τύπους κρίσης: την συγκριτική κρίση και απόλυτη κρίση (Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang, 2009). Έτσι οι μελετητές βρίσκουν διέξοδο από τις ανησυχίες τους με τη χρήση των ασαφών συνόλων.

Θεωρώντας την ασάφεια στα δεδομένα της απόφασης και τη διαδικασία της λήψεως της ομαδικής απόφασης, χρησιμοποιούνται γλωσσικές μεταβλητές για την αξιολόγηση του βάρους όλων των κριτηρίων και των αξιολογήσεων των αποδόσεων κάθε εναλλακτικής λύσης σε σχέση με κάθε κριτήριο (Chen-Tung Chen, 2000). Γλωσσικές εκφράσεις, όπως για παράδειγμα, «χαμηλή», «μέτρια», «υψηλή», κ.λπ. θεωρούνται ως η φυσική αναπαράσταση της κρίσης. Αυτά τα χαρακτηριστικά δείχνουν την εφαρμοσιμότητα της θεωρίας των ασαφών συνόλων στη σύλληψη της δομής των προτιμήσεων των αποφασιζόντων. Η θεωρία ασαφών συνόλων βοηθά στη μέτρηση της ασάφειας των εννοιών που σχετίζονται με

την υποκειμενική κρίση του ανθρώπου. Επιπλέον, δεδομένου ότι στην ομαδική λήψη αποφάσεων η αξιολόγηση προκύπτει από τις γλωσσικές μεταβλητές των διαφορετικών απόψεων των εκτιμητών, αυτή η αξιολόγηση πρέπει να διεξάγεται σε ένα αβέβαιο, ασαφές περιβάλλον (Soroush Saghafian and S.Reza Hejazi., 2005).

Σε γενικές γραμμές, στα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων, όταν έχουν να κάνουν με αβέβαια και ασαφή δεδομένα, η θεωρία των ασαφών συνόλων συμβάλει σημαντικά για τη λύση των προβλημάτων αυτών (Gizem Çifçi and Gülçin Büyüközkan, 2011). Οι Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang (2009) μεταφέρουν την παρατήρηση του Zadeh (1965) ότι η έννοια των ασαφών συνόλων χρησιμοποιείται συχνά για να αντικατοπτρίσει την εγγενή υποκειμενικότητα και την εμπλεκόμενη ανακρίβεια κατά τη διαδικασία αξιολόγησης. Επίσης αναφέρουν και την βεβαιότητα των Chang and Yeh (2004) και Zimmermann (1996) ότι η μοντελοποίηση με τη χρήση ασαφών αριθμών έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη διατύπωση προβλημάτων απόφασης όπου υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες που είναι υποκειμενικές και αόριστες. Πολλοί ερευνητές συμφωνούν στο ότι για να μοντελοποιήσουμε αυτού του είδους την αβεβαιότητα στην ανθρώπινη προτίμηση, η ασαφής λογική μπορεί να είναι μια πιο φυσική προσέγγιση και στα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Gülçin Büyüközkan, 2012; Ting-Yu Chen, 2014).. Για να επιλυθεί η ασάφεια που συχνά προκύπτει από τις πληροφορίες που προέρχονται από την ανθρώπινη κρίση και προτίμηση, έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία η θεωρία ασαφών συνόλων όπως γράφει και ο Zadeh το 1965 για τη διαχείριση την ακρίβειας (ή της αβεβαιότητας) στα προβλήματα λήψης αποφάσεων (Chunqiao Tan, 2011).

Τα ασαφή σύνολα έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών. Μια εργασία που τα ερμηνεύει είναι και εκείνη του Γιάννη Α. Θεοδώρου (2010) ο οποίος σημειώνει : «Η Ασαφής Λογική ξεκινά ακριβώς από το γεγονός ότι συνήθως στην πραγματικότητα δεν υπάρχει μόνο το «άσπρο ή μαύρο» όπως απαιτεί η δίτιμη λογική των κλασικών-παραδοσιακών μαθηματικών, αλλά συνήθως έχουμε διάφορες «αποχρώσεις του γκρι» όπως βέβαια και έγχρωμα φαινόμενα. Η ιδέα λοιπόν αυτή της Ασαφούς Λογικής (Zadeh, 1965) αποτέλεσε πραγματική επανάσταση στη θεωρία της λογικής και των μαθηματικών και κατ' επέκταση των σύγχρονων επιστημών και της τεχνολογίας, γιατί πράγματι υπερέβαινε τα εσκεμμένα και ξέφευγε από το μοντέλο που κυριαρχούσε εδώ και 2500 χρόνια, δηλαδή από το παραδοσιακό Αριστοτέλειο ασπρόμαυρο μοντέλο του «0-1», «αληθές-ψευδές». Οι Kavita Devi & Shiv Prasad Yadav (2012) εμβαθύνουν περισσότερο στα ασαφή σύνολα και μιλούν για την διαισθητική θεωρία ασαφών συνόλων. «...ο βαθμός συμμετοχής και αυτός της μη συμμετοχής δεν συνοψίζονται απλώς σε ένα όπως γίνεται στα συμβατικά ασαφή σύνολα.» Υποστηρίζουν ότι ένας τέτοιος εκτεταμένος ορισμός βοηθά να



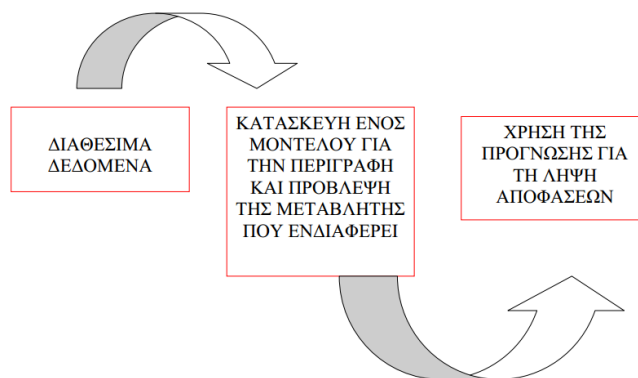
αναπαριστώνται καλύτερα οι καταστάσεις λήψης αποφάσεων κατά τις οποίες οι κατασκευαστές αποφεύγουν να εκφράσουν τις εκτιμήσεις τους. Τότε οι διαισθητικές ασαφείς σειρές παρέχουν ένα πλουσιότερο εργαλείο για την κατανόηση της ακρίβειας από τα συμβατικά ασαφή σύνολα.

Για παράδειγμα, για το πρόβλημα της επιλογής προμηθευτών αναφέρεται η άποψη του Zadeh (1965) που υποστηρίζει ότι: οι περισσότερες από τις παραμέτρους επιλογής δεν μπορούν να δοθούν με ακρίβεια και τα δεδομένα για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων για την καταλληλότητα των εναλλακτικών προμηθευτών με βάσει διάφορα υποκειμενικά κριτήρια εκφράζεται συνήθως από γλωσσικούς όρους από τους αποφασίζοντες. Επιπλέον, αναγνωρίζεται ότι η ανθρώπινη κρίση σχετικά με τις ποιοτικές ιδιότητες είναι πάντα υποκειμενική και, συνεπώς, ανακριβής (Gülçin Büyüközkan, 2012). Το πρόβλημα της επιλογής προμηθευτή στο σύστημα της αλυσίδας εφοδιασμού είναι ένας συνδυασμός που απαιτεί ομαδική απόφαση με συνδυασμό πολλών και διαφορετικών κριτηρίων με διαφορετικές μορφές αβεβαιότητας. Ως εκ τούτου, είναι ένα MCDM πρόβλημα και απαιτεί ανάλογες μεθόδους για την αποτελεσματική επίλυσή του. Η διαδικασία επιλογής προμηθευτή συχνά στην πράξη επηρεάζεται από την αβεβαιότητα. Αρκετοί παράγοντες επιρροής συχνά δεν λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, όπως είναι οι ελλιπείς πληροφορίες, πρόσθετα ποιοτικά κριτήρια και ανακρίβεια στις προτιμήσεις (Mohammad Izadikhah, 2012). Τελικά όπως παρατηρούν και οι Francisco Rodrigues Lima Junior et al. (2014) οι MCDM έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για να αντιμετωπίσουν την αβεβαιότητα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την επιλογή προμηθευτή καθώς παρέχουν μια κατάλληλη γλώσσα για να γίνεται χειρισμός των ασαφών κριτηρίων, με υπάρχουσα τη δυνατότητα της ενσωμάτωσης και της ανάλυσης τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών παραγόντων.

#### **4. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.**

Σε μια μερίδα μελετών που σχετίζονται με το θέμα γίνεται προσέγγιση μέσω της στοχαστικότητας. Σύμφωνα με τον Δρ. Τακβόρ Σουκισιάν η στοχαστικότητα είναι η δυνατότητα μοντελοποίησης (αριθμητικής περιγραφής) ενός φαινομένου με χρήση ενός πειράματος τύχης. Η χρήση ενός στοχαστικού μοντέλου φαίνεται και στο επόμενο σχήμα. Για την καλύτερη κατανόησή τους όμως θα πρέπει να αναφέρουμε ορισμένα στοιχεία που συνδέονται με αυτήν όπως την έννοια «Δυναμικό Σύστημα». Γενικά, με τον όρο Δυναμικό Σύστημα (ΔΣ) εννοούμε την περιγραφή της (χρονικής) εξέλιξης μιας μεταβλητής, ή ενός σημείου, στο γεωμετρικό χώρο μέσω συγκεκριμένων κανόνων.





Εικόνα 2: Η χρήση ενός στοχαστικού μοντέλου σύμφωνα με τον Δρ. Τακβόρ Σουκισιάν.

Τα ΔΣ μπορούν να χωριστούν σε ντετερμινιστικά και στοχαστικά ανάλογα με τη μορφή της χρονικής εξέλιξής τους. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήστε μια (εξαρτημένη) μεταβλητή  $A(t)$ , όπου  $t$  η ανεξάρτητη μεταβλητή, συνήθως χρόνος. Το ΔΣ της  $A(t)$  μπορεί να είναι: **Ντετερμινιστικό**, αν η μελλοντική κατάσταση του συστήματος,  $A(t)$ , καθορίζεται πλήρως από δεδομένες αρχικές τιμές του συστήματος,  $A(0)$ . Σε μια τέτοια περίπτωση δεν υπάρχει τυχαιότητα στην εξέλιξη της  $A$  ή **Στοχαστικό**, εάν δεδομένες αρχικές τιμές του συστήματος,  $A(0)$  υπάρχουν περισσότερες από μία πιθανές μελλοντικές καταστάσεις,  $A(t)$ . Οι καταστάσεις αυτές δεν είναι κατ' ανάγκη ισοπίθανες. Η έννοια των στοχαστικών συστημάτων συνδέεται άμεσα με τις πιθανότητες και τις στοχαστικές διεργασίες. Στοχαστικές ή Τυχαίες Διεργασίες (Stochastic or Random Processes): Στοχαστικές διεργασίες είναι συναρτήσεις των οποίων οι τιμές είναι τυχαίες (μη ντετερμινιστικές) μεταβλητές. Είναι δηλαδή ποσότητες με συγκεκριμένες κατανομές πιθανότητας. Συχνά γίνεται χρήση της έννοιας της Γεννήτριας Τυχαίων Αριθμών (Random Number Generator) δηλαδή του αλγορίθμου που δημιουργεί μια ακολουθία τυχαίων αριθμών.

Τα Ντετερμινιστικά μοντέλα γίνονται ευκολότερα κατανοητά γιατί δεν εμπλέκουν πολύπλοκους στατιστικούς ορισμούς. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι προσπαθούν να μοντελοποιήσουν τον άγνωστο αλλά συστηματικό χαρακτήρα ενός φαινομένου μέσω κάποιας αναλυτικής συνάρτησης. Οι άγνωστοι όροι του μοντέλου πρέπει να εκτιμηθούν από τα παρατηρούμενα μεγέθη. Κατά κανόνα έχουμε περισσότερες παρατηρήσεις από ό,τι άγνωστες παραμέτρους. Αντιμετωπίζουμε την ανάγκη υπολογισμού μιας βέλτιστης λύσης των αγνώστων παραμέτρων. Στα στοχαστικά μοντέλα θεωρείται ότι το φαινόμενο μπορεί να προσεγγιστεί μέσω κάποιας στατιστικής διαδικασίας. (Ιωάννης Γ. Παρασχάκης, 2012).

## 5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.

Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (aggregation - disaggregation approach) αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο των πολυκριτήριων συστημάτων αποφάσεων και η φιλοσοφία της εμπνέει τους περισσότερους μελετητές. Χρησιμοποιεί συναρτήσεις χρησιμότητας για τη

μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα, ώστε να γίνει επιλογή, κατάταξη ή ταξινόμηση των διακριτών εναλλακτικών λύσεων. Γενικότερα μπορούμε να πούμε πως με την προσέγγιση αυτή ο αποφασίζων παίρνει αποφάσεις στηριζόμενος (συνειδητά ή ασυνειδητά) σε ένα σύστημα αξιών και προτιμήσεων. Αναλύει τη σχέση μεταξύ των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών στα κριτήρια κι έτσι εντοπίζει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις, αναπτύσσοντας ένα υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων.

Η ουσιαστική διαφορά από τις άλλες πολυκριτήριες προσεγγίσεις (πολυκριτήρια αξία, σχέσεις υπεροχής) είναι ότι αυτές συνθέτουν τα δεδομένα ενός προβλήματος για να καταλήξουν στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ η Αναλυτική Συνθετική Προσέγγιση αναλύει τα δεδομένα για να εντοπίσει το υπόδειγμα που αναπαριστά όσο πιο πιστά γίνεται το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα και δέχεται ότι η απόφαση και τα κριτήρια επιδέχονται προοδευτική επεξεργασία αλληλοδομούμενα μέσα στο χρόνο. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται τεχνικές παλινδρόμησης που βασίζονται στον Μαθηματικό Προγραμματισμό, για να προκύψει η συνάρτηση χρησιμότητας η οποία “αναπαράγει” τις αποφάσεις του αποφασίζοντα όπως αυτές εκφράστηκαν στο σύνολο αναφοράς.

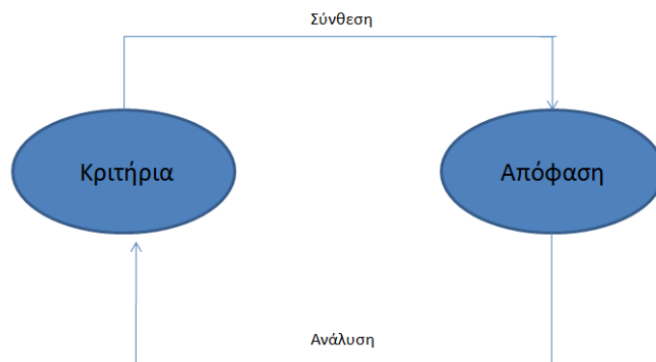


Εικόνα 3: Παραδοσιακή συνθετική προσέγγιση (Ευάγγελος Γρηγορούδης, 1999).

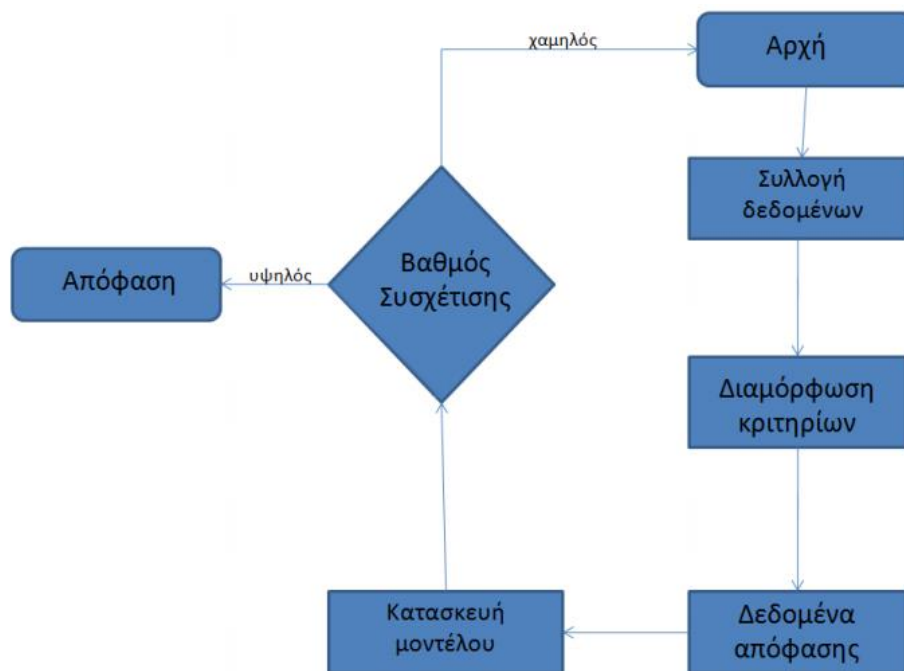
Στο μοντέλο της παραδοσιακής συνθετικής προσέγγισης, το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων είναι γνωστό a priori, ενώ η συνολική προτίμηση είναι άγνωστη. Αντίθετα, στη φιλοσοφία της ανάλυσης τα μοντέλα προτιμήσεων εξάγονται από τις δεδομένες γενικές προτιμήσεις (Yannis Siskos, Evangelos Grigoroudis, and Nikolaos F. Matsatsinis, 2016). Ισχύει δηλαδή η αρχή της γραμμικότητας και της αιτιότητας, δηλαδή η λογική ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια και τον τρόπο σύνθεσης αυτών όπως παρατηρούν οι Γρηγορούδης και Σίσκος το 2000. Η αναλυτική-συνθετική ή απλά αναλυτική προσέγγιση (disaggregation approach) εστιάζεται στη συσχέτιση των πραγματικών δεδομένων απόφασης και του μοντέλου απόφασης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή συμβατότητα μοντέλου αποφασίζοντος.

Η αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης παρουσιάζεται στην εικόνα παρακάτω, όπου πρέπει να σημειωθεί ότι, σε περίπτωση που διαπιστωθεί ασυνέπεια ανάμεσα στον αποφασίζοντα και το εκτιμώμενο μοντέλο απόφασης, αναθεωρείται είτε η συνεπής οικογένεια κριτηρίων είτε η αξιοπιστία των δεδομένων της απόφασης (Ιωάννης Σίσκος και

συνεργάτες, 2008). Η έμφαση στην ανάλυση της συμπεριφοράς και του τρόπου αντίληψης του αποφασίζοντος είναι σαφές. Στο πλαίσιο των μεθόδων UTA χρησιμοποιούνται ειδικές επαναληπτικές διαδραστικές διαδικασίες, όπου οι συνιστώσες του προβλήματος και η γενική πολιτική κρίσης του αποφασίζοντα αναλύονται και στη συνέχεια συσσωματώνονται σε ένα σύστημα αξιών. Ο στόχος αυτής της προσέγγισης είναι να βοηθήσει τον αποφασίζοντα να βελτιώσει τις γνώσεις του σχετικά με την κατάσταση της απόφασης και τον τρόπο προτιμήσεώς του με σκοπό την επίτευξη μιας συνεπούς απόφασης (Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis, 2016)



Εικόνα 4: Η φιλοσοφία της αναλυτικής-Συνθετικής προσέγγισης. (Γαρίτος Ζώης, 2012)



Εικόνα 5: Η ροή της Αναλυτικής-Συνθετικής προσέγγισης. (Γαρίτος Ζώης, 2012)

## 6. ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.

### 6.1 AHP

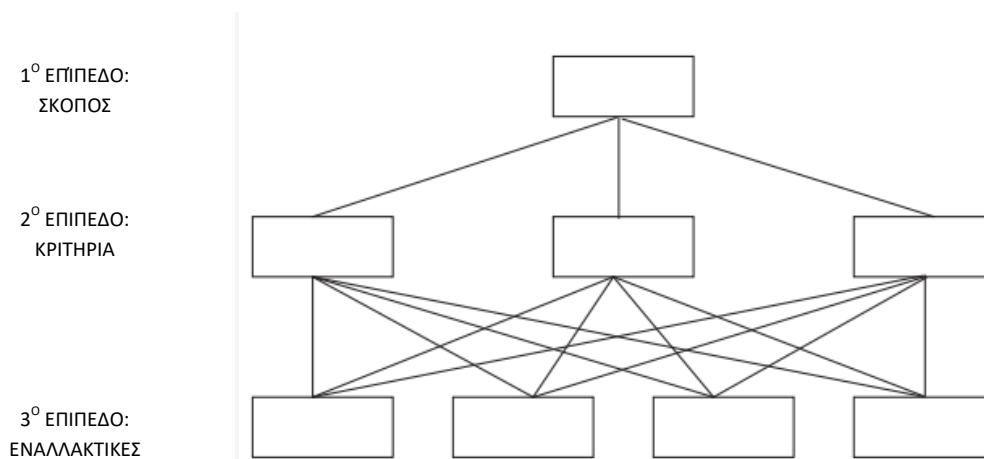
#### 6.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ AHP

Η ιεραρχική ανάλυση αποφάσεων (AHP), που εισήχθη από τον Thomas Saaty (1980), είναι μία αποτελεσματική μέθοδος για την αντιμετώπιση σύνθετων αποφάσεων και μπορεί να βοηθήσει τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να θέσει προτεραιότητες και να λάβει την καλύτερη απόφαση. Με την αναγωγή των σύνθετων αποφάσεων σε μια σειρά δυαδικών συγκρίσεων και στη συνέχεια τη σύνθεση των αποτελεσμάτων, η AHP μοντελοποιεί τόσο τους υποκειμενικούς όσο και τους αντικειμενικούς παράγοντες μιας απόφασης. Επιπλέον, η AHP ενσωματώνει μια χρήσιμη τεχνική για τον έλεγχο της συνέπειας των αξιολογήσεων για τη λήψη της απόφασης, μειώνοντας έτσι τη μεροληψία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η AHP θεωρεί ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης και ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών μεταξύ των οποίων πρέπει να ληφθεί η καλύτερη απόφαση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, δεδομένου ότι ορισμένα από τα κριτήρια μπορεί να είναι αντικρουόμενα, δεν είναι γενικά αληθές ότι η καλύτερη επιλογή είναι αυτή που βελτιστοποιεί το κάθε κριτήριο ξεχωριστά, αλλά εκείνη που επιτυγχάνει τον καλύτερο συμβιβασμό μεταξύ των διαφόρων κριτηρίων. Παράγει ένα βάρος για κάθε κριτήριο αξιολόγησης σύμφωνα με τις δυαδικές συγκρίσεις των κριτηρίων αξιολόγησης. Όσο υψηλότερο είναι το βάρος, τόσο πιο σημαντικό είναι το αντίστοιχο κριτήριο. Στη συνέχεια, για ένα συγκεκριμένο κριτήριο, η AHP αποδίδει μια βαθμολογία σε κάθε επιλογή, σύμφωνα με τις συγκρίσεις ζευγών επιλογών με βάση το εν λόγω κριτήριο. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της επιλογής σε σχέση με το κριτήριο που εξετάζεται. Τέλος, η AHP συνδυάζει τα βάρη των κριτηρίων και τις βαθμολογίες επιλογών, καθορίζοντας έτσι μία συνολική βαθμολογία για κάθε επιλογή και την αντίστοιχη κατάταξή της. Η μέθοδος αυτή έχει μελετηθεί ευρέως και στην Ελλάδα. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις εργασίες των Σιαμπίρη Ανθή (2010) και Ευτυχία Γ. Ναθαναήλ (2015). Έχει βεβαίως και πρωταγωνιστικό ρόλο στις μελέτες για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων όπως φαίνεται παρακάτω.

Ο Gülçin Büyüközkan το 2012 μεταφέρει την πεποίθηση του Saaty (1980) ότι «μία από τις πιο εξαιρετικές προσεγγίσεις της MCDM είναι η AHP, η οποία έχει τις ρίζες στην απόκτηση των σχετικών βαρών μεταξύ των παραγόντων και των συνολικών τιμών κάθε εναλλακτικής λύσης με βάση αυτά τα βάρη». Προβάλλει επίσης και το συμπέρασμα των Saaty και Vargas (2001) που υποστηρίζουν ότι «...σε σύγκριση με άλλες μεθόδους MCDM, η AHP έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε MCDM και έχει εφαρμοστεί επιτυχώς για την αντιμετώπιση πολλών πρακτικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων». Μετά από αυτά λοιπόν αναμένουμε ότι η υπό μελέτη μέθοδος θα παίζει σπουδαίο ρόλο και στη λήψη αποφάσεων μέσα σε ένα ομαδικό

περιβάλλον. Θερμός υποστηρικτής του Saaty και της χρήσης της AHP σε ομαδικές αποφάσεις εμφανίζεται και ο Bojan Srdjevic που το 2007 δηλώνει: «Εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μια μεθοδολογία για τη λήψη ομαδικής απόφασης με πολλά κριτήρια η Αναλυτική Ιεραρχική Προσέγγιση (AHP) είναι πιθανότατα μια από τις καλύτερες επιλογές. Η AHP από μόνη της είναι μια πλήρης μεθοδολογία για τη λύση ιεραρχικά δομημένων προβλημάτων. Τη δόμηση των προβλημάτων παρουσιάζουν πολλοί ερευνητές στις μελέτες τους όπως και οι Ali Yousefi and Abdollah Hadi-Vencheh το 2010 όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 6: Η ιεραρχική δομή του προβλήματος. (A. Yousefi and A. Hadi-Vencheh., 2010).

Υπάρχουν πολλές διαδικασίες υπολογισμού των βαρών, αλλά η AHP έχει κάποια πλεονεκτήματα, ένα εκ των οποίων είναι και το ότι βασίζεται στις συγκρίσεις ανά ζεύγη. Υπολογίζει επίσης τον δείκτη ασυνέπειας (της τελικής επιλογής με τις αρχικές προτιμήσεις του αποφασίζοντα). (Gülçin Büyükoçkan, 2012). Το κύριο πλεονέκτημα της AHP είναι η ικανότητά της να αντιμετωπίζει σύνθετα και ημιδομημένα προβλήματα όπως η αξιολόγηση προμηθευτών, η οποία δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί συνήθως με αυστηρά μαθηματικά μοντέλα. Διακατέχεται εκτός από την απλότητα, την ευκολία χρήσης, την ευελιξία και τη διαισθητική έκκληση, και από τη δυνατότητα διαχείρισης ποιοτικών και ποσοτικών κριτηρίων μαζί στην ίδια απόφαση, που έχει αναδείξει την AHP ως ένα ισχυρό και δυναμικό εργαλείο λήψης αποφάσεων. Εκτός από αυτά, η εκτίμηση της συνέπειας για τις εκτιμήσεις των εμπειρογνομόνων και της δημοτικότητάς της στην ομαδική λήψη αποφάσεων είναι τα άλλα πλεονεκτήματα της AHP (C. Muralidharan et al., 2002).

Ο Klaus D. Goepel (2013) υποστηρίζει τη χρήση της AHP για ομαδικές αποφάσεις όπως για παράδειγμα για την επιλογή δεικτών απόδοσης και τον καθορισμό του βάρους τους σε ένα πίνακα επιδόσεων ή τη συμφωνία σε κοινές στρατηγικές για μελλοντική ανάπτυξη της εταιρίας. Από την εφαρμογή της σε διάφορες περιπτώσεις φάνηκε ήταν η υψηλή αποδοχή των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων των ομάδων από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Είναι χρήσιμο το γεγονός ότι η AHP - ως μια μαθηματική μέθοδος - θεωρείται "αντικειμενική" και οι

υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων εκτιμούν ότι οι κρίσεις τους αντικατοπτρίζονται στο τελικό αποτέλεσμα. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η τεχνική της AHP ταιριάζει πολύ καλά για ομαδικές αποφάσεις λόγω του ρόλου της και του συνθετικού μηχανισμού που λειτουργεί. Οι Vincent S. Lai et al. το (2002) μεταφέρουν την πεποίθηση των Dyer and Forman σύμφωνα με την οποία όταν χρησιμοποιείται σε ομαδικές αποφάσεις μπορεί να: 1. Διαχειρίζεται υλικά και άυλα χαρακτηριστικά, ατομικές αξίες και μη, στην διαδικασία της ομαδικής απόφασης, 2. Βοηθάει την δόμηση της ομαδικής απόφασης έτσι ώστε να επικεντρώνεται η συζήτηση γύρω από τους σκοπούς, παρά γύρω από τις εναλλακτικές. 3. Επιτρέπει στη συζήτηση να συνεχίζεται μέχρι να έχει ληφθεί υπ' όψιν όλη η διαθέσιμη και σχετική πληροφορία και μια συνενετική επιλογή από τις εναλλακτικές έχει επιτευχθεί πιο πιθανή για να εκπληρώσει τους στόχους που έχουν θέσει οι οργανισμοί (Vincent S. Lai et al. , 2002). Αν και η διαδικασία της αναλυτικής ιεραρχίας (AHP) είναι καθολική και ισχυρή στην εφαρμογή της, είναι ακόμα αρκετά απλή για να εφαρμοστεί σε ένα λογιστικό φύλλο όπως του MS Excel (Klaus D. Goepel , 2013). Αυτή η μέθοδος παρέχει ένα πλαίσιο που θα διατυπώσει και θα λύσει ένα πρόβλημα σαν ιεραρχικό και θα εκμαιεύσει τις προτιμήσεις των ενδιαφερομένων μερών με τις συγκρίσεις ανά ζεύγη. Η μεθοδολογία αποδείχθηκε πολύτιμο εργαλείο για την ταυτοποίηση, κατανόηση, δομή και επίλυση του προβλήματος (J.Malczewski et al., 1997)

#### **6.1.2 Η ΑΠΟΛΥΤΗ AHP ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ**

Η συμβολή της μεθόδου AHP στην ομαδική απόφαση είναι μεγάλη. Και αυτό φαίνεται από την πληθώρα των μελετών που την αναφέρουν. Ο πρώτος που φαίνεται στη βιβλιογραφία να κάνει χρήση της AHP στη διαδικασία της ομαδικής απόφασης είναι ο Peri H. Iz ο οποίος με δύο διαδοχικές μελέτες του (1991 και 1992) προτείνει το συνδυασμό της με τη διαδραστική διαδικασία βαροδότησης Tchebycheff των Steuer and Choo (1983). Αυτή χρησιμοποιείται στον πολυκριτηριακό προγραμματισμό για την εύρεση μιας προσεγγιστικής λύσης. Βασίζεται σε διαδοχικές δειγματοληψίες προσεγγιστικών λύσεων, όπου σε κάθε επανάληψη πλησιάζουμε περισσότερο μια βέλτιστη λύση. Η διαδικασία Tchebycheff χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των ατομικών αποτελεσμάτων και με τη μέθοδο AHP γίνεται η σύνθεση τους για την τελική ομαδική κατάταξη. Μάλιστα στη μελέτη του 1991 χρησιμοποιεί και μια εναλλακτική μέθοδο για τη σύνθεση των προτιμήσεων, αυτή της ordinal κατάταξης των Cook and Kress (1985). Η οριστικοποίηση των στόχων γίνεται με την μέθοδο DELPHI ή με κάποια παρόμοια μέθοδο. Η Delphi είναι μια ερευνητική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται ευρέως σε πλήθος επιστημονικών πεδίων, μεταξύ των οποίων και στο χώρο της υγείας. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιδιώκει να επιτύχει τη μέγιστη δυνατή συναίνεση μιας προεπιλεγμένης ομάδας εμπειρογνομόνων πάνω σε ένα θέμα, μέσα από τη χορήγηση σε αυτούς μιας σειράς διαδοχικών ερωτηματολογίων (Θ. Μπελλάλη και Ι. Καραμήτρη, 2011).



Τα ερωτηματολόγια διανέμονται, συμπληρώνονται, γίνεται συγκερασμός της πληροφορίας και ανάδραση των απόψεων που έχουν προκύψει από προηγούμενες απαντήσεις (Ν. Ματσατσίνης, 2010). Οι Ann Daney and David Olson (1998) κάνουν χρήση αυτού του συνδυασμού του Peri (AT=AHP/Tchebycheff) καθώς «...η διαδικασία έχει σχεδιαστεί για την επίλυση των προβλημάτων βελτιστοποίησης που σχετίζονται με αντικρουόμενους στόχους και πολλούς φορείς λήψης αποφάσεων με διαφορετικές προτεραιότητες» (Peri H. Iz, 1991).

Οι Robert F. Easley et al. το 2000 παρουσιάζουν μια πρωτότυπη μελέτη αφού χρησιμοποιούν την μέθοδο AHP, μια πιθανοτική επέκτασή της AHP και δύο ακόμα μεθόδους που βασίζονται στη ψηφοφορία ανά ζεύγη για να κατατάξουν εναλλακτικές όταν τα εισερχόμενα είναι κατατάξεις από τα μέλη μιας ομάδας αποφασίζοντων. Η πιθανοτική έκδοση της AHP σύμφωνα με τους ερευνητές βρέθηκε να παρέχει περισσότερες πληροφορίες στην ομαδική απόφαση καθώς απαιτεί από την αρχή λιγότερες υποθέσεις.

Η μέθοδος Delphi συγκρίνεται με την μέθοδο της AHP στη μελέτη των Vincent S. Lai et al. (2002) για να παρουσιάσουν μάλιστα και πίνακα που φαίνεται καθαρά η υπεροχή της AHP έναντι της Delphi στην ικανοποίηση των συμμετεχόντων στην διαδικασία της λήψεως της απόφασης «...οι συμμετέχοντες είναι πιο ικανοποιημένοι με την AHP παρά με την Delphi όχι μόνο όσον αφορά τη διαδικασία για τη λήψη της απόφασης αλλά και όσον αφορά το αποτέλεσμα της απόφασης...». Η μελέτη των J. Malczewski et al. (1997) θέτουν την μέθοδο AHP να συνεργάζεται με τον αέριο μαθηματικό προγραμματισμό, μοντέλο για την βελτιστοποίηση (μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση) μιας ή περισσότερων γραμμικών συναρτήσεων (κριτήρια βελτιστοποίησης) αγνώστων μεταβλητών (αέριων τιμών) οριοθετημένων από γραμμικούς περιορισμούς (ανισοεξισώσεις) (Ιωάννης Αψερίδης, 2009).

Οι Noel Kweku-Muata Bryson and Anito Joseph το 1999 χρησιμοποιούν τις δυαδικές συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων για να εξάγουν τις ατομικές προτεραιότητες επ' αυτών και κατόπιν με ένα λογαριθμικό μοντέλο προγραμματισμού στόχων εξάγει τις συνενετικές προτεραιότητες. Ο Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi (2001) παρουσιάζει τη μέθοδο για την ομαδική απόφαση με την παρατήρηση ότι η μέθοδος μπορεί να βοηθηθεί και με τη χρήση του H/Y με τη χρήση του EXCEL.

Οι C. Muralidhara et al. το 2002 παρουσιάζουν τη συνεργασία της με τη μέθοδο ομαδικής απόφασης Brainstorming, την τεχνική διάσκεψης κατά την οποία τα μέλη της ομάδας προσπαθούν να βρουν μια λύση για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα μελετώντας όλες τις ιδέες που βάζουν προς συζήτηση στο τραπέζι αυθόρμητα όλα τα μέλη της ομάδας (Ν. Ματσατσίνης, 2010). Ο Bojan Srdjevic το 2007 τη συνδυάζει με την Θεωρία Κοινωνικής επιλογής. Αξιοσημείωτη είναι και η πιθανή χρήση της μεθόδου Brainstorming ή και κάποιας άλλης για την εξάλειψη των πολλών κριτηρίων για την μείωση των υπερβολικών υπολογισμών. «Ο



καθοδηγητής της ομάδας μπορεί να εισάγει κάποιες στρατηγικές όπως την Brainstorming, την κατ' όνομα ομαδική τεχνική (nominal group technique, NGT) με σκοπό να ελεγχθεί η διαδικασία και να βρεθούν και να εξαλειφθούν οι ασήμαντοι παράγοντες. Όσο μεγαλώνει ο αριθμός τους, γίνεται δύσκολο να κατανοηθούν και να συγκριθούν όλες οι επιλογές. Έτσι αποφεύγεται η υπερφόρτωση από τις πληροφορίες» (C. Muralidharan et al., 2002). Η κατ' όνομα ομαδική τεχνική χρησιμοποιεί διαδικασίες οι οποίες φέρνουν κοντά άτομα αλλά δεν τους επιτρέπει να επικοινωνούν δια του προφορικού λόγου (N. Ματσατσίνης, 2010).

Εκείνος που χρησιμοποίησε πρωτύτερα το πολλαπλασιαστικό μοντέλο της AHP (ή MAHP) ήταν ο R.C. Van den Honert (1998). Επίσης ο ίδιος μελετητής το 2001 συνδυάζει την πολλαπλασιαστική AHP με την SMART για τη μέτρηση της αποφασιστικής ισχύος στις ομάδες. Αυτές οι μελέτες περιέχουν και την έννοια και της στοχαστικότητας όπως και η πιο σύγχρονη μελέτη των James Scott et al. (2015) που συνδυάζει την AHP με τη μέθοδο QFD (Quality Function Deployment). Στο πρώτο στάδιο γίνεται χρήση της μεθόδου AHP-QFD προκειμένου να μεταφράσει τη σημασία των διαφορετικών ομάδων των ενδιαφερομένων και τις απαιτήσεις αυτών σε έναν σταθμισμένο κατάλογο κριτηρίων αξιολόγησης βάσει του οποίου κάθε πιθανός προμηθευτής μπορεί να κριθεί. Το 2<sup>ο</sup> στάδιο στοχεύει στην κατανομή των παραγγελιών στους προμηθευτές ώστε να μεγιστοποιηθεί η ικανοποίηση των ενδιαφερομένων μερών και κατά συνέπεια να μεγιστοποιηθεί η επιτυχία του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα πολλαπλά κριτήρια επιλογής, τους περιορισμούς στο τελικό προϊόν ή την ποιότητα των παραγγελιών που έχουν παραγγελθεί, τα στοχαστικά ποιοτικά μέτρα των παρεχόμενων υλικών, την ικανότητα κάθε προμηθευτή να προμηθεύει υλικό και την βαθμολογία των προμηθευτών από το πρώτο στάδιο. Το 3<sup>ο</sup> στάδιο επικυρώνει το στάδιο των αποτελεσμάτων.

Ο Malcolm J. Beynon το 2005 και το 2006. χρησιμοποιεί έμμεσα την AHP μέσω της μεθόδου DS/AHP. Ο τελευταίος εξηγεί ότι αυτή είναι μια αναδυόμενη (για τότε) μέθοδος λήψεως αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων, βασισμένη στη θεωρία Dempster-Shafer της θεωρίας των αποδεικτικών στοιχείων και έμμεσα βασισμένη στη διαδικασία της αναλυτικής ιεραρχίας. Αφορά τον προσδιορισμό των επιπέδων προτίμησης που έχουν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων προς ορισμένες εναλλακτικές αποφάσεις, μέσω των διαφόρων κριτηρίων. Μάλιστα στην τελευταία γίνεται προσπάθεια εντοπισμού των συμμαχιών μεταξύ που δημιουργούνται σε μια ομάδα και μελετάται η λειτουργία του κανόνα πλειοψηφίας. Στην πρώτη δε μελέτη του Beynon γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην πιθανή ύπαρξη ανισότητας ισχύος μεταξύ των μελών της ομάδας. Το 2005 επίσης στη μελέτη των Mui-How Phuaa and Mitsuhiro Minowa η μέθοδος AHP συνδυάζεται με το σύστημα γεωγραφικής πληροφόρησης (Geographic

Information System ή GIS) και τον υπολογισμό της έννοιας της απόστασης διαχωρισμού (Separation distance ή  $dp$ ).

Ο Gülçin Büyüközkan το 2012 χρησιμοποιεί την AHP σε συνδυασμό με την ασαφή AD. Στο δεύτερο βήμα της μεθοδολογίας, μετά που καθορίζονται τα κριτήρια αξιολόγησης και τα επιμέρους κριτήρια για την αξιολόγηση των επιδόσεων των προμηθευτών, η AHP συμβάλει για τον καθορισμό των βαρών των βασικών κριτηρίων και των υπο-κριτηρίων αφού υποβάλλονται σε σύγκριση ανά ζεύγη από μια ομάδα αποφασιζόντων. Γίνεται χρήση της ασαφούς μεθοδολογίας AD μέχρι το τελευταίο βήμα της μεθοδολογίας που γίνεται η ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων για την επιλογή του καλύτερου προμηθευτή. Στο τέλος, άλλη μια MCDM τεχνική, η ασαφής TOPSIS εφαρμόζεται για να γίνει σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων αυτής και της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Ο Klaus D. Goepel το 2013 παρουσιάζει μια ιδιαίτερη μελέτη αφού συνδυάζει την AHP με την έννοια της εντροπίας του Shannon. Αυτοί οι μελετητές περιγράφουν την ανάπτυξη ενός γενικού, ελεύθερα διαθέσιμου πλαισίου για τη χρήση της AHP σε φύλλο Excel, που επιτρέπει την είσοδο σε δεδομένα από πολλαπλές μεριές και τα αποτελέσματα λαμβάνονται σε ατομικό και ενοποιημένο ομαδικό επίπεδο για τη μελέτη τους από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Μετά από μια εξήγηση της δομής, της υλοποίησης και των περιορισμών του προτύπου, η πρακτική του χρήση απεικονίζεται με πραγματικά παραδείγματα. Για την ανάλυση των ομαδικών κρίσεων στα πλαίσια των σχεδίων, εισάγεται ένας νέος δείκτης συναίνεσης. Βασίζεται στην έννοια της διαφορετικότητας χρησιμοποιώντας την εντροπία Shannon. Ο διαχωρισμός σε δύο ανεξάρτητα στοιχεία επιτρέπει την εύρεση συμπλεγμάτων υψηλού βαθμού συναίνεσης σε ομάδες υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων.

### 6.1.3 ΑΣΑΦΗΣ AHP

Μελετούνται στη βιβλιογραφία και η κλασική AHP αλλά και η ασαφής AHP. Και οι δύο μπορούν να διαχειριστούν λεκτικές αξιολογήσεις (π.χ καλό, πολύ καλό...). Στην κλασική AHP χρησιμοποιούνται απόλυτοι αριθμοί για αξιολογήσεις με συγκρίσεις ανά ζεύγη. Ωστόσο, στην ασαφή AHP, οι γλωσσικές μεταβλητές αντιπαρίστανται ως ασαφείς αριθμοί (π.χ. τριγωνικοί) αντί για απόλυτους αριθμούς (Basar Oztaysi, 2015). Μετά από αυτό προβάλλουν την μέθοδο AHP ως εκείνη που θα συνθέσει τις προτιμήσεις των εμπλεκόμενων ομάδων.

Μια ασαφής επέκταση της μεθόδου AHP την καθιστά εφαρμόσιμη για την υποστήριξη της ομαδικής απόφασης και στην έκφραση σχετικών προτιμήσεων και απόψεων με αβεβαιότητα. Η ασαφής AHP επιτρέπει στο χρήστη να αναλύσει λεπτομερώς ένα πρόβλημα απόφασης όσον αφορά την ακρίβεια της εκτίμησης και την συνεκτικότητα των αξιολογήσεων (Piotr Jaskowski et al., 2010). Το 2003 οι Cengiz Kahraman et. al. σημειώνουν ότι «...πολλές

φορές οι εκτιμήσεις των ανθρώπων διακρίνονται από αβεβαιότητα στην χρήση της AHP με απόλυτους αριθμούς. Με την ασαφή AHP αυτή η δυσκολία μπορεί να ξεπεραστεί.»

Από τον σχετικό επόμενο πίνακα για τη χρήση της AHP στο πέρασμα των χρόνων φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια (από το 2003 και μετά) υπάρχει λοιπόν η τάση για την αντιμετώπιση της ασάφειας από την υπό μελέτη μέθοδο. Οι Cengiz Kahraman et al. το (2003) παρουσιάζουν τη μελέτη των Ku et al. που προτείνουν ένα σύστημα που αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: Στο πρώτο γίνεται η ανάπτυξη της ιεραρχικής δομής για ασαφή AHP, στο δεύτερο ο προσδιορισμός βαρών, στο τρίτο η συλλογή δεδομένων, και στο τέταρτο η λήψη των αποφάσεων. Μια ακόμα αναφορά της συμβολής της AHP στη λήψη της ομαδικής απόφασης γίνεται στην μελέτη των Cengiz Kahraman et al. (2003). Σε αυτή τη μελέτη παρουσιάζονται ακόμα τρεις διαφορετικές μεταξύ τους πολυκριτήριες ασαφείς προσεγγίσεις για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων. Η μέθοδος με τις ασαφείς σχέσεις του Blin (Blin's fuzzy relations) για την κατάταξη των εναλλακτικών για τη μεγιστοποίηση του τελικού επιπέδου συμφωνίας, η ασαφής συνθετική αξιολόγηση (Fuzzy synthetic evaluation) για τη σύνθεση διαφόρων ατομικών στοιχείων και συστατικών μιας αξιολόγησης σε μια συνολική μορφή και η μέθοδος των σταθμισμένων στόχων του Yager (Yager's weighted goals method). Στη μέθοδο αυτή δεδομένων κάποιων εναλλακτικών, οι στόχοι αντιπροσωπεύονται από ασαφή σύνολα.

Το 2009 ο Oliver Meixner χρησιμοποιεί την AHP σε ασαφές περιβάλλον για να δείξει χρησιμοποιώντας και ένα αριθμητικό παράδειγμα ότι η διαδικασία αξιολόγησης θα μπορούσε να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας την ασαφή λογική και τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεραρχικής Προσέγγισης του Saaty με σκοπό όπως σημειώνει ο μελετητής να προσεγγίσει την πραγματικότητα και τη γνωστική συμπεριφορά του ανθρώπου. Την ίδια χρονιά οι Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang στο νέο αλγόριθμο που παρουσιάζουν κάνουν χρήση της AHP σε συνδυασμό με τις αποστάσεις Hamming (Hamming distances). Οι δε Piotr Jaskowski et al. (2010) παρουσιάζονται απόλυτα βέβαιοι ότι η προτεινόμενη μέθοδος της ασαφούς AHP είναι ανώτερη από την παραδοσιακή AHP όσον αφορά τη βελτίωση της ποιότητας του προσδιορισμού της προτεραιότητας των κριτηρίων και οι Gizem Çifçi and Gülçin Büyüközkan (2011) μέσω της ίδιας μεθόδου εξετάζουν την αβεβαιότητα των απόψεων των εμπειρογνομόνων στη διαδικασία αξιολόγησης.

Ο Basar Oztaysi το 2015 προτείνει μια προσέγγιση λήψης αποφάσεων ομάδας με βάση ασαφείς σειρές διαστήματος-2 (Interval type-2 fuzzy sets) σε συνδυασμό με την AHP, επεκτείνοντας άλλες σχετικές μελέτες προκειμένου να βοηθήσει μια εταιρεία να λάβει την απόφασή της αφού πρώτα συστήνεται μια ομάδα λήψης αποφάσεων που ακολουθεί εννέα βήματα.

Πίνακας 1: Η χρήση της AHP στο πέρασμα των χρόνων.

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ (Η ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙ- ΕΥΣΗΣ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ/ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΆΛΛΗ ΜΕΘΟΔΟ Ή ΜΕΘΟΔΟΥΣ Ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	FUSSY	ΘΕΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Peri H. Iz	1991	Tchebycheff (ή AT) DELPHI			Εφαρμογή στο παράδειγμα του Steuer (1986)
Peri H. Iz	1992	Tchebycheff (ή AT) Tchebycheff/Ordinal ranking method of Cook and Kress DELPHI			Προγραμματισμός παραγωγής.
J. Malczewski et al.	1997	Integer Mathematical Programming Method (ή IMPM)			Καθορισμός της καταλληλότητας της γης για διάφορες κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. (Μεξικό)
Ann Daney and David Olson	1998	Tchebycheff NEGO VisionQuest			Τραπεζικές επενδύσεις.
R.C. Van den Honert	1998	Multiplicative AHP (ή MAHP)	Πολλαπλασιαστικό, στοχαστικό μοντέλο		Διαχείριση νερών ποταμών σε πάρκο. Κατασκευή φράγματος.
Noel (Kweku-Muata) Bryson and Anito Joseph	1999				Επιλογή συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων.
Robert F. Easley, et al.	2000	Folded Normal AHP (FNAHP)	Πιθανοτική επέκταση.		Ανακατανομή περιοχής πωλήσεων.
Kamal M. Al-Subhi Al- Harbi	2001		Συνδυασμός μεθόδου με το επαγγελματικό λογισμικό (Expert Choice).		Διαχείριση έργου. (Προκαταρκτική αξιολόγηση εργολάβων).
R.C. Van den Honert	2001	SMART Multiplicative AHP (ή MAHP)	Πολλαπλασιαστικό, στοχαστικό μοντέλο.		Παράδειγμα μόνο αριθμητικό.
C. Muralidhara et al.	2002	Brainstorming			Αξιολόγηση προμηθευτών για μια κατασκευαστική εταιρία ποδηλάτων.
Vincent S. Lai	2002	Delphi	Σύγκριση μεθόδων.		Επιλογή λογισμικού.
Cengiz Kahraman et al.	2003		Επέκταση μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή του καλύτερου προμηθευτή. (Τουρκία)
Cengiz Kahraman et al.	2003	Blin's fuzzy relations. Fuzzy synthetic evaluation. Fuzzy AHP. Yager's weighted goals.	Σύγκριση μεθόδων.	V	Επιλογή θέσης για τοποθέτηση εγκατάστασης.
Mui-How Phua and Mitsuhiro Minowa	2005	Separation distance (dp)	Συνδυασμός Μεθόδου-Συστήματος (Geographic Information System ή GIS)/		Σχεδιασμός προστασίας των δασών
Malcolm J. Beynon	2005	Dempster-Shafer (ή DS)	Συνδυασμός μεθόδων. Μη ισοδύναμη σημασία των μελών της ομάδας.		Πανεπιστημιακά εγχειρίδια.
Malcolm J. Beynon	2006	Dempster-Shafer (ή DS)	Συνδυασμός μεθόδων.		Προσδιορισμός συμμαχιών και πλειοψηφίας στην ομάδα απόφασης.
Bojan Srdjevic	2007	Social Choice (ή SC)	Συνδυασμός μεθόδων.		Διαχείριση νερού ποταμού. (Βραζιλία)
Chung-Hsing Yeh and Yu-Hern Chang	2009	Hamming distances	Παρουσίαση «νέας» μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή αεροσκάφους. (Ταϊβάν)
Oliver Meixner	2009		Επέκταση μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Εκτίμηση ενεργειακών πηγών.
Piotr Jaskowski et al.	2010		Επέκταση μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή εργολήπτη σε μια δημόσια επιλεκτική διαδικασία υποβολής προσφορών βάσει πολωνικών κανονισμών. (Πολωνία)
Gizem Çifçi and Gülçin Büyükoçkan	2011		Επέκταση μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή «πράσινων» προμηθευτών.
Klaus D. Goepel	2013	Εντροπία του Shannon			Προσδιορισμός βαρών για βασικούς δείκτες επιδόσεων (επιχειρηματικές επιδόσεις διαχείρισης). Κατάταξη στρατηγικών ανάπτυξης μιας εταιρείας. Επιλογή ηγετικών ικανοτήτων για ένα πρόγραμμα ανάπτυξης ηγεσίας.
James Scott et al.	2014	Quality Function Deployment (ή QFD)	Στοχαστικότητα.		Βιοενέργεια-Επιλογή προμηθευτή και κατανομή παραγγελιών.
Basar Oztaysi	2015	Interval Type-2 Fuzzy sets.	Ασαφή σύνολα.	V	Επιλογή πληροφοριακών συστημάτων.

## 6.2 TOPSIS

### 6.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μέθοδος TOPSIS αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon (1981). Η μέθοδος βασίζεται στην ιδέα ότι οι επιλεγείσες εναλλακτικές θα πρέπει να έχουν την συντομότερη Ευκλείδεια απόσταση από την ιδανική λύση και προφανώς τη μεγαλύτερη από τη μη ιδανική λύση. Η ιδανική λύση είναι μια υποθετική λύση για την οποία όλες οι τιμές των χαρακτηριστικών που αντιστοιχούν σε μέγιστες στον πίνακα απόφασης ικανοποιούν την επίλυση του προβλήματος. Η αρνητικά ιδανική λύση είναι η υποθετική λύση για την οποία όλες οι τιμές των χαρακτηριστικών αντιστοιχούν στις ελάχιστες τιμές του πίνακα απόφασης. Έτσι η TOPSIS δίνει μία λύση η οποία δεν είναι μόνο κοντά στην υποθετικά καλύτερη, αλλά και μακρύτερα από την υποθετικά μη ιδανική (Ευάγγελος Καπετανίδης, 2015).

Στο πρώτο βήμα πραγματοποιείται η κατασκευή μίας μήτρας (ή αλλιώς ενός πίνακα απόδοσης) που βασίζεται σε όλη την πληροφορία των χαρακτηριστικών που είναι διαθέσιμη. Κάθε γραμμή της αντιστοιχεί σε κάθε εναλλακτική και κάθε στήλη της σε ένα χαρακτηριστικό. Στο δεύτερο γίνεται η κανονικοποίηση της μήτρας απόφασης. Στο τρίτο βήμα γίνεται ο καθορισμός του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα από τον πολλαπλασιασμό του κανονικοποιημένου πίνακα απόδοσης με τα σχετικά βάρη. Στο τέταρτο βήμα γίνεται ο προσδιορισμός της ιδανικής και της αρνητικά ιδανικής επίλυσης, σύμφωνα με τους τύπους των Hwang και Yoon. Στο πέμπτο βήμα γίνεται ο καθορισμός των μέτρων απόστασης: η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την ιδανική επίλυση και η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την αρνητικά ιδανική επίλυση. Στο τελευταίο βήμα γίνεται ο υπολογισμός της σχετικής κοντινότητας κάθε εναλλακτικής στην ιδανική λύση και γίνεται η κατάταξη. Ο δείκτης αυτός κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 1. Όσο τείνει προς το 1, τόσο μεγαλύτερος ο βαθμός προτεραιότητας της εναλλακτικής. Η καλύτερη εναλλακτική λύση είναι αυτή που έχει την πιο κοντινή απόσταση στην ιδανική λύση και τη μεγαλύτερη απόσταση στην αρνητικά ιδανική λύση (Χάρης Δούκας, Πάνος Ξυδώνας, Ιωάννης Ψαρράς, 2015).

### 6.2.2 ΑΠΟΛΥΤΗ TOPSIS

Τη μέθοδο TOPSIS σε πολλές μελέτες τη συναντούμε να δρα μετά τη συμβολή της AHP η οποία εξάγει τα βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων. Στην πραγματικότητα, η TOPSIS είναι μια μέθοδος που βασίζεται στη θεωρία χρησιμότητας που συγκρίνει κάθε εναλλακτική απευθείας ανάλογα με τα δεδομένα των πινάκων αξιολόγησης και των βαρών και επιπλέον έχει αποδειχθεί ότι σε σύγκριση με άλλες μεθόδους της κατηγορίας της σε προσομοιώσεις έχει τις λιγότερες ανατροπές κατάταξης (Hsu-Shih Shih et al., 2007). Οι Hsu-Shih Shih et al. το 2007 εκθειάζουν την μέθοδο καθώς «...Βοηθάει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να οργανώνουν τα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν και να διεξάγουν

αναλύσεις, συγκρίσεις και ταξινομήσεις των εναλλακτικών λύσεων. Κατά συνέπεια, θα γίνει η επιλογή μιας κατάλληλης εναλλακτικής (ή κατάλληλων εναλλακτικών λύσεων). Οι ομάδα της Hsu-Shih Shih et al., παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα της TOPSIS. Πιστεύουν ότι αντιπροσωπεύει το σκεπτικό της ανθρώπινης επιλογής, ενισχύει την κλιμάκωση των χρησιμοποιούμενων τιμών που αντιπροσωπεύουν τόσο την καλύτερη όσο και τη χειρότερη εναλλακτική λύση ταυτόχρονα, έχει απλή διαδικασία υπολογισμού που «...μπορεί εύκολα να προγραμματιστεί σε ένα υπολογιστικό φύλλο» και τέλος έχει τη δυνατότητα απεικόνισης των μέτρων απόδοσης επί των χαρακτηριστικών όλων των εναλλακτικών σε πολύεδρο, τουλάχιστον για οποιεσδήποτε δύο διαστάσεις. Πιστεύουν ότι τα πλεονεκτήματα αυτά καθιστούν την μέθοδο μια σημαντική πολυκριτήρια τεχνική σε σύγκριση με άλλες σχετικές τεχνικές (AHP και ELECTRE). Παράλληλα όμως σε πολλές περιπτώσεις γίνεται χρήση της AHP για τον καθορισμό των βαρών των χαρακτηριστικών.

Σχετικά με την εφαρμογή της για τη λήψη της ομαδικής απόφασης οι Hsu-Shih Shih et al. υποστηρίζουν ότι το μοντέλο είναι μάλλον απλό στη χρήση και έχει νόημα για αυτή τη διαδικασία και δεν προκαλεί περισσότερο υπολογιστικό βάρος από την αρχική μέθοδο TOPSIS. Με τα παραδείγματα που παρουσιάζουν δείχνουν ότι το μοντέλο είναι αποτελεσματικό και ανθεκτικό και είναι αρκετά καλό για εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Η εν λόγω μελέτη δεν ασχολήθηκε με το θέμα της εκμαίευσης των βαρών σημαντικότητας, καθώς συνήθως θεωρείται ότι τα βάρη των χαρακτηριστικών δίνονται καθώς αρχίζει η TOPSIS (με τη χρήση της AHP ή άλλων τεχνικών). Μια ακόμη μελέτη που προβάλλει τη δυνατότητα της μεθόδου AHP να συνεργάζεται άριστα και με άλλες μεθόδους για την υποβοήθηση της διαδικασίας των ομαδικών αποφάσεων είναι αυτή του J. Malczewski το 1996.

Νεότερες αναφορές (Ali Yousefi and Abdollah Hadi-Vencheh, 2010; Madjid Tavana and Adel Hatami-Marbini, 2011) παρουσιάζουν αυτή τη συνεργασία των μεθόδων AHP και TOPSIS ενώ με το σύστημα GIS γίνεται συνεργασία της AHP και στη μελέτη των Mui-How Phua and Mitsuhiro Minowa (2005). Μάλιστα οι Yanbing Ju και Aihua Wang το 2012 παρουσιάζουν μια μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων λήψης ομαδικών αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων με ελλιπείς πληροφορίες βασισμένες στη θεωρία Dempster-Shafer που συνδυάζεται με την AHP και στην εκτεταμένη μέθοδο TOPSIS και περιλαμβάνει τρία στάδια: Στο πρώτο γίνεται ο προσδιορισμός των βασικών στοιχείων των διαφορετικών φορέων λήψης αποφάσεων σύμφωνα με κάθε κριτήριο σύμφωνα με τον πίνακα ομαδικής απόφασης χρησιμοποιώντας γλωσσικούς όρους. Στο δεύτερο κατασκευάζεται ο σταθμισμένος πίνακα ομαλοποιημένης μήτρας απόφασης διαστήματος πεποίθησης χρησιμοποιώντας τον κανόνα του συνδυασμού του Dempster. Στο τελευταίο στάδιο εφαρμόζεται η εκτεταμένη προσέγγιση της μεθόδου TOPSIS για τα δεδομένα διαστήματος όπως δίδονται από την ομάδα προκειμένου να



ταξινομηθούν οι εναλλακτικές λύσεις. Σύμφωνα με τους ερευνητές τα αποτελέσματα της προτεινόμενης μεθόδου δείχνουν ότι αυτή μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά το πρόβλημα της αξιολόγησης και επιλογής έκτακτης ανάγκης, μια πολύ σημαντική στρατηγική απόφαση που περιλαμβάνει ένα αριθμό αντικρουόμενων κριτηρίων. Οι δε Ali Yousefi and Abdollah Hadi-Vencheh, στην αρχή εξάγουν τα αποτελέσματα (κατατάξεις) και από την TOPSIS και από την AHP. Παρόλο που ο ίδιος πίνακας απόφασης και το ίδιο διάνυσμα των βαρών εισάγονται ως δεδομένα και στις δύο μεθόδους οι εξαγόμενες κατατάξεις είναι διαφορετικές. Έτσι λοιπόν στη συνέχεια τα αποτελέσματα συνδυάζονται μέσω της μεθόδου AT. Με τον τρόπο αυτό δεν χάνονται οι ιδιαιτερότητες και τα πλεονεκτήματα των παραπάνω μεθόδων και τα αποτελέσματα της AT φαίνονται πιο αξιόπιστα όταν γίνεται χρήση της DEA για να συγκριθούν οι τρεις τεχνικές μεταξύ τους (TOPSIS, AHP και AT).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η χρήση της TOPSIS από τον Zhongliang Yue, 2011 για τον ορισμό των βαρών των μελών της ομάδας των αποφασιζόντων. Την ίδια χρονιά ο Olabisi E. Falowo κάνει χρήση της TOPSIS για την κατάταξη εναλλακτικών λύσεων.

#### **6.2.2 TOPSIS ΚΑΙ ΑΣΑΦΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Το 2000 ξεκινά ένα κύμα ενασχόλησης των ερευνητών με την επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον (Chen-Tung Chen, 2000; TC Chu, 2002; Ta-Chung Chu and Yi-Chen Lin, 2002; Soroush Saghafian and S.Reza Hejazi, 2005; Yu-Jie Wang and Hsuan-Shih Lee, 2007;). Ο Chen-Tung Chen μάλιστα προτείνει τη χρήση λεκτικών όρων για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων και για να αποφύγει την περίπλοκη φόρμουλα κανονικοποίησης που υπάρχει στην κλασσική TOPSIS, χρησιμοποιεί τη γραμμική κλίμακα τροποποίησης για να μετατρέψει τις διάφορες κλίμακες μέτρησης των κριτηρίων σε μία συγκρίσιμη κλίμακα.

Τη χρήση TOPSIS σε ασαφές περιβάλλον κάνουν και οι Fatih Emre Boran et al. (2009) υποστηρίζοντας πως στο πρόβλημα της επιλογής των προμηθευτών η σημαντικότητα των κριτηρίων και ο αντίκτυπος των εναλλακτικών λύσεων βάσει των κριτηρίων που παρέχονται από τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων, είναι δύσκολο να καθοριστούν επακριβώς όταν εκφράζονται με αυστηρά δεδομένα. Η μέθοδος TOPSIS παίρνοντας υπ' όψιν τόσο τη θετική-ιδανική λύση όσο και την αντιδιαμετρική της αρνητική λύση, πιστεύουν πως είναι μια από τις δημοφιλείς μεθόδους στα προβλήματα της λήψης αποφάσεων πολλαπλών χαρακτηριστικών. Οι εκτιμήσεις κάθε εναλλακτικής σε σχέση με κάθε κριτήριο και τα βάρη κάθε κριτηρίου δίνονται ως γλωσσικοί όροι που χαρακτηρίζονται από διαισθητικούς ασαφείς αριθμούς. Επίσης προκειμένου να συσσωματωθούν οι απόψεις των αποφασιζόντων χρησιμοποιήθηκε η έννοια της διαισθητικής ασαφούς μέσης τιμής. Μετά τον υπολογισμό της διαισθητικής ασαφούς θετικής ιδανικής λύσης και της αντιδιαμετρικής της που υπολογίστηκαν



με βάση την ευκλείδεια απόσταση, λήφθηκαν οι σχετικοί συντελεστές προσέγγισης των εναλλακτικών επιλογών και κατατάχθηκαν οι εναλλακτικές λύσεις.

Οι Behnam Vahdani et al., το 2011 αφού προβάλουν και αυτοί τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, αυτά της απλότητας των υπολογισμών και της προσέγγισης της ανθρώπινης λογικής εκφράζουν την ικανοποίησή τους που η επέκταση της TOPSIS που προβάλουν εξάγουν τα βάρη των κριτηρίων αλλά και τις αποδόσεις των εναλλακτικών επ' αυτών με βάση λεκτικούς όρους που δίνονται από τους αποφασίζοντες και δεν χρειάζεται να ανατρέξουν σε άλλες μεθόδους για να εισάγουν τα βάρη έτοιμα για την εφαρμογή της TOPSIS. Αυτοί οι λεκτικοί όροι μετατρέπονται σε τριγωνικούς αφασείς αριθμούς.

Οι Chia-Chang Hung and Liang-Hsuan Chen το 2009 κάνουν χρήση του όρου της εντροπίας των βαρών. Για την κατανόηση της σπουδαιότητας του όρου αρκεί να σκεφτούμε πως ένα κριτήριο ενώ ο αποφασίζων το θεωρεί σημαντικό, μπορεί να μην είναι τελικά χρήσιμο σε μία συγκεκριμένη αξιολόγηση εάν όλες οι εναλλακτικές έχουν περίπου ταυτόσημες επιδόσεις σε αυτό. Αντίθετα ένα κριτήριο που ο αποφασίζων θεωρεί λιγότερο σημαντικό μπορεί να είναι ιδιαίτερα ουσιαστικό για την αξιολόγηση εάν οι εναλλακτικές παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τις επιδόσεις τους στο κριτήριο. Ένα από τα σημαντικότερα μέτρα τέτοιας πληροφορίας είναι η εντροπία που παρουσιάζεται σε αρκετές μελέτες. Οι Madjid Tavana and Adel Hatami-Marbini (2011) κάνουν και εκείνοι χρήση της TOPSIS σε συνδυασμό με την πληροφορία της εντροπίας.

Ο Chunqiao Tan το 2011 μεταφέρει τον προβληματισμό για την ύπαρξη ανεξαρτησίας μεταξύ κριτηρίων και αποφασιζόντων. Αναφέρει πως κάποιοι μελετητές διερωτώνται για τη διαδικασία συσσωμάτωσης που βασίζεται στην υπόθεση ότι τα κριτήρια (χαρακτηριστικά) ή οι προτιμήσεις των υπευθύνων λήψης αποφάσεων είναι ανεξάρτητες και οι φορείς σύνθεσής τους είναι γραμμικοί. Για πραγματικά προβλήματα λήψης αποφάσεων, παρουσιάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο υπάρχει κάποιος βαθμός αλληλεξαρτώμενων ή αλληλεπιδραστικών χαρακτηριστικών μεταξύ των κριτηρίων. Για ένα πρόβλημα απόφασης, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων που προσκλήθηκαν, συνήθως προέρχονται από ίδια ή παρόμοια πεδία. Έχουν παρόμοια γνώση, κοινωνική θέση και προτίμηση. Η υποκειμενική προτίμηση των αποφασιζόντων δείχνει πάντα μη γραμμικότητα. Φαινόμενα ανεξαρτησίας μεταξύ των κριτηρίων και της αμοιβαίας προτιμησιακής ανεξαρτησίας των αποφασιζόντων παραβιάζονται. Σε αυτή την έρευνα γίνεται χρήση των Interval-valued διαισθητικών αριθμών όπως γίνεται και στην έρευνα του Mohammad Izadikhah (2012) όχι όμως του Choquet όπως γίνεται στην έρευνα του Chunqiao Tan αλλά του Atanassov. Το 2010 δε μια διαφορετική προσέγγιση του θέματος προσπαθεί ο SM Chen με τη χρήση των Interval Type-2 fuzzy sets.

Μερικές φορές ένας μεγάλος αριθμός συγκρίσεων ανά ζεύγη θα πρέπει να γίνονται από τους αποφασίζοντες και αυτή η κατάσταση, ειδικά στην ασαφή AHP, κάνει τη χρήση της AHP μια διαδικασία που δεν είναι πρακτική. Προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των συγκρίσεων αυτών και να ταξινομηθούν οι εναλλακτικές λύσεις περισσότερο αποτελεσματικά, μια άλλη τεχνική MCDM η Axiomatic Design (AD), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συστηματική αξιολόγηση των καταλληλότερων προμηθευτών, σαν αποτέλεσμα του ορισμού του διαστήματος σχεδιασμού κάθε κριτηρίου αξιολόγησης (Gülçin Büyüközkan, 2012). Η κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων διαφέρει σημαντικά με την εφαρμογή της ασαφούς AD και της ασαφούς TOPSIS. Η ασαφής AD εμφανίζεται ως περισσότερο κατάλληλη τεχνική, δεδομένου ότι το περιεχόμενο των πληροφοριών υπολογίζεται σε σχέση με τις επιδόσεις των εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με τις λειτουργικές απαιτήσεις, που καθορίζονται από τους αποφασίζοντες (Gülçin Büyüközkan, 2012).

Μια εξαιρετική σύγκριση των μεθόδων AHP και TOPSIS σε ασαφές περιβάλλον γίνεται στη μελέτη των Francisco Rodrigues Lima Junior et al. (2014) οι οποίοι διαπιστώνουν ότι για την επιλογή προμηθευτών είναι και οι δύο κατάλληλες για την υποστήριξη των ομαδικών αποφάσεων σε ασαφές περιβάλλον, δίνοντας στη μέθοδο TOPSIS ένα ελαφρύ προβάδισμα. Υποστηρίζουν ότι και οι δύο μέθοδοι Fussy AHP και Fussy TOPSIS επιτρέπουν την ομαδική απόφαση. Μετά τη σύγκριση που πραγματοποιούν εξάγουν το συμπέρασμα πως η Fuzzy TOPSIS είναι προτιμότερη, καθώς ο αριθμός των δεδομένων που απαιτούνται από τη μέθοδο Fuzzy AHP είναι μεγαλύτερος από αυτό που απαιτείται από τη Fuzzy TOPSIS και έτσι αυξάνεται η πολυπλοκότητά της. Όμως στον επίλογο της μελέτης αναφέρουν ότι αν και οι δύο μέθοδοι είναι εξίσου επαρκείς για την αντιμετώπιση της έλλειψης ακρίβειας των αποτελεσμάτων των εναλλακτικών λύσεων, καθώς και της σχετικής σημασίας των διαφόρων κριτηρίων, η Fuzzy AHP είναι πιο κατάλληλη από τη Fuzzy TOPSIS όταν ο σκοπός είναι η αντικατάσταση ενός προμηθευτή.

Πιο πρόσφατα οι Yanbing Ju and Aihua Wang χρησιμοποιούν τη θεωρία των Dempster-Shafer (DST) που μπορεί να παράγει ολοκληρωμένες εκτιμήσεις για διάφορες εναλλακτικές λύσεις σε περίπτωση ελλιπούς πληροφόρησης. Σε αυτή τη μελέτη, η μέθοδος DS ενσωματώνεται με την AHP και γίνεται η επέκταση της μεθόδου TOPSIS.

**Πίνακας 2: Η χρήση της TOPSIS στο πέρασμα των χρόνων.**

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ (Η ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙ- ΕΥΣΗΣ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ/ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΗ ΜΕΘΟΔΟ Ή ΜΕΘΟΔΟΥΣ Ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	FUSSY	ΘΕΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Jacek Malczewski	1996	AHP BORDA	Συνδυασμός μεθόδων σύστηματος Geographic Information System (GIS- based approach).		Εύρεση τοποθεσίας για μια επιβλαβή εγκατάσταση (χημική, με πυρηνικούς αντιδραστήρες, διάθεσης αποβλήτων).
Chen-Tung Chen	2000		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Πρόσληψη μηχανικού ανάλυσης συστημάτων.
TC Chu	2002		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή τοποθεσίας.
TC Chu	2002		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Πρόσληψη μηχανικού συστημάτων ανάλυσης από εταιρεία λογισμικού.
Soroush Saghafian and S.Reza Hejazi	2005		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Πρόσληψη καθηγητή σε πανεπιστήμιο.
Yu-Jie Wang and Hsuan-Shih Lee	2007		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Εκτίμηση απόδοσης λειτουργίας αεροδρομίου.
Hsu-Shih Shih et al.	2007				Επιλογή on-line manager.
Fatih Emre Boran et al.	2009		Επέκταση της μεθόδου σε δισεισθητικό ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή προμηθευτών.
Chia-Chang Hung and Liang-Hsuan Chen	2009		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον και χρήση της εντροπίας στα βάρη των κριτηρίων.	V	Επένδυση χρημάτων.
Shyi-Ming Chen and Li-Wei Lee.	2010	Interval Type-2 fuzzy sets.	Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Πρόσληψη μηχανικού ανάλυσης συστημάτων.
Ali Yousefi and Abdollah Hadi- Vencheh	2010	AHP DEA	Συνδυασμός και σύγκριση μεθόδων.		Βελτίωση αυτοκινητοβιομηχανίας (Ιράν)
SM Chen	2010	Interval Type-2 fuzzy sets.	Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Πρόσληψη μηχανικού ανάλυσης συστημάτων (Chen 2000).
Madjid Tavanaa and Adel Hatami- Marbini	2011	AHP	Συνδυασμός Μεθόδων. Χρήση της Εντροπίας.		Σχεδιασμός ανθρωπίνων διαστημικών αποστολών. (NASA)
Zhongliang Yue	2011		Καθορισμός βαρών για τους αποφασίζοντες.		Επιλογή on-line manager
Behnam Vahdani	2011		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή ρομπότ. Επιλογή διαδικασίας γρήγορης δημιουργίας πρωτοτύπων.
Chunqiao Tan	2011	Interval-valued intuitionistic numbers.	Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον. (Choquet)	V	Επένδυση χρημάτων.
OE Falowo	2011		Σύνθεση των βαρών.		Επιλογή τεχνολογίας ασύρματης πρόσβασης
Mohammad Izadikhah	2012	Interval-valued intuitionistic numbers.	Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον. (Atanassov)	V	Επιλογή προμηθευτών.
Gülçin Büyüközkan	2012	AHP Axiomatic Design (ή AD)	Συνδυασμός μεθόδων.	V	Κατάταξη «πράσινων» προμηθευτών. (Τουρκία)
Yanbing Ju and Aihua Wang	2012	AHP DS	Συνδυασμός Μεθόδων.		Αξιολόγηση εναλλακτικών εκτάκτων αναγκών.
Francisco Rodrigues Lima Junior	2015	AHP	Επέκταση των μεθόδων σε ασαφές περιβάλλον και σύγκριση μεταξύ τους.	V	Επιλογή προμηθευτών.

## 6.4 Η ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ UTA

Η οικογένεια των μεθόδων UTA έχει χρησιμοποιηθεί επίσης σε αρκετές μελέτες για την επίλυση συγκρούσεων σε περιπτώσεις λήψης αποφάσεων με πολλούς αποφασίζοντες.

Οι μελέτες αυτές αναφέρονται στην ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων λήψης αποφάσεων ή υποστήριξης διαπραγμάτευσης ή προσεγγίσεις επίλυσης συγκρούσεων για τους μεμονωμένους φορείς. Παρότι οι προσεγγίσεις της λήψης αποφάσεων από ομάδες στοχεύουν στην επίτευξη συναίνεσης μεταξύ της ομάδας των αποφασίζόντων ή τουλάχιστον στην προσπάθεια μείωσης της ποσότητας των συγκρούσεων με αποζημίωση, οι συλλογικές μέθοδοι λήψης αποφάσεων επικεντρώνονται στη σύνθεση των προτιμήσεων των αποφασίζόντων. Επομένως, στην τελευταία περίπτωση, τα συλλογικά αποτελέσματα είναι σε θέση να προσδιορίσουν τις προτιμησιακές ασυνέπειες μεταξύ των DM και να καθορίσουν πιθανές αλληλεπιδράσεις (διαδικασία αντιστάθμισης) που μπορεί να επιτύχουν υψηλότερο επίπεδο ομαδικής ή / και ατομικής συνέπειας (Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis, 2016).

Από τις ενδιαφέρουσες προσεγγίσεις που έκαναν χρήση της UTA για τη διαδικασία λήψεως ομαδικής απόφασης είναι αυτή των Nikolaos F. Matsatsinis και Pavlos Delias το 2004. Αυτοί προτείνουν μια «πρωτότυπη» διαπραγμάτευση που επιτρέπει στους παράγοντες να ακολουθήσουν μια διαδικασία, προκειμένου να καταλήξουν σε μια βέλτιστη απόφαση. Η μέθοδος UTA μπορεί να επεκταθεί στην περίπτωση πολλαπλών αποφασίζόντων, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές πληροφορίες εισόδου (τιμές κριτηρίων) και προτιμήσεις για μια ομάδα αποφασίζόντων. Στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις (Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis, 2010):

1. Εφαρμογή των μεθόδων UTA / UTASTAR προκειμένου να αξιολογηθούν βέλτιστα οι λειτουργίες οριακής τιμής των μεμονωμένων αποφασίζόντων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει σε κάθε αποφασίζοντα να αναλύσει τη συμπεριφορά του σύμφωνα με το γενικό πλαίσιο του διαχωρισμού (disaggregation) των προτιμήσεων.
2. Εφαρμογή των μεθόδων UTA / UTASTAR με σκοπό την αξιολόγηση μιας σειράς συλλογικών συναρτήσεων της πρόσθετης αξίας. Αυτές οι συναρτήσεις αξιών είναι όσο το δυνατόν πιο συνεπείς με τις προτιμήσεις ολόκληρου του συνόλου των αποφασίζόντων και έτσι είναι σε θέση να συνθέτουν τα συστήματα μεμονωμένων τιμών.

Στο πλαίσιο της πρώτης προσέγγισης, οι Matsatsinis et al. το 2005 προτείνουν μια γενική μεθοδολογία συλλογικής λήψης αποφάσεων που συνδυάζει διαφορετικές προσεγγίσεις σχετικές με την MCDA.

Οι μέθοδοι UTA δεν υιοθετούν μόνο τις αρχές διαχωρισμού προτιμήσεων, αλλά μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως η κύρια πρωτοβουλία και το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα θεωρίας διαχωρισμού προτιμήσεων. Οι νέες ερευνητικές εξελίξεις των προσεγγίσεων συσσωμάτωσης-αποσάθρωσης (aggregation-disaggregation) καλύπτουν ποικίλα θέματα όπως ανάλυση μεταβελτιστοποίησης, ανάλυση ανθεκτικότητας, ομαδική και συλλογική λήψη αποφάσεων. Επικεντρώνονται κυρίως στην οικογένεια μοντέλων UTA και αναδεικνύουν

τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα τους (π.χ. ευέλικτη μοντελοποίηση, αναλυτικά αποτελέσματα και εναλλακτικούς τρόπους μείωσης των προτιμησιακών ασυνεπειών (Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis, 2010).

Τα τελευταία χρόνια 2009-2013 παρουσιάζονται ομάδες ερευνητών που μέσα από τις μελέτες τους (Salvatore Greco et al. 2009; Salvatore Greco et al. 2009; Miłosz Kadzinski et al. 2013; Salvatore Greco et al. 2012) προτείνουν τις προεκτάσεις των μεθόδων  $UTA^{GMS}$  και  $UTADIS^{GMS}$  για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων  $UTA^{GMS}$ -GROUP και  $UTADIS^{GMS}$ -GROUP αντίστοιχα. Παρουσιάζουν την εφαρμογή ενός μοντέλου συμβιβασμού και συλλογικής προτίμησης που συγκεντρώνει τις προτιμήσεις πολλών αποφασίζοντων και αντιπροσωπεύει όλες τις περιπτώσεις προτύπων προτίμησης συμβατών με πληροφορίες προτίμησης που προέρχονται από τους αποφασίζοντες. Η αντιπροσωπευτική συνάρτηση αξιών βασίζεται στα αποτελέσματα της ισχυρής ομαδικής παλινδρόμησης, οπότε η αντιπροσωπευτικότητά της μπορεί να ερμηνευτεί ως προς την ανησυχία σχετικά με την ευρωστία. Οι Miłosz Kadzinski et al. αναφέρουν ότι μερικές διαδικασίες που έχουν σχεδιαστεί για κατάταξη, επιλογή και διαλογή εναλλακτικών με πολλαπλά κριτήρια. Η χρήση αυτών των διαδικασιών εξαρτάται από την ικανοποίηση διαφορετικών βαθμών συνέπειας των πληροφοριών προτίμησης που παρέχονται από όλους τους αποφασίζοντες, καθώς και από ορισμένες ιδιότητες συγκεκριμένων καταστάσεων λήψης αποφάσεων. Η αντιπροσωπευτική συνάρτηση αξιών έχει ως στόχο να βοηθήσει τους αποφασίζοντες να κατανοήσουν τα ισχυρά αποτελέσματα και να τους παράσχουν ένα συμβιβαστικό αποτέλεσμα σε περίπτωση σύγκρουσης μεταξύ των αποφασίζοντων. Η ομάδα των τεσσάρων Salvatore Greco et al. (2009) προτείνουν τη χρήση της ισχυρής παλινδρόμησης για τις περιπτώσεις των προβλημάτων κατάταξης/επιλογής και διαλογής και τη χρήση της στις μεθόδους σχέσεων υπεροχής.

Οι Salvatore Greco et al. (2009) πρότειναν τις παραπάνω μεθόδους  $UTADIS^{GMS}$ -GROUP και  $UTADIS^{GMS}$ -GROUP μετά που παρουσίασαν τις βασικές αρχές της ισχυρής κανονικής παλινδρόμησης για μια ομαδική απόφαση μέσω της MAUT καθώς και τις αρχικές μεθόδους  $UTA^{GMS}$  και  $UTADIS^{GMS}$  καθώς και την GRIP. Η οικογένεια των ισχυρών μεθόδων κανονικής παλινδρόμησης έχει αρχικά σχεδιαστεί για να ασχολείται με προτιμήσεις που εκφράζονται από έναν και μόνο αποφασίζοντα. Εντούτοις, σύμφωνα με τους Salvatore Greco et al. (2009) και Salvatore Greco et al. (2012) η αρχή αυτή διευρύνθηκε σε ομαδικές αποφάσεις. Οι βασικές μέθοδοι αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων στις οποίες έχει εφαρμοστεί η ισχυρή κανονική παλινδρόμηση έχουν μελετηθεί εκεί και έχουν ληφθεί οι αντίστοιχες μέθοδοι για την ομαδική απόφαση. Υποστηρίζουν πως στο πλαίσιο των  $UTA^{GMS}$ -GROUP και  $UTADIS^{GMS}$ -GROUP, αρκετοί αποφασίζοντες μπορούν να συνεργαστούν για να λάβουν μια συλλογική απόφαση. Γίνεται επέκταση της οικογένειας των μεθόδων GROUP, όχι μόνο

υποστηρίζοντας τους αποφασίζοντες με μια πολύ διαισθητική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων της εύρωστης κανονικής παλινδρόμησης, αλλά και παρέχοντας μιας εικόνας για μια επιτευχθείσα λύση συναίνεσης. Συνεπώς, συνδυάζουμε την ανάλυση ανθεκτικότητας που διεξάγεται στις UTA<sup>GMS</sup>-GROUP και UTADIS<sup>GMS</sup>-GROUP με τη σαφήνεια των κλασσικών μεθόδων τύπου UTA. Η παρουσιαζόμενη προσέγγιση μπορεί να ενδιαφέρει τους ερευνητές στη διαχείριση και τις επιχειρήσεις με εφαρμογές όπως π.χ. αξιολόγηση των προτιμήσεων των καταναλωτών, επιλογή προσωπικού ή κατανομή προτεραιοτήτων σε έργα.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι μετά την παραδοχή των μεθόδων GROUP η εισαγόμενη διαδικασία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο σε αυτά τα προβλήματα ομαδικών αποφάσεων όπου οι επιδόσεις όλων των εναλλακτικών επιλογών στην κοινή οικογένεια κριτηρίων είναι οι ίδιες για όλους τους αποφασίζοντες (Miłosz Kadzinski et al., 2013). Οι αποφασίζοντες μοιράζονται την ίδια περιγραφή του προβλήματος απόφασης, δηλαδή το σύνολο εναλλακτικών λύσεων, τη συνεπή οικογένεια κριτηρίων και τη μήτρα αξιολόγησης. Για κάθε αποφασίζοντα, ο οποίος εκφράζει τις προσωπικές του πληροφορίες προτιμήσεων, χρησιμοποιούμε την αντίστοιχη αρχική μέθοδο και ελέγχουμε αν υπάρχουν οι απαραίτητες και πιθανές σχέσεις προτίμησης ή εκχωρήσεις παραμένουν για τουλάχιστον ένα ή για όλους τους αποφασίζοντες. Έτσι, θεωρούμε δύο επίπεδα βεβαιότητας. Το πρώτο επίπεδο αφορά την επαλήθευση των αναγκαίων και πιθανών συνεπειών των πληροφοριών προτίμησης που παρέχονται από κάθε αποφασίζοντα. Το άλλο επίπεδο περιλαμβάνει την ένδειξη εάν στο εξεταζόμενο σύνολο των αποφασιζόντων το συγκεκριμένο αποτέλεσμα επιβεβαιώνεται από τουλάχιστον ένα αποφασίζοντα (ενδεχομένως) ή από όλους τα DM (κατ 'ανάγκην). Με αυτό τον τρόπο επιχειρηματολογούμε από την άποψη των αναγκαίων και πιθανών αποτελεσμάτων και των συμμαχιών DM και καταλήγουμε σε τέσσερις τύπους αποτελεσμάτων: 1. απαραίτητα-απαραίτητα, (δηλαδή αποτέλεσμα αναγκαίο για όλους τους αποφασίζοντες), 2. Απαραίτητο-πιθανό (αποτέλεσμα το οποίο είναι απαραίτητο για έναν τουλάχιστον αποφασίζοντα), πιθανό-απαραίτητο (δηλ. αποτέλεσμα το οποίο είναι δυνατό για όλα τους αποφασίζοντες), και πιθανό-πιθανό (δηλ. αποτέλεσμα το οποίο είναι δυνατό για τουλάχιστον έναν αποφασίζοντα) (Miłosz Kadzinski et al., 2013).

Οι Salvatore Greco et al. (2012) σημειώνουν πως υποτίθεται ότι κάθε αποφασίζων παίζει τον ίδιο ρόλο στην ομάδα, έτσι έχουν την ίδια σημαντικότητα. Προσφέρουν την πληροφορία της ατομικής τους προτίμησης, η οποία γίνεται είτε με τις συγκρίσεις ανά ζεύγη των εναλλακτικών ή με τη σύγκριση των εναλλακτικών με κάποιες υποδειγματικές. Το συλλογικό προτιμησησικό μοντέλο αντιστοιχεί στις πληροφορίες προτίμησης που εκφράζονται από κάθε αποφασίζοντα και η ισχυρή κανονική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για να τις συνδυάσει, για να εξάγει μια συλλογική λύση. Εξηγούν τη λειτουργία των μεθόδων σε δύο



φάσεις: Στην πρώτη φάση αυτής της επέκτασης, εξετάζουμε κάθε αποφασίζοντα χωριστά και προσδιορίζουμε τις απαραίτητες και τις πιθανές συνέπειες των πληροφοριών προτίμησής του. Ας υπενθυμίσουμε ότι γενικά τα απαραίτητα αποτελέσματα (σχέσεις ή αποστολές) καθορίζουν τις πιο συγκεκριμένες συστάσεις που εκπονούνται με βάση όλες τις συμβατές περιπτώσεις ενός μοντέλου προτίμησης που εξετάζεται ταυτόχρονα, ενώ τα πιθανά αποτελέσματα προσδιορίζουν πιθανές συστάσεις που προέρχονται από τουλάχιστον ένα παράδειγμα προτύπου συμβατού με πληροφορίες προτίμησης. Στο δεύτερο στάδιο, ερευνούμε χώρους συναίνεσης για τα υποσύνολα των αποφασιζόντων. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή ενός δεύτερου επιπέδου βεβαιότητας, το οποίο αναφέρεται στο υποσύνολο των αποφασιζόντων που επιβεβαιώνει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Για την ακρίβεια, αναφερόμαστε και πάλι στη δυνατότητα και την αναγκαιότητα αυτής της επιβεβαίωσης και ελέγχουμε αν τα απαραίτητα και πιθανά αποτελέσματα ακολουθούν τις πληροφορίες προτίμησης που παρέχονται από τουλάχιστον ένα ή όλους τους αποφασίζοντες. Σε αυτό το επίπεδο θα μπορούσαν εναλλακτικά να χρησιμοποιηθούν οι όροι "υποστηριζόμενο" και "ομόφωνα" για να διακρίνουν δηλώσεις που υποστηρίζονται από τουλάχιστον ένα αποφασίζοντα ή όλους τους αποφασίζοντες αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να υποδείξουμε τι θα συνέβαινε πάντα (για όλες τις συμβατές περιπτώσεις), μερικές φορές (για τουλάχιστον μία συμβατή παρουσία) ή ποτέ (για καμία από τις συμβατές περιπτώσεις) σε σχέση με ένα υποσύνολο ή το σύνολο των αποφασιζόντων. Συνεπώς, παρέχουν αποτελέσματα από τέσσερις διαφορετικούς τύπους όπως και οι Miłosz Kadzinski et al. το 2013.

**Πίνακας 3: Η οικογένεια UTA στην υπηρεσία της ομαδικής απόφασης.**

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ (Η ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙ- ΕΥΣΗΣ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ/Σ ΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΗ ΜΕΘΟΔΟ Ή ΜΕΘΟΔΟΥΣ Ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	FUSSY	ΘΕΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Nikolaos F. Matsatsinis and Pavlos Delias.	2004		UTA II		Δεν περιέχει παράδειγμα.
N.Matsatsinis et al.	2005		UTASTAR		Βελτίωση προϊόντος εταιρίας.
Salvatore Greco et al.	2009	ELECTRE	UTA <sup>GMS</sup> -GROUP, UTADIS <sup>GMS</sup> - GROUP ELECTRE <sup>GMS</sup> - GROUP.		Δεν περιέχει παράδειγμα.
Salvatore Greco et al.	2009		Robust Ordinal Regration		
Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis	2010		UTA/UTASTAR		Παραπομπή στο προηγούμενο άρθρο.
Salvatore Greco et al.	2012		UTA <sup>GMS</sup> -GROUP		Επιλογή διευθυντή πωλήσεων
			UTADIS <sup>GMS</sup> - GROUP		Προσδιορισμός των δραστηριοτήτων συντήρησης των οχημάτων με κινητήρα.
Miłosz Kadzinski et al.	2013		UTA <sup>GMS</sup> -GROUP UTADIS <sup>GMS</sup> - GROUP		Επιλογή διευθυντή πωλήσεων. Ταξινόμηση διαφορετικών χωρών σε διαφορετικούς τύπους καθεστώτων.
Yannis Siskos et al.	2016		UTA/UTASTAR		Παραπομπή στα τρία προηγούμενα άρθρα.



## 6.4 ELECTRE

Μια σειρά από μοντέλα MCDM χρησιμοποιούν τις σχέσεις υπεροχής για να κατατάξουν μια ομάδα εναλλακτικών. Η ELECTRE και οι διαφοροποιήσεις της παίζουν ένα διακεκριμένο ρόλο σε αυτήν την ομάδα. Η αυθεντική μέθοδος ELECTRE γεννήθηκε το 1965 στην ευρωπαϊκή εταιρεία συμβουλευτικής SEMA. Τότε μια ερευνητική της ομάδα προσπάθησε να έλθει σε συμφωνία σε ένα πραγματικό πρόβλημα με πολλά κριτήρια, προκειμένου να λάβει αποφάσεις για τις νέες δραστηριότητες της εταιρίας. Η κύρια ιδέα της μεθόδου βασίζεται στις σχέσεις υπεροχής καθώς και στις έννοιες συμφωνίας και μη συμφωνίας. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τις έννοιες της συμφωνίας και της μη συμφωνίας για να αναλύσει τις σχέσεις υπεροχής. Σύντομα μετά την εισαγωγή της πρώτης έκδοσης γνωστής ως ELECTRE I αυτή η προσέγγιση αναπτύχθηκε σε μια σειρά από παραλλαγές (Shide Sadat Hashemi et al., 2016). Η ELECTRE είναι γνωστή ως μέθοδος που με την εξάλειψη και την επιλογή μεταφράζει την πραγματικότητα, (the elimination and choice translating reality method) και είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCGDM). Αρχικά εισήχθη από τον Roy από το 1968 και η βασική ιδέα είναι, σύμφωνα και με άλλους ερευνητές, να εντοπιστούν και να εξαλειφθούν εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες κυριαρχούν. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων πρέπει να αξιολογηθεί και να γίνουν επιλογές σε σχέση με ένα σύνολο αντικρουόμενων κριτηρίων που αντανακλούν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Οι προτιμήσεις σε αυτή τη μέθοδο είναι δομημένες με τη χρήση δυαδικών σχέσεων υπεροχής, χρησιμοποιώντας την έννοια "τουλάχιστον τόσο καλή όσο" (σύμφωνα και με τη σχετική βιβλιογραφία). Δημιουργείται μια σχέση υπεροχής σύμφωνα με δύο βασικές έννοιες της συμφωνίας και της μη-διαφωνίας (Behnam Vahdani et al., 2013).

Η μέθοδος της μετάφρασης της πραγματικότητας με την εξάλειψη και την επιλογή (ELECTRE), που προτείνεται από τον Benayoun το 1966 είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος στην κατηγορία των μεθόδων σχέσεων υπεροχής τύπου MCDM. Ο κύριος στόχος της μεθόδου ELECTRE είναι η κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων βασιζόμενοι σε πολλαπλά κριτήρια και η σωστή χρήση των σχέσεων υπεροχής. Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές οι μέθοδοι με τη χρήση των σχέσεων υπεροχής έχουν πολλές εφαρμογές στη μηχανική και τη λήψη αποφάσεων. Η ELECTRE είναι γενικά αποδεκτή για προβλήματα της πραγματικής ζωής λόγω του ότι ακούγεται η διαδικασία της λογικής και της εύκολης υπολογιστικής διαδικασίας (Kavita Devi & Shiv Prasad Yadav, 2012). Σύμφωνα και με άλλους ερευνητές η ELECTRE είναι εννοιολογικά ισχυρή και εύκολη στο να τη μάθει κανείς και να τη χρησιμοποιεί. Έχει αποδειχθεί ότι έχει συμβάλει επιτυχώς στη λύση ενός αριθμού ημιδομημένων προβλημάτων απόφασης. Δεν απαιτεί πλήρη πληροφόρηση σχετικά με τις προτιμήσεις των αποφασιζόντων και τις εκτιμήσεις των εναλλακτικών, γι' αυτό και δίνει

περισσότερη αυτονομία και έλεγχο στον αποφασίζοντα. Αυτή η ιδιορρυθμία της μεθόδου κάνει την επέκταση του σχετικού αλγορίθμου ευκολότερη για την υποβοήθηση ομαδικών αποφάσεων (Turg Bui and Matthias Jarke., 1984). Η μέθοδος Electre I χρησιμοποιείται για την οικοδόμηση μιας μερικής ιεράρχησης και την επιλογή μιας ομάδας υποσχόμενων ενεργειών. Η Electre II χρησιμοποιείται για την κατάταξη των ενεργειών. Με τη χρήση της Electre III δημιουργείται ένας βαθμός υπεροχής, που αντιπροσωπεύει μια υπερέχουσα αξιοπιστία μεταξύ δύο δράσεων που καθιστά αυτή τη μέθοδο πιο εξελιγμένη και δύσκολη στην ερμηνεία. Άλλες παραλλαγές των μεθόδων Electre είναι οι Electre IV, Electre IS και Electre TRI, για να αναφέρουμε μερικές. Οι Figueira et al. δίνουν πιο πολλές λεπτομέρειες και πληροφορίες για περισσότερα μέλη της οικογένειας. Οι μέθοδοι αυτοί έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη αστική μηχανική και μηχανική περιβάλλοντος, για τη βελτιστοποίηση των αποκεντρωμένων ενεργειακά συστημάτων, για την επιλογή ηλεκτρικών έργων, την αξιολόγηση οικονομικής απόδοσης, ενεργειακό σχεδιασμό, επιλογή υλικού, την επιλογή συμβάσεων εξωτερικής ανάθεσης και τη διαχείριση στερεών αποβλήτων (Adel Hatami and Madjid Tavana, 2011).

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου ELECTRE σε σχέση με ανάλογες μεθόδους σύμφωνα με τους Behnam Vahdani et al. (2013) είναι οι εξής: (1) Χειρισμός ordinal διατάξεων με αυθεντικότητα και συνέπεια χωρίς να απαιτείται να μετατρέψουμε τις αρχικές κλίμακες σε αφηρημένες με βάση μια αυθαίρετα επιβαλλόμενη σειρά. Ως εκ τούτου, το αρχικό λεκτικό σύμπλεγμα διατηρείται. (2) Τα όρια αδιαφορίας και προτίμησης διαμορφώνονται κατά τη μοντελοποίηση της ατελούς γνώσης των δεδομένων. (3) Τα αποτελέσματα των κριτηρίων παραμένουν στις δικές τους μονάδες, οι οποίες είναι κατάλληλες όταν συνδέονται σε διάφορα πεδία, για παράδειγμα σε ευέλικτα κατασκευαστικά θέματα, όπως π.χ. την ποιότητα των αποτελεσμάτων, την ευκολία χρήσης και την ανταγωνιστικότητα.

Η συμβολή της ELECTRE στην ομαδική απόφαση αρχίζει καθώς φαίνεται αρχίζει το 1984 με τους Ting-Yu Chen and Matthias Jarke να υποστηρίζουν ότι η ELECTRE μπορεί να στηρίζει όλες τις φάσεις μιας διαδικασίας ομαδικής απόφασης. Η ELECTRE για την επιλογή της μίας και μοναδικής καλύτερης εναλλακτικής και οι ELECTRE II και ELECTRE III για προβλήματα ιεράρχησης ή ταξινόμησης εναλλακτικών. Η έρευνα όμως των Sri Hartati et al. τα νεότερα χρόνια και μάλιστα για ένα θέμα που σχετίζεται με τα μεταλλαγμένα γονίδια που μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο καταδεικνύει τη δυνατότητά της να συμβάλει και στη λύση σύγχρονων προβλημάτων.

Το 2000 οι Luis C. Dias and Joao N. Climaco χρησιμοποιούν την ELECTRE TRI που είναι γνωστή για την εκχώρηση ενεργειών σε προκαθορισμένες ταξινομημένες κατηγορίες αν και η χρήση αυτής της μεθόδου απαιτεί τον καθορισμό πολλών παραμέτρων, κάτι που είναι συχνά ένα δύσκολο έργο. Αλλάζοντας τους ελέγχους στους αρχικούς αλγόριθμους για να

βρεθούν στο πλαίσιο ομάδας οι καλύτερες και οι χειρότερες κατηγορίες στις οποίες μπορεί να ανήκει μια δράση με βάση γραμμικούς περιορισμούς στις τιμές των παραμέτρων. Την ELECTRE TRI χρησιμοποιούν και οι A. Shanian et al. το 2008 καθώς και οι Olivier Cailloux et al. το 2012. Οι τελευταίοι προτείνουν αλγόριθμους για την εξαγωγή των ορίων κατηγορίας που μοιράζονται όλοι οι αποφασίζοντες από τις ατομικές τους εκχωρήσεις. Οι προτεινόμενοι αλγόριθμοι θεωρούν την υπόθεση με ή χωρίς βέτο.

Οι Juan Carlos Leyva López και Dina Esperanza López Elizalde (2002) και οι Juan Carlos Leyva López και Pável Anselmo Álvarez Carrillo (2013) αναφέρουν τη διαδικασία των δύο τρόπων συνεργασίας για τη λήψη των ομαδικών αποφάσεων: τον παράλληλο (parallel) και τον διαδοχικό/ακολουθητικό (sequential). Οι Juan Carlos Leyva-Loopez και Eduardo Fernandez-Gonzalez το 2003 παρουσιάζουν μια επέκταση της ELECTRE III (ELECTRE-GD) προκειμένου να βοηθήσουν μια ομάδα αποφασιζόντων με διαφορετικά συστήματα αξιών να καταλήξουν από κοινού με μια από τις εναλλακτικές λύσεις. Η ELECTRE-GD λειτουργεί με τη φυσική ευρετική μέθοδο που χρησιμοποιούν οι συνεργατικές ομάδες για τη σύναψη λογικών συμφωνιών ή συμφωνιών συναίνεσης, με βάση τους γενικώς αποδεκτούς κανόνες πλειοψηφίας με τον απαραίτητο σεβασμό των σημαντικών μειονοτήτων. Το 2013 οι Juan Carlos Leyva López and Pável Anselmo Álvarez Carrillo παρουσιάζουν μια μελέτη που έχει πολλά κοινά στοιχεία με τις προηγούμενες μελέτες αυτής της παραγράφου παρουσιάζοντας το σύστημα υποστήριξης ομαδικών αποφάσεων SADGAGE το οποίο βασίζεται και στη χρήση του διαδικτύου αλλά και της μεθόδου Brainstorming μεταξύ των άλλων.

Οι Luciana Hazin Alencar et al. (2008) υποστηρίζουν πως η συνεργασία των μεθόδων ELECTRE II και ELECTRE IV μπορούν να φέρουν ένα καλύτερο αποτέλεσμα απ' ό,τι η συνεργασία της πρώτης με άλλες απλές μεθόδους όπως τον κανόνα του Borda και του Condorcet μια και οι τελευταίες βασίζονται μόνο την κατάταξη και αυτό είναι ένα μειονέκτημα επειδή υπάρχει χάσιμο πληροφορίας. Οι Salvatore Greco et al. (2009) παρουσιάζουν μια διαφορετική προσέγγιση της ELECTRE που μέχρι σήμερα δεν εμφανίζεται σε κάποια άλλη εργασία για περαιτέρω μελέτη αυτή της ELECTRE<sup>GMS</sup> προκειμένου η ευσταθής κανονική παλινδρόμηση να υπηρετήσει την ομαδική απόφαση για την κατάταξη των εναλλακτικών.

Η προέκταση και εμπλοκή της ELECTRE σε ασαφές περιβάλλον έγινε με μεγάλη καθυστέρηση σε σχέση με τις μεθόδους AHP και TOPSIS. Η πρώτη προσπάθεια φαίνεται να γίνεται από τους Adel Hatami και Madjid Tavana (2011) που πρεσβεύουν ότι μια επέκταση της μεθόδου ELECTRE I μπορεί να λάβει υπόψη αβέβαιες και ανακριβείς γλωσσικές αξιολογήσεις. Πραγματοποίησαν καθορισμό των σχέσεων υπεροχής με συγκρίσεις ανά ζεύγη και έγινε χρήση γραφημάτων απόφασης για τον καθορισμό της ενέργειας που είναι προτιμότερη, μη συγκρίσιμη ή αδιάφορη στο ασαφές περιβάλλον. Έγινε και χρήση της έννοιας

της απόστασης Hamming για την εύρεση της απόστασης μεταξύ των εναλλακτικών. Αποκάλυψαν ότι σε αντίθεση με την TOPSIS, η προσέγγιση αυτή της ELECTRE αποκαλύπτει την πιο χρήσιμη πληροφορία, συμπεριλαμβανομένης της μη συγκρισιμότητας μεταξύ των δράσεων.

Οι Kavita Devi & Shiv Prasad Yadav (2013) προχωρούν σε μια επέκταση της μεθόδου ELECTRE σε περιβάλλον διαισθητικό και ασαφές για να δώσει λύσεις σε προβλήματα MCDM που τόσο οι αποδόσεις των εναλλακτικών επί των κριτηρίων όσο και τα βάρη των κριτηρίων έχουν εκφραστεί σε γλωσσικούς όρους. Έδωσαν έμφαση στη χρήση διαισθητικών ασαφών στοιχείων για τη λήψη αποφάσεων επειδή αυτά μπορούν να δώσουν μια νέα τιμή που δεν μπορούν να ληφθούν με τη χρήση συμβατών ασαφών αριθμών. Εξετάζουμε το πρόβλημα της λήψης αποφάσεων ομάδας, στο οποίο όλες οι πληροφορίες αξιολόγησης που παρέχονται από τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων χαρακτηρίζονται από γλωσσικές μεταβλητές και μπορούν να εκφραστούν περαιτέρω με τριγωνικά διαισθητικά ασαφή σύνολα. Μια χρονιά αργότερα οι Behnam Vahdani et al. προτείνουν μια νέα έκδοση της κανονικής μεθόδου ELECTRE για την αντιμετώπιση ασαφών προβλημάτων λήψης αποφάσεων με βάση τη θεωρία των διαισθητικών ασαφών συνόλων (Intuitionistic Fuzzy Sets, IFS) στην οποία τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών και των κριτηρίων αντιπροσωπεύονται από διαισθητικούς ασαφείς αριθμούς. Η προτεινόμενη μέθοδος διαισθητικής ασαφούς ELECTRE (IF-ELECTRE) χρησιμοποιεί τη λειτουργία αλήθειας και αυτή της μη-αλήθειας για να υποδείξει τους βαθμούς ικανοποίησης και μη ικανοποίησης κάθε εναλλακτικής σε σχέση με ένα σύνολο κριτηρίων, αντίστοιχα. Επιπλέον, η μέθοδος επιτρέπει στην ομάδα των αποφασιζόντων να έχουν τους βαθμούς συμμετοχής και τους βαθμούς μη συμμετοχής της σχετικής σημαντικότητας κάθε κριτηρίου για τα προβλήματα ομαδικής απόφασης με πολλαπλά κριτήρια.

Οι Ting-Yu Chen and Matthias Jarke (2014) ενθαρρύνουν τη χρήση της ELECTRE σε ασαφές περιβάλλον σημειώνοντας: «Γενικά, οι μέθοδοι ELECTRE βασίζονται σε έναν κοινό κανόνα: με γνώση των συνόλων συμφωνίας και μη συμφωνίας για όλα τα διατεταγμένα ζεύγη εναλλακτικών λύσεων, μπορεί να γίνει γνωστή η σχέση υπεροχής, η οποία είναι συγκεκριμένη για μια συγκεκριμένη επιλογή ή ένα πρόβλημα κατάταξης. Ωστόσο, ένας περιορισμός των μεθόδων ELECTRE είναι η ανάγκη για ακριβείς μετρήσεις των επιδόσεων και των συντελεστών στάθμισης. Σε πολλές περιπτώσεις αποφάσεων, οι αξιολογήσεις και τα βάρη δεν μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια επειδή ορισμένοι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να εκφράσουν τις απόψεις τους χρησιμοποιώντας γλωσσικούς όρους, ειδικά σε προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων λήψης αποφάσεων». Για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι υπεροχής με βάση την ELECTRE για την ανάλυση ασαφών δεδομένων με βάση το διάστημα τύπου 2 (Interval type-2 fuzzy sets, IT2TrFN).

Πίνακας 4: Η οικογένεια της ELECTRE και η ομαδική απόφαση.

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ (Η ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙ- ΕΥΣΗΣ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ/ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΆΛΛΗ ΜΕΘΟΔΟ Ή ΜΕΘΟΔΟΥΣ Ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	FUSSY	ΘΕΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Tung Bui and Matthias Jarke	1984		Cooperative Group Decision Support System (ή CGDSS) ELECTRE II ELECTRE III		Επιλογή υποδομών. Επιλογή μηχανήματος κοπής.
Luis C. Dias and Joao N. Climaco.	2000		Electre Tri		Προσδιορισμός κατηγορίας κινδύνου για τις ενέργειες
Juan Carlos Leyva López and Dina Esperanza López Elizalde	2002		ELECTRE III ELECTRE GD		-
Juan Carlos Leyva-Loopez and Eduardo Fernaandez- Gonzalez	2003		ELECTRE III		Επιλογή τοποθεσίας ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού στην Ευρώπη.
A.Shanian et al.	2008		ELECTRE III		Επιλογή υλικών
Luciana Hazin Alencar	2010		ELECTRE II; ELECTRE IV		Επιλογή κατασκευαστικών εταιριών.
Salvatore Greco et al.	2009	UTA	UTA <sup>GMS</sup> -GROUP, UTADIS <sup>GMS</sup> -GROUP ELECTRE <sup>GMS</sup> -GROUP.		Δεν περιέχει παράδειγμα.
Adel Hatami- Marbini and Madjid Tavana	2011		ELECTRE I Απόσταση Hamming	V	Επιλογή προμηθευτών
Sri Hartati et al.	2011		Electre Tri Revised Simos' procedure		Έρευνα για τα μεταλλαγμένα γονίδια που μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο
Olivier Cailloux et al.	2012		Electre Tri		Επιλογή έρευνας προς χρηματοδότηση.
Juan Carlos Leyva López and , Pável Anselmo Álvarez Carrillo	2013		SADGAGE (= Sistema de Apoyo a la Decisión en Grupo con Algoritmos Genéticos y Electre III on the World Wide Web) ELECTRE III Brainstorming		-
Kavita Devi and Shiv Prasad Yadav	2012		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή τοποθεσίας για βιομηχανική εγκατάσταση.
Behnam Vahdani et al.	2013		Επέκταση της μεθόδου σε ασαφές περιβάλλον.	V	Επιλογή βιομηχανικού συστήματος.
Ting-Yu Chen	2014		Interval Type-2 Triangular Fuzzy Sets (ή IT2TrFNs)	V	Επιλογή προμηθευτή.
Shide Sadat Hashemi et al.	2016		ELECTRE III Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Information (ή IVIFNS)	V	Επιλογή επενδυτικού προγράμματος. Επιλογή τύπου κλιματισμού βιβλιοθήκης.

Χρησιμοποιώντας τα βάρη σημαντικότητας των αποφασιζόντων και την ομαδική συναίνεση των γνωμοδοτήσεων μετά την ανάλυση αυτή, προτείνουν τη χρήση του υβριδικού μέσου όρου με τις σταθμισμένες μέσες τιμές και τις πράξεις διατεταγμένου μέσου (ordered weighted averaging, OWA) για να συγχωνευθούν οι μεμονωμένες γνωμοδοτήσεις και να καθοριστούν οι ομαδικές απόψεις. Για την ανάλυση έγινε χρήση της έννοιας «επισημασμένη προσέγγιση απόστασης» για να προσδιοριστούν οι δείκτες συμφωνίας και μη συμφωνίας για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων. Με σεβασμό στη συνολική μήτρα υπεροχής, χρησιμοποιήθηκε το γράφημα απόφασης για τον προσδιορισμό της σειράς μερικής προτίμησης

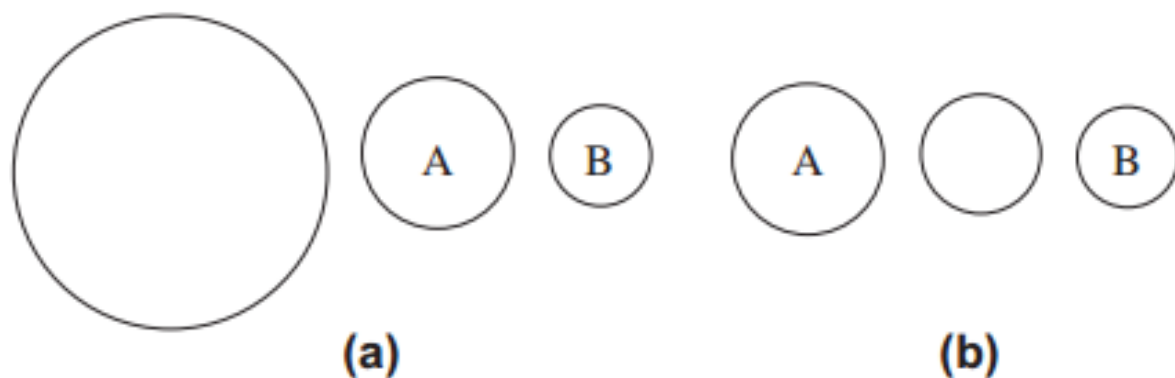
των εναλλακτικών λύσεων και των λύσεων που με την ELECTRE δεν φάνηκαν να διέπονται από σχέσεις υπεροχής. Το παρόν έγγραφο προσέφερε πρόσθετες προσεγγίσεις στο τελικό στάδιο επιλογής για την επίτευξη της γραμμικής ταξινόμησης των εναλλακτικών επιλογών.

Οι Shide Sadat Hashemi et al. (2016) παρουσιάζουν μια μελέτη με βάση τη διαισθητική ασαφή πληροφορία από την εκτίμηση της απόστασης μέσα από τη επέκταση της μεθόδου ELECTRE III. Μετά τον καθορισμό της σημαντικότητας του κάθε μέλους της ομάδας των αποφασιζόντων γίνεται ο υπολογισμός των αποδόσεων των εναλλακτικών αφού οι αποφασίζοντες εκφράσουν την ατομικές τους απόψεις και εκτιμήσουν τις εναλλακτικές με βάση τα κριτήρια και τα βάρη των κριτηρίων. Στη συνέχεια γίνεται ο καθορισμός των βαρών των κριτηρίων όταν τα μέλη της ομάδας εκφράζουν ο καθένας την κρίση τους όσον αφορά τα βάρη των κριτηρίων. Κατόπιν γίνεται η κατασκευή της μήτρας συμφωνιών. Καθορίζονται τα κατώφλια,  $P$  για την ισχυρή προτίμηση, με το  $Q$  να δηλώνει την ασθενή προτίμηση, και το  $I$  την αδιαφορία. Έπειτα καθορίζεται η μήτρα μη συμφωνιών αφού πρώτα υπολογίζεται η αξία του δείκτη ασυμφωνίας για κάθε ζευγάρι εναλλακτικών και τελικά υπολογίζεται ο βαθμός της υπεροχής για κάθε ζευγάρι εναλλακτικών και οι εναλλακτικές κατατάσσονται με βάση το βαθμό αξιοπιστίας της συμφωνίας, το βαθμό αξιοπιστίας της μη συμφωνίας και το βαθμό αξιοπιστίας του δικτύου.

## 6.5 CLOUD

Μια νεότερη γενιά άρθρων φέρνουν στους τίτλους τους τον όρο «cloud». Το μοντέλο Cloud που προτείνεται από τον Li Deyi είναι μια μέθοδος που λαμβάνει υπ' όψιν κυρίως τις αβεβαιότητες των πραγματικών καταστάσεων και τις έννοιες στην ανθρώπινη γνώση: ασάφεια και τυχαιότητα. Το μοντέλο του Cloud αναπτύχθηκε με βάση το ασαφές σύνολο τύπου 1 (type-1 fuzzy set ή T1 FS) όπως αναφέρουν οι Xiaojun Yang et al. (2013). Οι τελευταίοι μάλιστα προτείνουν μια διαδικασία την οποία ονομάζουν Cloud Delphi ιεραρχική ανάλυση (Cloud Delphi hierarchical analysis ή CDHA) για να χειρίζεται τόσο ατομικές (ενδοπροσωπικές) όσο και ομαδικές (διαπροσωπικές) αβεβαιότητες στην κρίση κατά τη χρήση της AHP.





Εικόνα 7: Σύγκριση των A και B σε διαφορετικές καταστάσεις (Xiaojun Yang et al., 2013).

Νωρίτερα οι Peide Liu and Fang Jin (2012) χρησιμοποίησαν τις επονομαζόμενες λειτουργίες intuitionistic uncertain linguistic ordered weighted geometric ή IULWGA intuitionistic uncertain linguistic ordered weighted geometric ή IULOWG και την υβριδική intuitionistic uncertain linguistic hybrid geometric ή IULHG. Κατά τους Jian-qiang Wang et al. (2013) το μοντέλο σύννεφο μπορεί να εφαρμόσει έναν αβέβαιο μετασχηματισμό από μια ποιοτική αντίληψη στις ποσοτικές της προεκτάσεις. Το μοντέλο αυτό έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή σε προβλήματα με πολλαπλά κριτήρια για τη λήψη αποφάσεων όταν σαν δεδομένα έχουμε γλωσσικές πληροφορίες. Έτσι οι τελευταίοι χρησιμοποιούν του Atanassov τους διαισθητικούς γλωσσικούς αριθμούς που αποτιμώνται κατά διαστήματα (Atanassov's interval-valued intuitionistic linguistic numbers ή AIVILNs) βασιζόμενους στους τραπεζοειδείς ασαφείς αριθμούς. Τις απόψεις για το μοντέλο Cloud ενισχύουν και οι Wang Jian-qiang et al. (2014) οι οποίοι λένε πως το μοντέλο αυτό μπορεί να περιγράψει συνθετικά την τυχαιότητα και την ασάφεια στις ποιοτικές έννοιες και να εφαρμόσει ασαφείς μετασχηματισμούς μεταξύ μιας ποιοτικής έννοιας σε ποσοτικές παραλλαγές της προσελκύοντας έτσι σημαντικά την προσοχή των ερευνητών που μελετούν τα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια με γλωσσικές πληροφορίες. Προτείνουν λοιπόν μια μέθοδο, οι γλωσσικές μεταβλητές μετατρέπονται πρώτα σε ασαφείς αριθμούς (σύννεφα) και στη συνέχεια γίνεται η σύνθεσή τους χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες cloud weighted arithmetic averaging (CWAA), cloud-ordered weighted arithmetic averaging (COWA), and cloud hybrid arithmetic (CHA). Για τέτοιου είδους προβλήματα οι Jian-qiang Wang et al. (2015) χρησιμοποιούν και εκείνοι το μοντέλο cloud. Στην προτεινόμενη μέθοδο, οι γλωσσικές αξίες διαστήματος μετατρέπονται αρχικά σε τιμές-σύννεφα με ενσωματωμένα διαστήματα και η σύνθεση των προτιμήσεων εκτελείται μέσω της δημιουργίας κυμαινόμενων τιμών cloud. Στη συνέχεια, τα βάρη των υπευθύνων για τη λήψη αποφάσεων λαμβάνονται όπως παρουσιάζουν με τον υπολογισμό των βαθμών «αβεβαιότητας» και «απόκλισης» τους και οι αποστάσεις μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων αξιολογούνται χρησιμοποιώντας την απόσταση Hamming. Το μοντέλο σύννεφων είναι

ένα μοντέλο μετασχηματισμού μεταξύ της ποιότητας και της ποσότητας. Παριστάνει γλωσσικές αξίες σε φυσική γλώσσα με τρία αριθμητικά χαρακτηριστικά, την προσδοκία (expectation ή Ex) την εντροπία (Entropy ή En) και την υπερ-εντροπία (hyper entropy ή He) επιτρέποντας την τυχαιότητα, την ασάφεια και τη συσχέτισή τους. Όλα αυτά ενοποιούνται στο μοντέλο «Cloud» όπως το περιγράφουν οι Li, Liu, & Gan το 2009. Η εφαρμογή αυτού του μοντέλου όχι μόνο κατέστησε δυνατή την απόκτηση ποσοτικών δεδομένων κλίμακας και εμβέλειας και διανομής από τις γλωσσικές εκφράσεις, αλλά και την κατάλληλη γλωσσική έκφραση από ακριβείς ποιοτικές τιμές (Ting-Cheng Chang & Hui Wang, 2016). Οι τελευταίοι μάλιστα προκειμένου να καταλήξουν στη συλλογική απόφαση συνδυάζουν το μοντέλο «Cloud» με το μοντέλο του δέντρου απόφασης (Decision Tree ή DT).

Πίνακας 5: Cloud και ομαδική απόφαση.

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ (Η ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙ- ΕΥΣΗΣ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ/Σ ΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΗ ΜΕΘΟΔΟ Ή ΜΕΘΟΔΟΥΣ Ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	FUS SY	ΘΕΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Peide Liu and Fang Jin	2012		intuitionistic uncertain linguistic ordered weighted geometric (ή IULWGA) intuitionistic uncertain linguistic ordered weighted geometric (ή IULOWG) intuitionistic uncertain linguistic hybrid geometric (ή IULHG)	V	
Xiaojun Yang et al.	2013	AHP Delphi	Type-1 Fuzzy Set (T1 FS)	V	Αναπαραγωγή σχετικών μεγεθών επαρχιακών περιοχών. (Κίνα)
Jian-qiang Wang et al.	2014		Atanassov's Interval-valued Intuitionistic Linguistic numbers (ή AIVILNs) trapezium cloud weighted arithmetic averaging operator (ή TCWAA) trapezium cloud ordered weighted arithmetic averaging operator (ή TCOWA) the trapezium cloud hybrid arithmetic operator (ή TCHA)	V	Επένδυση χρημάτων.
Wang Jian-qiang et. al	2014		cloud weighted arithmetic averaging (ή CWAA) cloud-ordered weighted arithmetic averaging (ή COWA) cloud hybrid arithmetic (ή CHA)	V	Επένδυση σε βιομηχανία/εταιρίας
Jian-qiang Wang et al.	2015		Απόσταση Hamming		Επιλογή χώρας για επενδύσεις στα ορυκτά. (Κίνα)
Arpan Kumar Kar and Atanu Rakshit	2015			V	Τιμολόγηση πληροφοριακής τεχνολογίας.
Ting-Cheng Chang and Hui Wang	2016		Decision Tree (ή DT)		Εκτίμηση καθηγητών πανεπιστημίου.

Μετά από όλα αυτά πρέπει να αναφέρουμε όμως και την έκθεση των Arpan Kumar Kar and Atanu Rakshit (2015) που ενώ στο τίτλο τους γράφουν «Flexible Pricing Models for Cloud Computing...» με τον όρο Cloud Computing εννοούν ένα παράλληλο και καταναεμημένο υπολογιστικό σύστημα που αποτελείται από μια συλλογή αλληλοσυνδεδεμένων υπολογιστών που προσομοιώνουν και την πραγματικότητα. Επίσης είναι δυναμικά εφοδιασμένοι, που παρουσιάζονται ως ενοποιημένοι υπολογιστικοί πόροι με βάση συμφωνίες σχετικά με τις

παρεχόμενες υπηρεσίες μεταξύ του παρόχου υπηρεσιών και τους καταναλωτές των υπηρεσιών αυτών. Τον ορισμό αυτό δανείστηκαν από τους Buyya et al. (2009). Στο επιθυμητό αποτέλεσμα φτάνουν με τη χρήση και της AHP.

## 6.6 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Παραπάνω είδαμε πολλές μελέτες επί του θέματος ενταγμένες σε διάφορες ομάδες. Υπάρχουν όμως και μελέτες που δεν μπορούν να μπουν σε κάποια από αυτές. Οι Nikolaos Matsatsinis and Andreas Samaras το 2005 κάνουν μια ανασκόπηση των μέχρι το 2015 αναπτυγμένων μεθόδων που ασχολούνται με την ομαδική απόφαση στην πολυκριτήρια ανάλυση. Οι Jutta Geldermann et al. το 2004 υποστηρίζουν ότι η PROMETEE είναι εκείνη η μέθοδος που μπορεί να βοηθήσει μια ομάδα αποφασιζόντων να καταλήξουν στη βέλτιστη εναλλακτική με μια διαδικασία δύο σταδίων. Στο πρώτο στάδιο κάθε μέλος της ομάδας καταλήγει σε μια κατάταξη των εναλλακτικών κάνοντας χρήση της μεθόδου αυτής. Στο δεύτερο στάδιο μπορεί να γίνει η σύνθεση των εκτιμήσεων της απόδοσης ή μπορεί να γίνει η σύνθεση των προτιμήσεων πάλι με την PROMETEE ή με την AHP ή με την MAUT (μέσοι όροι ιδιοδιανυσμάτων ή μέσοι όροι χρησιμότητων αντίστοιχα).

Οι Risto Lahdelma et al. (2005) χρησιμοποιούν μια στοχαστική ανάλυση με τη χρήση όμως σημείων αναφοράς για να μπορούν τα μέλη της ομάδας να τα συγκρίνουν με τις προτιμήσεις τους. Μιλάμε για μια ανάλυση που καλύπτει περιπτώσεις που διακρίνονται από αβεβαιότητα ή έλλειψη πληροφορίας (Reference stochastic multicriteria acceptability analysis ή Ref-SMAA). Την ίδια χρονιά ο Rudolf Vetschera συνδυάζει την έννοια του ιδεατού σημείου με το γραμμικό προγραμματισμό. Οι Ibrahim Cil et al. (2005) κάνουν μια αναφορά στη συμβολή των αναπτυσσόμενων πληροφοριακών συστημάτων στην ομαδική αναφέροντας και το παράδειγμα με το σύστημα IntelTeam. Οι Elena Tsiporkova and Veselka Boeva το 2006 χρησιμοποιούν έναν αλγόριθμο και δύο διανύσματα για την λήψη της ομαδικής απόφασης: ένα για τη σχετική σημαντικότητα των κριτηρίων και ένα άλλο για τη σχετική επιρροή που δέχεται το καθένα μέλος από το άλλο. Με την μελέτη των George Rigoropoulos et al. (2008) παρουσιάζεται ο αλγόριθμος NeXClass για την τελική τοποθέτηση των εναλλακτικών σε ομάδες. Τα δεδομένα που εισέρχονται στον αλγόριθμο είναι τα συγχωνευμένα βάρη των κριτηρίων, οι συγχωνευμένες αξιολογήσεις των εναλλακτικών επί των κριτηρίων και τα συγχωνευμένα κατώφλια των κατηγοριών. Οι Junyi Chai and James N.K. Liu (2010) βασίζονται σε μια μέθοδο (επέκταση της PROMETHEE) καλούμενη superiority and inferiority ranking (SIR). Μάλιστα γίνεται χρήση και των ασαφών συνόλων για να ονομαστεί η μέθοδος Intuitionistic Fuzzy Superiority and Inferiority Ranking ή IF-SIR. Οι Lean Yu and Kin Keung (2011) χρησιμοποιούν τρεις διαφορετικές μεθόδους για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων: Οι μέθοδοι Distance-based, Variation coefficient, Entropy-based χρησιμοποιούνται

για να συγκεντρωθούν τα ατομικά δεδομένα με τρεις διαφορετικούς τρόπους και με τη χρήση των μέσων όρων εξάγεται η τελική κατάταξη των εναλλακτικών.

**Πίνακας 6: Άλλες τεχνικές και ομαδική απόφαση.**

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ (Η ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ)	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ (Η ΜΕΘΟΔΟΙ)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	FUSSY	ΘΕΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
<b>Nikolaos Matsatsinis and Andreas Samaras</b>	2001				Ανασκόπηση
<b>Jutta Geldermann</b>	2004	PROMETHEE AHP MAUT			Επιλογή διαδικασίας βιομηχανικής βαφής.
<b>Risto Lahdelma et al.</b>	2005	Reference point approach stochastic multicriteria acceptability analysis (ή Ref-SMAA)			Μεγιστοποίηση κέρδους από την αύξηση του μεριδίου αγοράς για ένα πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας.
<b>Rudolf Vetshera</b>	2005	Ideal point Goal programming. Proportional goal achievement.			Κατανομή πόρων σε διάφορες δραστηριότητες
<b>Elena Tsiporkova And Veselka Boeva</b>	2006	recursive decision process			Πλήρωση κενής θέσης πανεπιστημίου
<b>Ibrahim Cil et al.</b>		Σύστημα IntelTeam			
<b>George Rigopoulos et al.</b>	2008	Αλγόριθμος NeXClass	Αλγόριθμος	V	Ταξινόμηση τοποθεσιών για τοποθέτηση ATM τράπεζας.
<b>Junyi Chai and James N.K. Liu</b>	2010	Superiority and inferiority ranking (ή SIR)	Fuzzy Superiority and Inferiority Ranking (ή IF-SIR)	V	Επιλογή συνεταίρου στην εφοδιαστική αλυσίδα.
<b>Lean Yu and Kin Keung Lai</b>	2011	Distance-based method Variation coefficient method Entropy-based method			Διαχείριση έκρηξης από χημική διαρροή.
<b>Peide Liu and Fang Jin</b>	2012	Intuitionistic uncertain linguistic variables	Intuitionistic uncertain linguistic weighted geometric average (ή IULWGA) Intuitionistic uncertain linguistic ordered weighted geometric (ή IULOWG) Intuitionistic uncertain linguistic weighted geometric hybrid (ή IULHG)	V	Επένδυση χρημάτων.
<b>Salem Chakhar and Inès Saad</b>	2012	dominance-based rough set approach (DRSA)	Rough Set-based Group Multicriteria Classification		Διαχείριση πυρηνικού κινδύνου μετά από ατύχημα. (Γαλλία)
<b>Pavlos Delias et al.</b>	2012	Robustness-oriented			Χρήση γης. (Καβάλα)
<b>Pavlos Delias et al.</b>	2013	Robustness-oriented			Βελτίωση πλαισίων εφαρμογών που φιλοξενούνται από ένα κέντρο δεδομένων

Σε μια από τις πιο πρόσφατες μελέτες είναι αυτή των Peide Liu and Fang Jin (2012) για τον ορισμό των βαρών των ειδικών και των βαρών της σημαντικότητας των χαρακτηριστικών λαμβάνονται πραγματικοί αριθμοί ενώ για τις αξίες των εναλλακτικών επί των κριτηρίων γίνεται χρήση διαισθητικών αβέβαιων λεκτικών μεταβλητών. Άλλη πρόσφατη δημοσίευση είναι αυτή των Salem Chakhar and Ines Saad. (2012) ασχολούνται με την ταξινόμηση εναλλακτικών από την ομάδα αποφασίζοντων που θα κάνουν χοντρικά τις εκτιμήσεις τους. Αυτό γίνεται σε δύο φάσεις, με την πρώτη να στηρίζεται στην προσέγγιση των κυριαρχιών (Distance-based rough set approach ή DRSA) και να εξάγει κανόνες που βοηθούν

στη λήψη αποφάσεων. Αυτοί οι κανόνες στη δεύτερη φάση θα βοηθήσουν για την ταξινόμηση. Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση της ομαδικής απόφασης μπορούμε να παρατηρήσουμε στην μελέτη των Pavlos Delias και Nikolaos Matsatsinis (2013) που βασίζονται στη δημιουργία μιας προσθετικής συνάρτησης και στην ανάλυση ευρωστίας των αποτελεσμάτων. Εάν ο ανάλογος δείκτης δεν είναι ικανοποιητικός μπορούν να γίνουν διορθώσεις. Τα βασικά δεδομένα είναι οι προτιμήσεις των εμπλεκόμενων μεταξύ των εναλλακτικών ανά ζεύγη (π.χ. η α εναλλακτική είναι τουλάχιστον ίδια με την β). Επίσης το μοντέλο δέχεται και σαν δεδομένο την «ένταση» για κάθε δηλωμένη δυαδική σύγκριση σε σχέση με τις άλλες συγκρίσεις. Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της προτιμώμενης μεθοδολογίας σύμφωνα με τους ερευνητές είναι ότι εμπλεκόμενοι δεν χρειάζεται να εκφράζουν τις προτιμήσεις τους για ολόκληρο το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων ούτε πρέπει να δηλώσουν τις εντάσεις αυτές για κάθε ζεύγος σχέσεων. Αυτό το πλεονέκτημα προσφέρει μεγάλη ευελιξία. Οι Pavlos Delias and al. το 2013 παρουσιάζουν ένα αλγόριθμο για τη μέτρηση της ευρωστίας των αποτελεσμάτων κάνοντας χρήση των δεδομένων που ζητούνται και στην προηγούμενη εργασία.

## 7. Η «ΚΑΡΔΙΑ» ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ.

Αφού παρουσιάσαμε με συντομία τους μελετητές και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν και σχετίζονται με την MCDA στο παρόν κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε την «καρδιά» της σύνθεσης των ατομικών προτιμήσεων, ενδεικτικά, σε μελέτες οι οποίες φαίνονται πιο προσιτές.

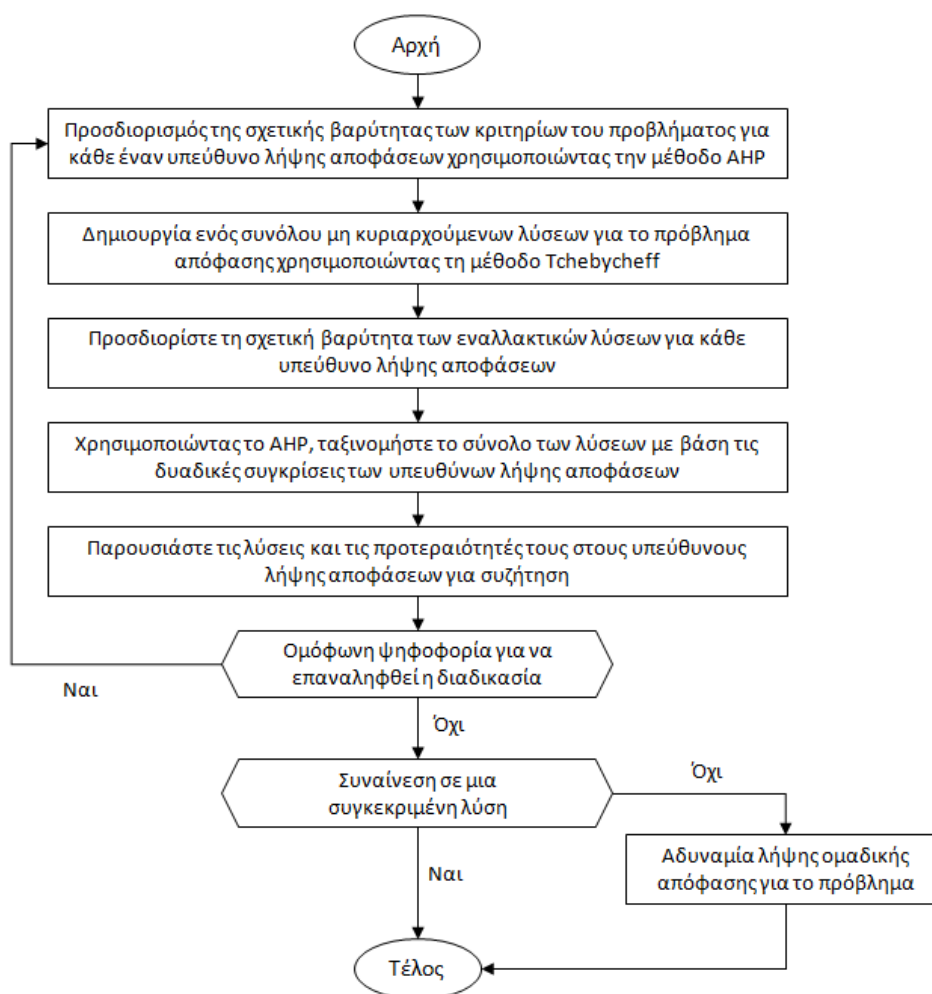
Μια τεχνική που συναντάμε συχνά είναι η εξής: μετά που κάθε μέλος της ομάδας υπολογίσει τα βάρη των κριτηρίων και εκτιμήσει τις αποδόσεις των εναλλακτικών επί των κριτηρίων γίνεται ο υπολογισμός των γεωμετρικών μέσων των βαρών και των αποδόσεων όπως για παράδειγμα κάνει ο Peri H. Iz (1991 και 1992). Αναλυτικότερα μπορούμε να αναφέρουμε ότι στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας γίνονται οι συγκρίσεις ανά ζεύγη μεταξύ των κριτηρίων, για τον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων για κάθε συμμετέχοντα στην ομάδα αποφασιζόντων. Τα μεμονωμένα αποτελέσματα αυτά ως δεδομένα πλέον συγκεντρώνονται σε μια ομαδική μήτρα προτιμήσεων υπολογίζοντας τα γεωμετρικά μέσα. Με την εφαρμογή του αλγορίθμου Tchebycheff προκύπτει ένα σύνολο λύσεων το οποίο τα μέλη της ομάδας εξετάζουν για να προσαρμόσουν τα αρχικά προσωπικά δεδομένα προτιμήσεων που έθεσαν για να δημιουργήσουν μια διαφορετική σειρά λύσεων και αν δεν βρουν αυτό το σύνολο ικανοποιητικό τότε μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να εξερευνήσουν πρόσθετες δυνατότητες. Στο δεύτερο στάδιο απαιτούνται συγκρίσεις ανά ζεύγος σε σχέση με το τρέχον σύνολο λύσεων. Γίνονται συγκρίσεις μεταξύ των λύσεων σε σχέση με κάθε έναν από τους στόχους. Αυτές οι συγκρίσεις ενσωματώνονται με γεωμετρικούς μέσους

όρους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία αθροιστικών μητρών προτίμησης, μία για κάθε κριτήριο. Τα ιδιοδιανύσματα αυτών συνδυάζονται με το ιδιοδιάνυσμα από την προγενέστερη συγκεντρωτική μήτρα προτιμήσεων των κριτηρίων σε ένα σύνθετο σταθμισμένο άθροισμα που χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση κάθε εναλλακτικής λύσης. Η συνθετική βαροδότηση ουσιαστικά αντιπροσωπεύει μια συνάρτηση ομαδικής αξιολόγησης. Οι κατατάξεις παρουσιάζονται στην ομάδα για προβληματισμό και συζήτηση. Τα μέλη είναι ελεύθερα να επιστρέψουν σε κάθε στάδιο και να αλλάξουν τις προτιμήσεις τους προκειμένου να αλλάξουν την κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων ή να δημιουργήσουν νέες λύσεις. Η διαδικασία φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Οι Ann Davey and David Olson (1998) προτείνουν τη χρήση του γεωμετρικού μέσου όρου σε δύο στάδια: ένα για τα κριτήρια και ένα για τις εναλλακτικές.

Για τη λήψη της ομαδικής απόφασης ο Chen-Tung Chen (2000) προβάλλει έναν αλγόριθμο τον οποίο προβάλλουν και άλλοι ερευνητές στα μετέπειτα χρόνια (Soroush Saghafian and S.Reza Hejazi., 2005). Ο αλγόριθμος αυτός αποτελείται από εννιά βήματα. Αφού γίνει ο σχηματισμός της ομάδας αποφασίζοντας και ο προσδιορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης, γίνεται η επιλογή των κατάλληλων γλωσσικών μεταβλητών για τα βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων και των γλωσσικών αξιολογήσεων για την απόδοση των εναλλακτικών λύσεων σε σχέση με τα κριτήρια. Στη συνέχεια γίνεται η σύνθεση των επί μέρους βαρών των κριτηρίων για τον υπολογισμό του ασαφούς βάρους του κάθε κριτηρίου και η συγκέντρωση των απόψεων των υπευθύνων λήψης αποφάσεων για τον υπολογισμό της συνολικής ασαφούς βαθμολογίας/απόδοσης της κάθε εναλλακτικής βάσει του καθενός κριτηρίου χωριστά. Αυτό γίνεται με τη χρήση του μέσου όρου των βαρών και των αποδόσεων. Μετά, γίνεται η κατασκευή της ασαφούς μήτρας απόφασης και της κανονικοποιημένης ασαφούς μήτρας απόφασης καθώς και του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα ασαφούς απόφασης. Ακολουθεί ο προσδιορισμός των FPIS (fuzzy positive ideal solution) και FNIS (fuzzy positive ideal solution) και ο υπολογισμός της απόστασης κάθε εναλλακτικής από τα FPIS και FNIS, αντίστοιχα. Στο τέλος υπολογίζεται ο συντελεστής προσέγγισης κάθε εναλλακτικής και καθορίζεται η κατάταξη όλων των εναλλακτικών επιλογών σύμφωνα με αυτόν τον συντελεστή. Εντοπίζουν την ιδανική λύση και την αντιδιαμετρική της αρνητική εύκολα με τις λειτουργίες που προτείνουν. Το μέσο όρο των βαρών και των αποδόσεων χρησιμοποιούν και άλλοι ερευνητές (π.χ. Yu-Jie Wang and Hsuan-Shih Lee. (2006) και Behnam Vahdani et al. (2013)).





Εικόνα 8: Η διαδικασία της λήψης της ομαδικής απόφασης βασισμένη στη μέθοδο Tchebycheff κατά την AHP (Peri H. Iz, 1991).

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα των Hsu-Shih Shih et al. (2007) που μέσω της TOPSIS εξάγονται οι ιδανικά ιδεατές λύσεις και οι αντιδιαμετρικές αρνητικές τους για κάθε αποφασίζοντα χωριστά. Κατόπιν με διάφορους εναλλακτικούς τρόπους υπολογίζονται η ιδανική λύση και η αντιδιαμετρική της για την ομάδα.

Πρέπει να σημειώσουμε δε ότι αρκετές μελέτες ασχολούνται και με τον **τρόπο βαροδότησης** για τα μέλη (ή τα ενδιαφερόμενα μέρη) της ομάδας (J.Malczewski et al., 1997). Ο R.C. Van den Honert (1998) χρησιμοποιεί την AHP και την SMART για να εκμαιεύσει τη σημαντικότητα των αποφασιζόντων.

Οι Turg Bui and Matthias Jarke το 1984 αναφέρουν τρεις τρόπους για τη λήψη μιας ομαδικής απόφασης και σε έναν από αυτούς χρησιμοποιούν τη λογική του minmax από τη θεωρία παιγνίων για να υπολογίσουν τα κατώφλια συμφωνίας και ασυμφωνίας για την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE I ή της ELECTRE II. Οι Juan Carlos Leyva López and Dina Esperanza López Elizalde (2002) προτείνουν δύο τρόπους εργασίας. Κατά τον πρώτο τρόπο αφού ενθαρρύνεται κάθε αποφασίζων να εκφράσει τις προσωπικές του απόψεις και δίνεται μια συνολική περιγραφή του προβλήματος οι αποφασίζοντες εργάζονται ξεχωριστά για την

πρόταση εναλλακτικών λύσεων (επιλογή εναλλακτικών, καθορισμός κριτηρίων, αξιολόγηση εναλλακτικών σε σχέση με κάθε κριτήριο, καθορισμός βαρών σημαντικότητας και κατωφλίων για τα κριτήρια, ατομική εφαρμογή της ELECTRE III) που εφαρμόζεται προκειμένου να κατασκευάσει ασαφείς σχέσεις υπεροχής και κατόπιν ένα γενετικό αλγόριθμο για να εξάγει αυτές τις σχέσεις υπεροχής και σαν αποτέλεσμα συστήνεται μια πλήρης κατάταξη των εναλλακτικών από την καλύτερη στη χειρότερη. Στο τελευταίο στάδιο ο συντονιστής της διαδικασίας συλλέγει τις κατατάξεις από τους αποφασίζοντες καθώς και ατομικές τιμές στις αποδόσεις των εναλλακτικών επί των κριτηρίων και με αυτές τις πληροφορίες και τη χρήση της ELECTRE GD όπως περιγράφεται από τους (Juan Carlos Leyva-Loopez and Eduardo Fernandez-Gonzalez, 2003). Με την εφαρμογή του κατάλληλου γενετικού αλγορίθμου εξάγεται μια κατάταξη των εναλλακτικών από την καλύτερη στη χειρότερη σαν συνολική ομαδική εκτίμηση. Εάν για κάποιο λόγο μερικοί αποφασίζοντες δεν συμφωνούν με τον συμβιβασμό, οι διαφωνίες πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ο διαδοχικός/ακολουθητικός τρόπος λειτουργεί με την συναίνεση να ζητείται σε ορισμένα στάδια της διαδικασίας της απόφασης, από την μοντελοποίηση του προβλήματος μέχρι τον καθορισμό της κατάταξης. Η συναίνεση μπορεί να επιτευχθεί με εφαρμογή συνθετικών μεθόδων σε κάθε κατάλληλο στάδιο. Μια τέτοια διαδικασία γίνεται και πάλι με τη συμβολή της μεθόδου ELECTRE III. Αυτή η διαδικασία είναι επαναληπτική και όχι απλά διαδοχική. Εάν η ομάδα δεν μένει ικανοποιημένη με τα αποτελέσματα σε οποιοδήποτε στάδιο, μπορεί να πάει πίσω σε οποιοδήποτε βήμα και να το επαναλάβει. (Juan Carlos Leyva López and Dina Esperanza López Elizalde, 2002). Για τη σύνθεση των προτιμήσεων χρησιμοποιείται και η ELECTRE TRI (Luis C. Dias and Joao N. Climaco, 2000; Olivier Cailloux et al., 2012).

Οι Luciana Hazin Alencar et al. (2008) αναφέρουν πως στην πρώτη φάση η μέθοδος ELECTRE II εφαρμόζεται για να εκμαιεύσει τις ατομικές προτιμήσεις και τελικά γίνεται η σύνθεση των ατομικών προτιμήσεων εφαρμόζοντας την μέθοδο ELECTRE IV. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι άλλες απλές μέθοδοι όπως ο κανόνας του Borda και του Condorcet θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο τελευταίο στάδιο της προτεινόμενης μεθόδου, αφού σε αυτό το στάδιο η εκτίμηση του βάρους μεταξύ των αποφασιζόντων δεν είναι απαραίτητη. Με άλλα λόγια δεν απαιτείται υποκειμενική παράμετρος για τη χρήση του μοντέλου. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται μόνο στη κατάταξη και αυτό είναι ένα μειονέκτημα επειδή υπάρχει χάσιμο πληροφορίας. Έτσι η χρήση της ELECTRE IV είναι πιο κατάλληλη σε αυτή την περίπτωση εφόσον χρησιμοποιεί τα κριτήρια που σχετίζονται με ένα κατώτατο όριο προτιμήσεων και με ένα όριο αδιαφορίας, αντί να χρησιμοποιεί τους δείκτες συμφωνίας και μη σύγκρισης (Luciana Hazin Alencar et al., 2008).

Οι γλωσσικές μεταβλητές εφαρμόζονται για να συλλάβουν τις ασάφειες στις πληροφορίες αποφάσεων και τη διαδικασία της ομαδικής απόφασης με τη χρήση μέσων όρων ενός διαισθητικού ασαφούς πίνακα αποφάσεων που συγκεντρώνει όλες τις κρίσεις των μεμονωμένων αποφασίζοντων για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με κάθε κριτήριο και τη σχετική σημασία των κριτηρίων. Στη συνέχεια, εισάγεται ένας νέος διαισθητικός δείκτης ασυμφωνίας, ο οποίος βελτιώνεται από την έννοια του μέτρου ασαφούς απόστασης. Οι σχέσεις υπεροχής ορίζονται με τη χρήση δυαδικών συγκρίσεων και απεικονίζονται με τους γράφους απόφασης για να προσδιοριστεί ποια εναλλακτική λύση είναι προτιμότερη, μη συγκρίσιμη ή αδιάφορη στο διαισθητικό ασαφές περιβάλλον (Kavita Devi & Shiv Prasad Yadav, 2012).

Οι Nikolaos F. Matsatsinis and Pavlos Delias (2004) μετά την εισαγωγή των δεδομένων που απαιτούνται και περιγράφονται στη μελέτη που παρουσιάζουν (κλίμακες κριτηρίων, ατομικές κατατάξεις εναλλακτικών, ανώτατα ή κατώτατα αποδεκτά όρια κτλ.) εφαρμόζεται η UTA II προκειμένου να εξαχθούν τα βάρη των κριτηρίων. Κατόπιν γίνεται η σύνταξη ενός πίνακα που περιέχει τα εξαχθέντα βάρη από κάθε αποφασίζοντα με τις δύο τελευταίες στήλες να έχουν τους μέσους όρους των βαρών αυτών και τις τυπικές αποκλίσεις για κάθε κριτήριο. Συντάσσεται η συνολική συνάρτηση χρησιμότητας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών, για να καταλήξουμε στη συνολική κατάταξη τους. Έπειτα ακολουθούν τα υπόλοιπα βήματα του αλγορίθμου που επιτρέπει στα μέλη της ομάδας να διαπραγματεύονται με την παρουσία ενός συντονιστή που ο ρόλος του κρίνεται από τους μελετητές όπως σημειώνουν στον επίλογό τους «πολύ σημαντικός» (Nikolaos F. Matsatsinis and Pavlos Delias, 2004).

Οι Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis (2010) περιγράφουν την προσέγγιση σε δύο βήματα: Στο πρώτο βήμα της μεθοδολογίας, εφαρμόζεται ο αλγόριθμος UTASTAR προκειμένου να αξιολογηθούν τα συστήματα των ατομικών προτιμήσεων. Στη συνέχεια, οι τιμές των εναλλακτικών λύσεων συνθέτονται με κάποια λειτουργία μέσου όρου (κανονικοποιημένες τιμές χρησιμότητας). Ωστόσο, τέτοιες παραστάσεις ομαδικών προτιμήσεων διαπιστώθηκε ότι δεν εγγυώνται ούτε συναίνεση ούτε καλό συμβιβασμό, δεδομένου ότι οι μεμονωμένες εκτιμήσεις μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετικές. Συνεπώς, οι τελευταίοι ερευνητές ενσωματώνουν στην προτεινόμενη μεθοδολογία αρκετά κριτήρια για να μετρήσουν την ικανοποίηση των αποφασίζοντων επί της συλλογικής κατάταξης των εναλλακτικών επιλογών. Οι δε N. Matsatsinis et al. (2005) πραγματοποιούν σύνθεση των χρησιμοτήτων μετά από τη χρήση της UTASTAR χωριστά από κάθε αποφασίζοντα. Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόζεται εύκολα και στην περίπτωση που όλοι οι αποφασίζοντες έχουν ίδια σημασία αλλά και στην περίπτωση που υπάρχει βαροδότηση μεταξύ τους.

Δεν είναι λίγοι αυτοί οι ερευνητές που συνδυάζουν την MCDA με τη θεωρία της Κοινωνικής Επιλογής. Στη μελέτη του Jacek Malczewski (1996) πρώτα η AHP εξάγει τα βάρη των κριτηρίων για να μπορεί η TOPSIS να δώσει την ατομική κατάταξη. Κατόπιν ο κανόνας του **Borda** εξάγει την τελική κατάταξη από τις ατομικές κατατάξεις. Ο Bojan Srdjevic (2007) από τη μια προβάλλει τη σύνθεση των βαρών των κριτηρίων και των αποδόσεων με αριθμητικό ή το γεωμετρικό μέσο όρο και από την άλλη κάνει και λόγο για την εναλλακτική λύση της χρήσης κανόνων κοινωνικής επιλογής (π.χ. Borda).

Εντύπωση προκαλούν και εκείνοι που την ώρα που πολλοί ερευνητές ψάχνουν πολυσύνθετες μεθόδους για την επίτευξη της συνέναισης, απλά προτείνουν την ψηφοφορία επί των εναλλακτικών (Robert F. Easley et al., 2000). Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η προσπάθεια ορισμένων ερευνητών να αντιπροτείνουν την εργασία από κοινού από την αρχή μέχρι το τέλος της διαδικασίας (για την εξαγωγή των βαρών και αποδόσεων) απέναντι στη «μοναχική» εργασία των μελών για την εξαγωγή της ατομικής κατάταξης των εναλλακτικών όπως ο R.C. Van den Honert το 1998 και οι Noel (Kweku-Muata) Bryson and Anito Joseph. το 1999. Στη βιβλιογραφία συναντούμε και διάφορους άλλους από τους προαναφερόμενους μαθηματικούς τύπους που εάν τους εφαρμόσεις σε κάποια δεδομένα εξάγεται η σύνθεση (π.χ. Piotr Jaskowski et al., 2010; Gülçin Büyükdökan, 2012).

Αξιοσημείωτη είναι και η χρήση μεθόδων όπως η Brainstorming για την σύνταξη των πινάκων των κριτηρίων και των εναλλακτικών (Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi, 2001). Ο τελευταίος προβάλλει και τη χρήση του διαδικτυακού συστήματος Expert Choice για εκείνους που δυσκολεύονται να εκφραστούν μπροστά στα άλλα μέλη της ομάδας. Τη μέθοδο Brainstorming χρησιμοποιούν και οι C. Muralidharan et al. (2002) οι οποίοι μετά το σημείο της διαδικασίας που έχουν εξαχθεί οι ατομικές κατατάξεις γίνεται κάποιο είδος βαθμολόγησης βασισμένο στην παρατήρηση: σε κάθε κατάταξη πόσες φορές μια εναλλακτική υπερέχει των άλλων (θυμίζει τον κανόνα του Borda).

## 8. ΣΥΝΘΕΣΗ...ΜΕ YAGER

### 8.1 Αλγόριθμος Yager.

Ο Yager το 2001 μιλάει πια ξεκάθαρα για τη σύνθεση των προτιμήσεων σε σύστημα πολλαπλών πρακτόρων (ομαδική απόφαση) περισσότερο από κάθε άλλο μέχρι και την εποχή του για τη σύνθεση των προτιμήσεων: «...θεωρούμε το πρόβλημα της συγχώνευσης των προτιμήσεων πολλών πρακτόρων σε σχέση με ένα σύνολο δυνατοτήτων δράσης. Ενώ το πρόβλημα της σύνθεσης προκαλεί μεγάλη ανησυχία σε πολλούς τομείς, το ενδιαφέρον για την επίλυση αυτού του προβλήματος έχει ενταθεί λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος για τους έξυπνους πράκτορες και άλλα αλληλεπιδρώντα υπολογιστικά αντικείμενα». Η Φωτεινή

Καλαφάτη (2017) αναφέρει ότι ο αλγόριθμος αυτός που παρουσίασε ο εμπνευστής του το 2001, σχετίζεται με το πρόβλημα της σύνθεσης των προτιμήσεων πολλαπλών πρακτόρων για ένα σύνολο πιθανών εναλλακτικών. Το μόνο που απαιτείται είναι η κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών όπως δίνεται από κάθε αποφασίζοντα. Δηλαδή, μια εναλλακτική Α προτιμάται έναντι της Β. Με αυτή την ελάχιστη πληροφόρηση δύναται να δημιουργηθεί μια ομάδα, η οποία θα έχει την ομόφωνη κατάταξη των εναλλακτικών.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο στον αλγόριθμο αυτό αποτελεί η εμφάνιση της διαφορετικής σημαντικότητας μεταξύ των πρακτόρων. Η σύνθεση των προτιμήσεων θα πρέπει επίσης να λάβει υπόψη τη σημαντικότητα των πρακτόρων που μπορεί να μην είναι ίδια για όλους τους πράκτορες αναφέρει ο Fiorenzo Franceschini και οι συνεργάτες του το 2016. Αυτοί λοιπόν σημειώνουν ότι η βιβλιογραφία περιλαμβάνει μια ποικιλία τεχνικών σύνθεσης οι οποίες είναι σχετικά εναλλάξιμες μεταξύ των πεδίων εφαρμογής. Παρά την ποικιλία αυτή, μπορούν γενικά να χωριστούν σε μεθόδους όπου α) όλοι οι πράκτορες έχουν την ίδια σημασία και β) σε μεθόδους στις οποίες οι πράκτορες έχουν αναγνωρισμένες ικανότητες και ιδιότητες ή / και προνομιακές θέσεις εξουσίας, εκπροσωπούμενες από βάρη. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτά είναι καλά ορισμένα σε άλλες όχι.

Ο αλγόριθμος Yager ακολουθεί τα ακόλουθα βήματα:

- Κατασκευή και αναδιοργάνωση των διανυσμάτων προτίμησης.
- Καθορισμός της σειράς ανάγνωσης.
- Κατασκευή της ενιαίας συναινετικής διάταξης.

Ο ίδιος ο δημιουργός του αλγορίθμου το 2001 αναφέρει: «...καμία κοινή κλίμακα, ούτε αριθμητική, ούτε γλωσσική ή ομαδική, δεν είναι απαραίτητη για την αλληλεπίδραση των πρακτόρων για να βαθμολογήσουν τις διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις».

Ο Yager υποστηρίζει πως η λειτουργία αυτού του αλγορίθμου μπορεί να εξηγηθεί πολύ απλά. Αρχίζουμε με τη λιγότερο προτιμώμενη λύση από το διάνυσμα προτίμησης του πιο σημαντικού πράκτορα και τοποθετείται στο κάτω μέρος του προς δημιουργία διανύσματος που θα εκφράζει τη συνολική προτίμηση. Στη συνέχεια, γίνεται μετάβαση στο διάνυσμα προτιμήσεων του δεύτερου πιο σημαντικού πράκτορα, εάν το λιγότερο προτιμώμενο στοιχείο του δεν έχει ήδη τοποθετηθεί στο συλλογικό διάνυσμα τοποθετείται αυτό στην επόμενη χαμηλότερη θέση (από την στην κορυφή του P που αποτελεί το τελικό συγχωνευτικό διάνυσμα προτιμήσεων), εάν έχει ήδη τοποθετηθεί στο P αυτή η τοποθέτηση παραλείπεται. Στη συνέχεια ο αλγόριθμος στοχεύει στον τρίτο πιο σημαντικό πράκτορα... και συνεχίζει με αυτόν τον τρόπο μέσω όλων των διανυσμάτων προτίμησης όλων των πρακτόρων. Εάν όλες οι εναλλακτικές λύσεις δεν έχουν απορριφθεί σε αυτό το πέραςμα, στη συνέχεια γίνεται μια νέα διέλευση μέσω των διανυσμάτων προτίμησης χρησιμοποιώντας τη δεύτερη λιγότερο

προτιμώμενη λύση από κάθε πράκτορα. Τα περάσματα και οι αναβάσεις στα διανύσματα προτιμήσεων συνεχίζονται μέχρι ο αλγόριθμος να τοποθετήσει όλα τα στοιχεία στο διάνυσμα P.

Ο αλγόριθμος του Yager (2001) είναι ο ακόλουθος:

Πίνακας 7. Τα βήματα του αλγορίθμου Yager (Φωτεινή Καλαφάτη, 2017).

Βήμα 1ο	Δημιουργείται το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών $S=X$
Βήμα 2ο	Αρχικοποιείται η λίστα της κοινής διάταξης προτίμησης P: $P = \emptyset$
Βήμα 3ο	Τίθεται: $k=1$ , $i = j$ και $j = n$
Βήμα 4ο	Πραγματοποιείται η εύρεση του $u$ τέτοιο ώστε να ισχύει $L(k) = Du$ . Δηλαδή γίνεται η κατάταξη των αποφασιζόντων και εντοπίζεται εκείνος, ο οποίος βρίσκεται στην ισχυρότερη θέση της λίστας L. Ξεκινάει η μελέτη των αποφασιζόντων από τον πιο ισχυρό και συνεχίζει με τους υπόλοιπους κατά σειρά.
Βήμα 5ο	Γίνεται ανάκτηση της $Pu(i)$ . Δηλαδή, ξεκινάει από την εύρεση της λιγότερο προτιμώμενης εναλλακτικής του πιο σημαντικού αποφασίζοντα.
Βήμα 6ο	Αν $Pu(i) \in S$ τότε πήγαινε στο Βήμα 9. Στο παρόν σημείο του αλγορίθμου ελέγχεται αν η εναλλακτική, η οποία μελετάται υπάρχει ήδη στη λίστα.
Βήμα 7ο	Αν $Pu(i) \in S$ τότε: 1. $P(j) = Pu(i)$ 2. $j = j - 1$ 3. Διαγράφεται η εναλλακτική $Pu(i)$ από το σύνολο S. Τοποθετείται η $Pu(i)$ στη θέση j της λίστας P.
Βήμα 8ο	Αν $j = 0$ τότε περατώνει ο αλγόριθμος.
Βήμα 9ο	Αν $k \neq m$ τότε $k = k + 1$ . Στο παρόν σημείο ελέγχεται ο αριθμός των αποφασιζόντων. Αν $k = m$ τότε $k=1$ και $i = i-1$ . Τελευταίος αποφασίζων.
Βήμα 10ο	Πήγαινε στο Βήμα 4.

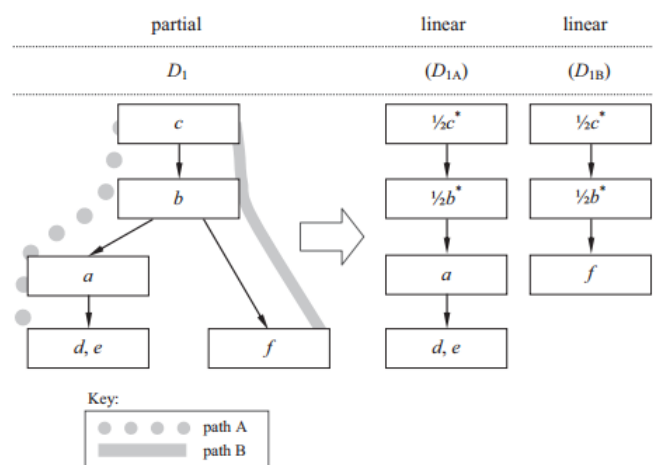
## 8.2 Ο Γενικευμένος Αλγόριθμος Yager.

Όμως υπάρχουν και ερευνητές που ενώ βρίσκουν απλό και πρακτικό τον παραπάνω αλγόριθμο προβάλλουν αντιρρήσεις και πιστεύουν πως θα πρέπει να ενισχυθεί σημαντικά προκειμένου να ξεπεραστούν οι περιορισμοί του προκειμένου να προσαρμόζεται σε ένα ευρύτερο φάσμα πρακτικών πλαισίων. Οι Fiorenzo Franceschini et al. (2016) αναφέρουν ότι ο αλγόριθμος από τον Yager είναι απλός και αυτοματοποιήσιμος, αλλά υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι μπορεί να περιορίσουν το εύρος εφαρμογής του. Για την εφαρμογή του αλγορίθμου οι κατατάξεις προτιμήσεων δεν θα πρέπει να περιλαμβάνουν εναλλακτικές που δεν μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους και δεν προβλέπεται η διαχείριση κατατάξεων



προτίμησης από τις οποίες παραλείπονται εναλλακτικές λύσεις καθώς επίσης δεν μπορεί να διαχειριστεί ισοδυναμία πρακτόρων και η συλλογική τελική κατάταξη μπορεί τελικά μερικές φορές να μην αντικατοπτρίζει την πλειοψηφία των κατατάξεων προτίμησης των πρακτόρων. Οι εν λόγω ερευνητές παρουσιάζουν μια γενικευμένη έκδοση του αλγορίθμου από τον Yager, που ξεπερνά τους πιο πάνω περιορισμούς και, γενικά, προσαρμόζεται σε λιγότερο αυστηρά δεδομένα εισόδου. Όταν οι παραγγελίες προτιμήσεων περιέχουν εναλλακτικές λύσεις που δεν μπορούν να συγκριθούν, η κατασκευή των διανυσμάτων προτιμήσεων είναι πιο περίπλοκη για τον αλγόριθμο του Yager.

Οι παραπάνω μελετητές υποστηρίζουν πως πριν την εφαρμογή του νέου αλγορίθμου χρειάζονται κάποιες αναπροσαρμογές. Σε πρώτη φάση πρέπει να μετατραπεί κάθε κατάταξη προτίμησης που είναι μερική (partial ordering) να μετατραπεί σε ένα σύνολο γραμμικών υποδιατάξεων (linear ordering). Έτσι τα διανύσματα των προτιμήσεων μετατρέπονται σε «αναδιοργανωμένα διανύσματα» (Fiorenzo Franceschini et al., 2016). Μία partial διάταξη και οι αναδιοργανωμένες υποδιατάξεις φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 9. Μετατροπή μιας μερικής διάταξης σε γραμμικές διατάξεις (Fiorenzo Franceschini et al., 2016).

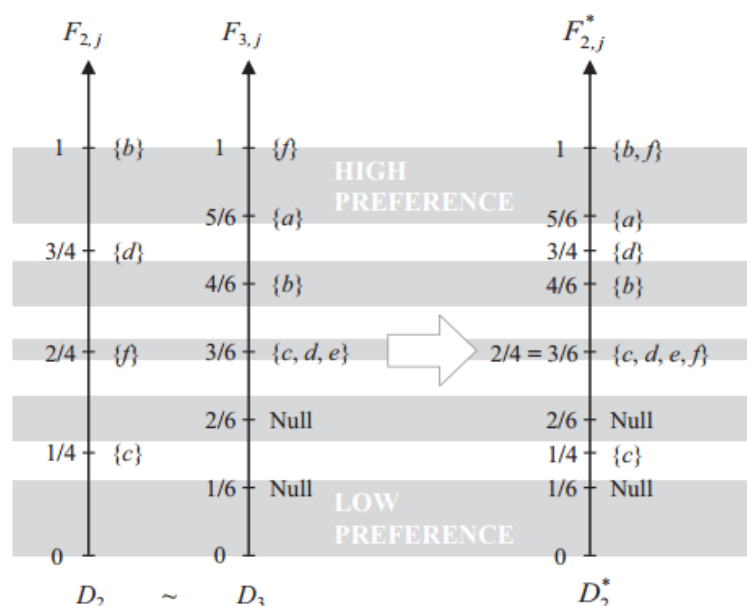
Στην περίπτωση αυτή ο πράκτορας  $D_1$  δεν είναι σε θέση να συγκρίνει όλες τις εναλλακτικές μεταξύ τους για δικούς του λόγους. Είναι σίγουρος ότι  $c > b > a > \{d \sim e\}$  και ότι  $c > b > f$ . Δεν μπορεί όμως να συγκρίνει τις  $a, d, e$  με την  $f$ . Όπως φαίνεται λοιπόν στο παραπάνω σχήμα ορίζεται ο αριθμός των μονοπατιών που δημιουργούνται για να γίνει η παραγωγή των υποδιανυσμάτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα δύο μονοπάτια δίνουν δύο υποδιανύσματα προκειμένου να γίνει η διαχείριση των της διχοτόμησης της διαδρομής. Οι εναλλακτικές που είναι κοινές και στα δύο μονοπάτια παίρνουν σε κάθε μονοπάτι τον συντελεστή  $\frac{1}{2}$ . Μετά από αυτό, για κάθε διάνυσμα και υποδιάνυσμα προτιμήσεων συγκεντρώνονται διάφορα στοιχεία που φαίνονται στον επόμενο πίνακα για το τρέχον παράδειγμα.

Πίνακας 8. Συλλογή στοιχείων για τις γραμμικές διατάξεις (Fiorenzo Franceschini et al., 2016).

	$D_{1A}$			$D_{1B}$			$D_2$			$D_3$			$D_4$		
Orderings	$c > b > a > (d \sim e)$			$c > b > f$			$b > d > f > c$			$f > a > b > (c \sim d \sim e)$			$a > b > c > d > e$		
No. of alternatives ( $n_i$ )	5			3			4			6			5		
Omitted alternative (s)	{f}			{a, d, e}			{a, e}			Null			{f}		
Preference vectors	$j$	$F_{1A,j}$	Elem.	$j$	$F_{1B,j}$	Elem.	$j$	$F_{2,j}$	Elem.	$j$	$F_{3,j}$	Elem.	$j$	$F_{4,j}$	Elem.
	5	5/5 = 1.00	{½c}	3	3/3 = 1.00	{½c}	4	4/4 = 1.00	{b}	6	6/6 = 1.00	{f}	5	5/5 = 1.00	{a}
	4	4/5 = 0.80	{½b}	2	2/3 = 0.67	{½b}	3	3/4 = 0.75	{d}	5	5/6 = 0.83	{a}	4	4/5 = 0.80	{b}
	3	3/5 = 0.60	{a}	1	1/3 = 0.33	{f}	2	2/4 = 0.50	{f}	4	4/6 = 0.67	{b}	3	3/5 = 0.60	{c}
	2	2/5 = 0.40	{d, e}				1	1/4 = 0.25	{c}	3	3/6 = 0.50	{c, d, e}	2	2/5 = 0.40	{d}
	1	1/5 = 0.20	Null							2	2/6 = 0.33	Null	1	1/5 = 0.20	{e}
										1	1/6 = 0.17	Null			

Για παράδειγμα για το  $D_{1A}$  φαίνονται τα πέντε στοιχεία του διανύσματος στη στήλη Elem.. Στο διάνυσμα όταν υπάρχουν δύο ή περισσότερα στοιχεία που δεν μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους στα παρακάτω σκαλιά μπαίνει η σημείωση Null (μηδενικό), για κάθε επιπλέον στοιχείο και ένα μηδενικό στις παρακάτω θέσεις. Σημειώνεται ακόμα ο αριθμός των περιεχόμενων στο διάνυσμα προτιμήσεων των εναλλακτικών, συμπληρώνονται και οι παραλειπόμενες εναλλακτικές. Υπάρχει και δείκτης  $j$  που αριθμεί τις θέσεις που κατατάσσονται τα στοιχεία από τα λιγότερο προτιμώμενα μέχρι τα περισσότερα προτιμώμενα. Σημειώνεται δε και ένας αριθμός για κάθε θέση ο  $F_{1A,j}$  (συσσωρευτική σχετική συχνότητα, cumulative relative frequency) που υπολογίζεται διαιρώντας τον δείκτη  $j$  με το πλήθος των θέσεων της κατάταξης.

Σε επόμενο βήμα ενοποιούνται σε νέα διανύσματα όπως φαίνονται στο επόμενο σχήμα οι προτιμήσεις των πρακτόρων που έχουν ίδια σημαντικότητα καθώς επίσης και οι υποδιατάξεις ενός πράκτορα σε μία ενιαία. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πώς ενοποιούνται οι πράκτορες  $D_2$  και  $D_3$  στον ενιαίο πράκτορα  $D_2^*$ . Οι συσσωρευτικές συχνότητες  $F_{2,j}$  και  $F_{3,j}$  βοηθούν δραστικά στην ενοποίηση.



Εικόνα 10. Ενοποίηση ισοδύναμων πρακτόρων (Fiorenzo Franceschini et al., 2016)

Σε ένα νέο πίνακα φαίνονται πια οι ενιαίες κατατάξεις προτίμησης οι οποίες θα αποτελέσουν την είσοδο για τον νέο αλγόριθμο. Οι πράκτορες τίθενται ξεκινώντας από τον πιο σημαντικό. Διακρίνονται επίσης και οι νέες συσσωρευτικές διατάξεις καθώς και ένας δείκτης  $S$  ο οποίος υποδηλώνει και τα βήματα του αλγορίθμου κάθε φορά. Ο δείκτης αυτός είναι  $S=1$  για την τελευταία θέση του πιο σημαντικού πράκτορα. Ο συντελεστής αυτός αυξάνεται και γίνεται  $S=2$  για την τελευταία θέση του αμέσως πιο σημαντικού πράκτορα από τον πρώτο εφόσον η συσσωρευτική συχνότητα της θέσης αυτής είναι μικρότερη από αυτής της τελευταίας θέσης του πρώτου. Πηγαίνοντας στην επόμενη θέση του δεύτερου πράκτορα και μετά στην τελευταία θέση του επόμενου πράκτορα βλέπουμε τη συχνότητα να είναι μεγαλύτερη από αυτή της τελευταίας θέσης του δεύτερου πράκτορα οπότε δεν μπορούμε να βάλουμε εκεί  $S=3$  σε καμία περίπτωση. Πρέπει να έρθουμε πάλι στη θέση του πρώτου πράκτορα και να θέσουμε στην προτελευταία θέση  $S=3$ . Έτσι, συνεχίζουμε για να βάλουμε σε όλες τις θέσεις όλων των πρακτόρων τον δείκτη  $S$  κάνοντας πάντα τη σύγκριση των συχνοτήτων των θέσεων. Το  $S$  αυξάνεται μόνο όταν η επόμενη τελευταία διαθέσιμη θέση του ίδιου ή του επόμενου πράκτορα έχει μικρότερη συχνότητα.

Πίνακας 9. Οι νέες διατάξεις των αναγεννημένων πρακτόρων (Fiorenzo Franceschini et al., 2016).

$D_1^* (D_4)$			$D_2^* (D_2 \sim D_3)$			$D_3^* (D_{1A} \sim D_{1B})$		
$F_{1,j}^*$	$S$	Elem.	$F_{2,j}^*$	$S$	Elem.	$F_{3,j}^*$	$S$	Elem.
1.00	16	{a}	1.00	18	{b, f}	1.00	20	{c}
0.80	11	{b}	0.83	17	{a}	0.80	19	{½b}
0.60	8	{c}	0.75	13	{d}	0.67	15	{½b}
0.40	3	{d}	0.67	12	{b}	0.60	14	{a}
0.20	1	{e}	0.50	9	{c, d, e, f}	0.40	10	{d, e}
			0.33	5	Null	0.33	7	{f}
			0.25	4	{c}	0.20	6	Null
			0.17	2	Null			

Ένας άλλος πίνακας που πρέπει να κατασκευαστεί είναι αυτός των κατωφλίων (thresholds). Πρόκειται για έναν αριθμό για κάθε εναλλακτική. Στο παράδειγμα που αναφέρουν οι Fiorenzo Franceschini et al. (2016) τα κατώφλια υπολογίζονται εάν πολλαπλασιάσουμε τη συχνότητα παρουσίας του στοιχείου στις κατατάξεις των προτιμήσεων με τον συντελεστή 0,5 (συμβατικό ποσοστό, conventional percentage). Για παράδειγμα το κατώφλι για την εναλλακτική  $a$  που παρουσιάζεται τρεις φορές είναι  $3 \times 0,5 = 1,5$ .

Πίνακας 10. Ορισμός κατωφλίων για τις εναλλακτικές (Fiorenzo Franceschini et al., 2016).

Alternatives	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
Total no. of occurrences $O_k^{TOT}$	3	4	4	4	3	3
$T_{k,50\text{ percent}}$	1.5	2	2	2	1.5	1.5

Μετά από όλες αυτές τις μετατροπές οι Fiorenzo Franceschini et al. δημιουργούν ένα αλγόριθμο που σέβεται τον αλγόριθμο του Yager (2001) και χρησιμοποιώντας τα αναγεννημένα στοιχεία καταλήγει στην τελική κατάταξη όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 11. Τελικός πίνακας εξαγωγής της τελικής κατάταξης (Fiorenzo Franceschini et al., 2016).

Step (S)	A	Vector read	Selectable alternative (s)	Occurrences ( $O_k$ )						Residual alternatives	Gradual ordering
				a	b	c	d	e	f		
0	-	-	Null	-	-	-	-	-	-	{a, b, c, d, e, f}	Null
1	Null	1	{e}	0	0	0	0	1	0	{a, b, c, d, e, f}	Null
2	{2}	2	Null	0	0	0	0	1	0	{a, b, c, d, e, f}	Null
3	Null	1	{d}	0	0	0	1	1	0	{a, b, c, d, e, f}	Null
4	{2}	2	{c}	0	0	1	1	1	0	{a, b, c, d, e, f}	Null
5	{2, 3}	2	Null	0	0	1	1	1	0	{a, b, c, d, e, f}	Null
6	{3}	3	Null	0	0	1	1	1	0	{a, b, c, d, e, f}	Null
7	{3}	3	{f}	0	0	1	1	1	1	{a, b, c, d, e, f}	Null
8	Null	1	{c}	0	0	2	1	1	1	{a, b, d, e, f}	c
9	{2}	2	{c, d, e, f}	0	0	3	2	2	2	{a, b}	$(d \sim e \sim f) > c$
10	{3}	3	{d, e}	0	0	3	3	3	2	{a, b}	$(d \sim e \sim f) > c$
11	Null	1	{b}	0	1	3	3	3	2	{a, b}	$(d \sim e \sim f) > c$
12	{2}	2	{b}	0	2	3	3	3	2	{a}	$b > (d \sim e \sim f) > c$
13	{2, 3}	2	{d}	0	2	3	4	3	2	{a}	$b > (d \sim e \sim f) > c$
14	{3}	3	{a}	1	2	3	3	3	2	{a}	$b > (d \sim e \sim f) > c$
15	{3}	3	$\{ \frac{1}{2}b \}$	1	2.5	3	3	3	2	{a}	$b > (d \sim e \sim f) > c$
16	Null	1	{a}	2	2.5	3	3	3	2	Null	$a > b > (d \sim e \sim f) > c$
End	-	-	Null	-	-	-	-	-	-	-	-

Στην πρώτη στήλη φαίνεται ο αριθμός του βήματος. Σε κάθε βήμα ο αλγόριθμος επεξεργάζεται το στοιχείο ή τα στοιχεία της θέσης της κατάταξης του πράκτορα που αντιστοιχεί ο δείκτης S (Πίνακας 6). Για να δούμε πώς λειτουργεί ο αλγόριθμος, ας εξετάσουμε το 1<sup>ο</sup> βήμα. Πηγαίνουμε στη θέση από τον Πίνακα 8 που βρίσκεται το S=1. Εκεί βρίσκεται μόνο το στοιχείο e που μοριοδοτείται με ένα βαθμό έναντι των άλλων. Δεν μπαίνει όμως στο τελικό διάνυσμα της σύνθεσης των προτιμήσεων ακόμη γιατί δεν έχει περάσει το αντίστοιχο κατώφλι του που είναι 1,5 (Πίνακας 7). Στο δεύτερο βήμα δεν αντιστοιχεί στοιχείο για να πάρει μόριο ενώ στο τρίτο βήμα συναντούμε το στοιχείο d που παίρνει ένα μόριο. Στο 8<sup>ο</sup> βήμα βλέπουμε το στοιχείο c να έχει 2 μόρια που περνά το αντίστοιχο κατώφλι του και μπαίνει στην τελευταία θέση της ενιαίας κατάταξης. Με αυτόν τον τρόπο συνεχίζεται η διαδικασία που με την εκτέλεση και του τελευταίου βήματος ολοκληρώνεται και η συμπλήρωση του διανύσματος της ενοποιημένης κατάταξης.

## 9. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης έχουν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Σύμφωνα με τους Behnam Vahdani et al. (2011) οι μέθοδοι MCDM είναι σε θέση να ανακτήσουν λύσεις για ένα ευρύ φάσμα κοινωνικών, οικονομικών προβλημάτων, προβλημάτων που σχετίζονται με τη μηχανική και τη διαχείριση. Κοιτάζοντας τους προηγούμενους πίνακες καταλαβαίνουμε τα θέματα που κυριαρχούν στη βιβλιογραφία αφορούν σε προβλήματα λήψης απόφασης για διάφορες επενδύσεις και ακολουθούν εκείνα

που αφορούν σε επιλογή προμηθευτών για την ενίσχυση εφοδιαστικών αλυσίδων καθώς και εκείνα που σχετίζονται με αξιολογήσεις και επιλογή προσωπικού (καθηγητών πανεπιστημίου κ.α.). Επίσης αρκετές είναι οι μελέτες που αναζητούν τον κατάλληλο χώρο για τοποθέτηση διαφόρων εγκαταστάσεων (Ann Davey and David Olson, 1998).

Στο πρώτο στάδιο, υπάρχει ένα περιβάλλον με πολλά κριτήρια (MCDM) και εφαρμόζεται μια μεθοδολογία AHP εντός κάθε υποομάδας (sub-group, ή αλλιώς IG=individual group) για να καθορίσει τις cardinal προτιμήσεις για μια δεδομένη δέσμη σχεδίων διαχείρισης (εναλλακτικών). Στο δεύτερο στάδιο, δύο επιλογές προτείνονται για τη σύνθεση των αποτελεσμάτων της AHP που ελήφθησαν από τις υποομάδες. Ο πρώτος είναι η συνέχεια μέσα σε ένα MCDM πλαίσιο και με τη βοήθεια των μαθηματικών να γίνει η σύνθεση των βαρών προτεραιοτήτων που ελήφθησαν από τις IG. Η σύνθεση των προτεραιοτήτων μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη χρήση της μεθόδου της μέσης τιμής ή με τον γεωμετρικό μέσο όρο. Εάν χρησιμοποιείται η πρότυπη AHP (SAHP=Standart AHP), μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος της μέσης τιμής ή του γεωμετρικού μέσου όρου. Ωστόσο, εάν χρησιμοποιείται η πολλαπλασιαστική AHP (MAHP=Multiplicative AHP), μόνο με τη χρήση του γεωμετρικού μέσου όρου βγαίνει νόημα. Η δεύτερη επιλογή είναι να αλλάξει το πλαίσιο και να γίνει η σύνθεση με τις μεθόδους της Κοινωνικής Επιλογής (Social Choice). Χρησιμοποιώντας ως είσοδο τις προτιμήσεις που επιτυγχάνει η AHP από την κάθε υποομάδα, χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι ψηφοφορίας για να προσομοιώσουν την εκλογή των υποψηφίων σχεδίων και να δηλώσουν το επικρατέστερο. Ο κανόνας του Borda λειτουργεί ως εξής: Έστω ότι έχουμε  $N$  εναλλακτικές. Οι αποφασίζοντες, εκχωρούν  $N-1, N-2, \dots, 0$  βαθμούς στον πρώτο σε κατάταξη, δεύτερο σε κατάταξη, ... και τελευταίο σε κατάταξη αντίστοιχα. Οι πόντοι των εναλλακτικών αθροίζονται και επιλέγεται αυτή με τον μεγαλύτερο αριθμό πόντων. Η πεποίθηση του μελετητή είναι ότι η δεύτερη προσέγγιση είναι καλύτερη αφού παρουσιάζει δυναμικότητα και ευελιξία (Bojan Srdjevic, 2007).

Πρώτα η AHP εξάγει τα βάρη των κριτηρίων για να μπορεί η TOPSIS να δώσει την ατομική κατάταξη. Κατόπιν ο κανόνας του Borda εξάγει την τελική κατάταξη. Η όλη διεργασία γίνεται σε συνεργασία με ένα σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας (GIS) (Jacek Malczewski, 1996).

Για τη λήψη της ομαδικής απόφασης, προβάλλει έναν αλγόριθμο τον οποίο προβάλλουν και άλλοι ερευνητές στα μετέπειτα χρόνια (Soroush Saghafian and S.Reza Hejazi, 2005). Ο αλγόριθμος αυτός αποτελείται από εννιά βήματα. Αφού γίνει ο σχηματισμός της ομάδας αποφασίζόντων και ο προσδιορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης, γίνεται η επιλογή των κατάλληλων γλωσσικών μεταβλητών για τα βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων και των γλωσσικών αξιολογήσεων, για την απόδοση των εναλλακτικών λύσεων σε σχέση με τα

κριτήρια. Στη συνέχεια γίνεται η σύνθεση των επί μέρους βαρών των κριτηρίων για τον υπολογισμό του ασαφούς βάρους του κάθε κριτηρίου και η συγκέντρωση των απόψεων των υπευθύνων λήψης αποφάσεων για τον υπολογισμό της συνολικής ασαφούς βαθμολογίας/απόδοσης της κάθε εναλλακτικής βάσει του καθενός κριτηρίου χωριστά. Μετά, γίνεται η κατασκευή της ασαφούς μήτρας απόφασης και της κανονικοποιημένης ασαφούς μήτρας απόφασης καθώς και του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα ασαφούς απόφασης. Ακολουθεί ο προσδιορισμός των FPIS (fuzzy positive ideal solution) και FNIS (fuzzy positive ideal solution) και ο υπολογισμός της απόστασης κάθε εναλλακτικής από τα FPIS και FNIS, αντίστοιχα. Στο τέλος υπολογίζεται ο συντελεστής προσέγγισης κάθε εναλλακτικής και καθορίζεται η κατάταξη όλων των εναλλακτικών επιλογών σύμφωνα με αυτόν τον συντελεστή. Εντοπίζουν την ιδανική λύση και την αντιδιαμετρική της αρνητική εύκολα με τις λειτουργίες που προτείνουν (Chen-Tung Chen, 2000).

### 9.1. ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ.

Οι Tuvng Bui and Matthias Jarke το 1984 αναφέρουν το **παράδειγμα επιλογής μιας μηχανής** κοπής για μια επιχείρηση επεξεργασίας ξύλου. Ένα εντυπωσιακό παράδειγμα παρουσιάζουν οι Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang το 2009 για την **επιλογή ενός αεροσκάφους**. Χαρακτηριστική είναι η ομαδοποίηση των κριτηρίων στα υπερκριτήρια (super-criteria), τεχνολογική πρόοδος, κοινωνική ευθύνη και οικονομική αποδοτικότητα. Οι Malcolm J. Beynon το (2005) συμβάλλουν στην **επιλογή εγχειριδίου** για ένα πανεπιστήμιο με κριτήρια την τιμή, την ποιότητα και το βάθος των περιγραφών των θεμάτων καθώς και την ποσότητα των παραδειγμάτων και των ασκήσεων που θα περιέχει.

Το 2002 οι Ibrahim Cil et al. αναφέρουν ένα παράδειγμα όπου μια υποθετική εταιρεία προσπαθεί να επιλέξει ένα **σύστημα διαχείρισης πόρων** (enterprise resource planning system ή ERP system). Ο Oliver Meixner (2009) προσπαθεί να αξιολογήσει **ενεργειακές πηγές**.

Οι Noel Bryson and Anito Joseph. (1999) προτείνουν την πολυκριτήρια ανάλυση για την επιλογή συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων με κριτήρια το κόστος, τη λειτουργικότητα, την ευχρηστία, την αξιοπιστία και την τεχνική υποστήριξη από τον προμηθευτή. Το 2002 δημοσιεύεται η μελέτη των Vincent S. Lai et al. που κάνουν επιλογή **λογισμικού**. Η μελέτη αυτή προβάλλει το διάγραμμα του μοντέλου δομημένο σε τέσσερα επίπεδα. Ο Basar Oztaysi (2015) προβάλλει ένα σχετικό παράδειγμα για εταιρεία παραγωγής ενδυμάτων για χώρους εργασίας με πολλά καταστήματα και σε ευρωπαϊκές χώρες με τη δική της παραγωγή αλλά και αναθέσεις σε εξωτερικούς συνεργάτες. Εξετάζεται η συμβολή της πολυκριτήριας ανάλυσης στην επιλογή ενός **πληροφοριακού συστήματος** για τον καλύτερο



προγραμματισμό παραγωγής των ενδυμάτων. Στις εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνονται διάφοροι τύποι τέτοιων συστημάτων καθώς και η εναλλακτική «καμία επένδυση».

Οι Ann Davey and David Olson (1998) αναζητούν την καταλληλότερη **τραπεζική επένδυση** για την μεγιστοποίηση των κερδών, την ελαχιστοποίηση του κινδύνου και την ελαχιστοποίηση ενός μέτρου που αντανακλά την ανεπάρκεια κεφαλαίου. Οι Luis C. Dias and Joao N. Climaco (2000) **κατηγοριοποιούν** υποψήφιες ενέργειες για λογαριασμό μιας εταιρείας σε ομάδες κινδύνου ανάλογα με το ρίσκο που φέρουν (κακιά, ουδέτερη, καλή, πολύ καλή) διαμέσου πέντε διαστάσεων (κριτηρίων). Οι διαστάσεις αυτές είναι: οικονομική (περιουσιακά στοιχεία, υποχρεώσεις, κλπ.), ιστορική (πιστωτικά περιστατικά, φήμη κλπ.), μακροοικονομική (περιοχή, τομέας δραστηριότητας κ.λπ.), διαχειριστική (προσόντα, δέσμευση κ.λπ.), και ευκαιριών και απειλών (ανταγωνιστές, εξέλιξη της αγοράς κ.λπ.). Οι Peide Liu and Fang Jin (2012) εξετάζουν μια εταιρεία επενδύσεων που θέλει να επενδύσει ένα χρηματικό ποσό στην καλύτερη επιλογή μεταξύ τεσσάρων: **μια εταιρεία αυτοκινήτων, μια εταιρεία πληροφορικής, μια εταιρεία τηλεόρασης και μια εταιρεία τροφίμων**. Τα κριτήρια είναι οι δείκτες: κινδύνου, ανάπτυξης, κοινωνικοπολιτικών επιπτώσεων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι τέσσερις πιθανές εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται από τρεις φορείς λήψης αποφάσεων ο καθένας με διαφορετική σημαντικότητα. Σε δύο μελέτες ακόμα παρουσιάζεται **το παράδειγμα της εταιρείας επενδύσεων** που θέλει να τοποθετήσει χρήματα σε μία επιχείρηση αυτοκινήτων, ή τροφίμων, ή υπολογιστών, ή όπλων ή τηλεοπτική εταιρία. Κάθε εταιρεία θα αξιολογηθεί με τα κριτήρια: οικονομικό όφελος, κοινωνικό όφελος και περιβαλλοντική ρύπανση. Τα δύο πρώτα θεωρούνται κριτήρια οφέλους και το τρίτο κριτήριο κόστους (Chia-Chang Hung and Liang-Hsuan Chen., 2009; Chunqiao Tan, 2011). Οι Shide Sadat Hashemi et al. (2016) προβαίνουν στην αξιολόγηση επενδύσεων. Άλλες μελέτες σχετικές μελέτες με εφαρμογές επενδύσεων είναι αυτές των Jian-qiang Wang et al. (2013), των Wang Jian-qiang et al. (2014) και των Jian-qiang Wang et al. (2015).

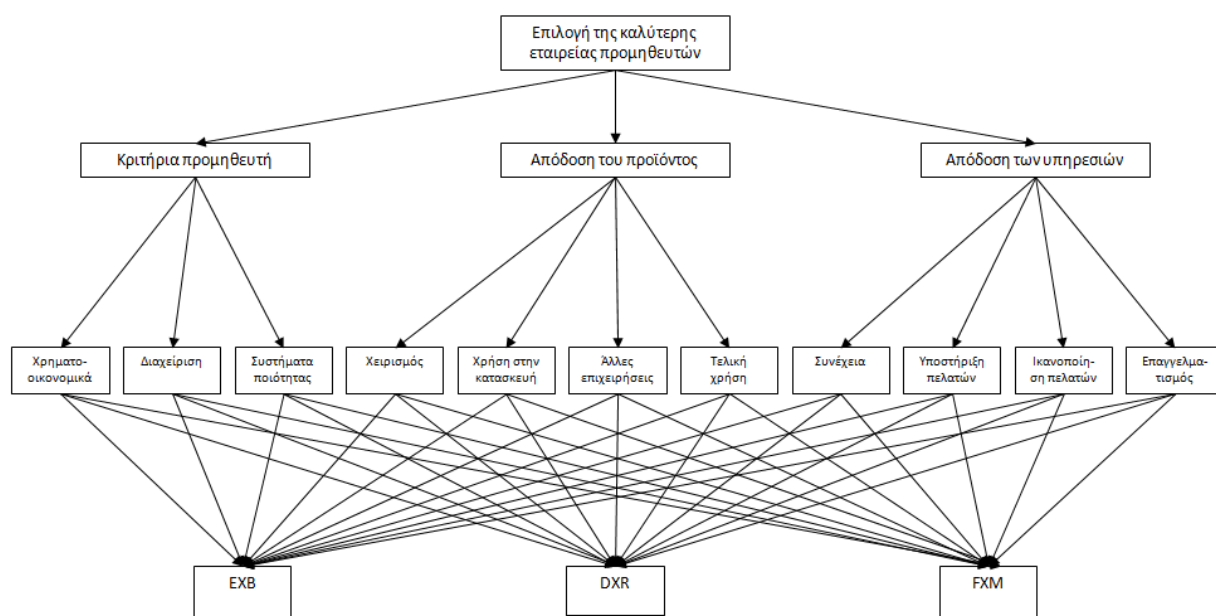
Μια άλλη ενδιαφέρουσα μελέτη είναι αυτή των Olivier Cailloux et al. (2012) προβάλλουν μια εφαρμογή όπου ένα κυβερνητικό συμβούλιο έχει την ευθύνη για να επιλέξει ποιο **ερευνητικό σχέδιο** θα χρηματοδοτηθεί από έναν κατάλογο με ερευνητικές προτάσεις. Αυτό το συμβούλιο θέλει να καθιερώσει μια συστηματική διαδικασία για να διαχωρήσει τις ερευνητικές προτάσεις σε τρεις κατηγορίες: στα έργα που εξετάζονται και θεωρούνται πολύ καλά και θα πρέπει να χρηματοδοτηθούν, στα έργα που είναι καλά και πρέπει να χρηματοδοτηθούν εάν μπορεί να βρεθεί συμπληρωματικός προϋπολογισμός και στα σχέδια που είναι χαμηλής ποιότητας και δεν πρέπει να χρηματοδοτούνται. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και η εφαρμογή των Behnam Vahdani et al. (2013) που μελετά μια εταιρεία που κατασκευάζει εξαρτήματα τρακτέρ και θέλει να ανανεώσει το **σύστημα παραγωγής**. Για να

παράγει μια ομάδα προϊόντων, η εταιρεία αυτή θα πρέπει να αξιολογήσει και να επιλέξει το καταλληλότερο μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών ευέλικτων συστημάτων παραγωγής. Την ίδια χρονιά οι Behnam Vahdani et al. κάνουν χρήση της μεθόδου για την **επιλογή ενός ρομπότ** μέσω των κριτηρίων: διεπαφή ανθρώπου-μηχανής, κόστος αγοράς, ευελιξία προγραμματισμού, δυνατότητα φόρτισης, σύμβαση παροχής υπηρεσιών με τον πωλητή και ακρίβεια τοποθέτησης.

Οι Xiaojun Yang et al. δε το 2013 προβάλλουν ένα πιο συνηθισμένο **παράδειγμα αυτό της αγοράς σπιτιού** από οικογένεια. Πρώτα η οικογένεια επιθυμεί να ταξινομήσει σε σειρά προτίμησης τρεις υποψήφιες κατοικίες και στη συνέχεια αποφασίζει ποια θα αγοράσει με τα ακόλουθα κριτήρια: οικονομία, βολικότητα, μέγεθος και ποιότητα.

## 9.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ.

Η επιλογή του προμηθευτή αποτελεί θεμελιώδες ζήτημα της εφοδιαστικής αλυσίδας που συμβάλλει σημαντικά στη συνολική απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού. Είναι ένα δύσκολο πρόβλημα δεδομένου ότι η επιλογή προμηθευτή είναι συνήθως ένα πρόβλημα πολυκριτηριακής ομαδικής απόφασης σημειώνει ο Mohammad Izadikhah (2012). Οι C. Muralidharan et al. (2002) προβαίνουν στην αξιολόγηση προμηθευτών για μια **κατασκευαστική εταιρεία ποδηλάτων** ενώ το 2003 οι Cengiz Kahraman et. al. συγκρίνουν προμηθευτικές εταιρείες για την κατασκευή αντλιών εισπνοών (Τουρκία). Όλο το πρόβλημα περιγράφεται αρκετά καλά στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 11: Επιλογή προμηθευτή (Cengiz Kahraman et al., 2003).

Οι Fatih Emre Boran et al. (2009) προβάλλουν την εφαρμογή της επιλογής προμηθευτών, προκειμένου να εφοδιάσουν τη διαδικασία κατασκευής με ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία μιας αυτοκινητοβιομηχανίας. Οι Junyi Chai and James N.K.Liu (2010) αναφέρουν το παράδειγμα μιας εταιρείας που επιθυμεί να επιλέξει συνεργάτιδα εταιρεία για την αλυσίδα εφοδιασμού μεταξύ πέντε εναλλακτικών εταιρειών που εξετάζονται σύμφωνα με τέσσερα κριτήρια: οικονομική κατάσταση, τεχνολογική απόδοση, διαχείριση επιδόσεων, απόδοση υπηρεσίας. Οι τρεις εμπειρογνώμονες της αλυσίδας εφοδιασμού αξιολογούν τις εναλλακτικές εταιρείες με τη χρήση ασαφούς φυσικής γλώσσας.

Οι Shanian et al. (2008) χρησιμοποιούν την πολυκριτήρια ανάλυση για την επιλογή υλικού στην κάλυψη αγωγού που φορτίζεται αλλά και θερμαίνεται αλλά και οι Adel Hatami and Madjid Tavana (2011) καθώς και οι Ting-Yu Chen (2014) ασχολούνται με την επιλογή υλικού για μια κατασκευαστική εταιρεία τελευταίας τεχνολογίας (παλιότερο παράδειγμα καθώς αναφέρουν του Chen).

Οι Gizem Çifçi and Gülçin Büyükoçkan το 2011 ασχολούνται με την αναζήτηση «πράσινων» προμηθευτών. Για την ανάπτυξη του ανάλογου μοντέλου ο ερευνητής βασίστηκε σε παλαιότερες μελέτες που αφορούσαν επιλογή τέτοιων προμηθευτών αλλά και άλλες πιο παραδοσιακές. Επίσης ενέπλεξε και εμπειρογνώμονες που ασχολούνται με τη βιομηχανία, την περιβαλλοντική διαχείριση και τη διαχείριση της αγοράς τριών υποκαταστημάτων τουρκικών διεθνών εταιρειών. Τα τέσσερα βασικά κριτήρια που αναδεικνύονται είναι: το κόστος προϊόντος, η ποιότητά του, η απόδοση στην εξυπηρέτηση και βέβαια οι περιβαλλοντικές επιδόσεις. Η δομή του μοντέλου αξιολόγησης περιέχει τα κύρια κριτήρια αλλά και τα υποκριτήρια. Ο Gülçin Büyükoçkan (2012) θεωρεί ότι «...η αυτοκινητοβιομηχανία είναι ζωτικής σημασίας για την τουρκική οικονομία...» γι' αυτό και αναπτύσσει ένα επιπλέον μοντέλο αξιολόγησης πράσινων προμηθευτών για να χρησιμοποιήσει τον ίδιο πίνακα κριτηρίων (και υποκριτηρίων). Τις ίδιες μεθόδους για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούν και οι Francisco Rodrigues Lima Junior et al. (2014). Όχι μόνο για την επιλογή προμηθευτών αλλά και για το ποσοστό συμμετοχής τους στη βιομηχανία βιοενέργειας οι James Scott et al. το 2015 προτείνουν ένα πολυκριτήριο μοντέλο.

### **9.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ.**

Οι Tuvng Bui and Matthias Jarke το 1984 ασχολούνται με την επιλογή υποψηφίων για μία σχολή. Το 2005 οι Soroush Saghaifan and S.Reza Hejazi χρησιμοποιούν ένα υποθετικό παράδειγμα για να δείξουν πώς εφαρμόζεται η ασαφής TOPSIS για την πρόσληψη από ένα πανεπιστήμιο ενός καθηγητή. Το 2006 οι Elena Tsiporkova and Veselka Boeva. εφαρμόζουν την πολυκριτήρια ανάλυση για την κατάταξη υποψήφίων καθηγητών για μια κενή θέση στο πανεπιστήμιο.

Ο Chen-Tung Chen το 2000 παρουσιάζει ένα μοντέλο για την αξιολόγηση υποψήφιων για τη θέση μηχανικού συστημάτων ανάλυσης και δυο χρόνια μετά οι Ta-Chung Chu and Yi-Chen Lin με την ίδια μέθοδο ασχολούνται με το ίδιο θέμα μέσα από πέντε κριτήρια, αυτά της σταθερότητας, της ικανότητας προφορικής επικοινωνίας, της προσωπικότητας, της εμπειρίας του παρελθόντος και της αυτοπεποίθησης. Με την ίδια εφαρμογή ασχολούνται και οι Shyi-Ming Chen and Li-Wei Lee το 2010.

Ο R.C. Van Den Horner το 2001 προβάλλει την περίπτωση που γίνεται αξιολόγηση των μελών μιας επιτροπής με κριτήρια την αρχαιότητα και το επίπεδο διοίκησης στον οργανισμό, την εμπειρία και τις δεξιότητες στους βασικούς τομείς της απόφασης και τέλος τη σημασία ή την επιθυμία του κάθε μέλους στο να επηρεάσει την απόφαση.

Επίσης, προβάλλεται και η επιλογή ενός on-line διαχειριστή από μια χημική εταιρεία από τους Hsu-Shih Shih et al. το 2007 και από τον Zhongliang Yue το 2011. Οι Salvatore Greco (2012) και οι Miłosz Kadzinski et al. (2013) με μεθόδους της οικογένειας UTA βοηθούν μια μεσαίου μεγέθους επιχείρηση να κατατάξει 15 πιθανούς υποψηφίους διαχειριστές διεθνών πωλήσεων μέσα από 3 κριτήρια (δεξιότητες διαχείρισης πωλήσεων, διεθνή εμπειρία και ανθρώπινες ιδιότητες).

Η Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi το 2001 προτείνει την επιλογή εργολάβου με κριτήρια: την εμπειρία, την οικονομική σταθερότητα, την ποιοτική απόδοση, τη δυναμικότητα του ανθρώπινου δυναμικού, τους εξοπλιστικούς πόρους και τον τρέχοντα φόρτο εργασίας (το παράδειγμα προβάλλεται με μόνο έξι κριτήρια για την απλούστευση των υπολογισμών). Η ασαφής AHP εφαρμόζεται και για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων στην προεπιλογή ενός εργολήπτη με μια δημόσια διαδικασία υποβολής προσφορών βάσει των πολωνικών κανονισμών (Piotr Jaskowski et al., 2010). Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπ' όψιν είναι: 1) το ανθρώπινο δυναμικό και ο εξοπλισμός, 2) η χρηματοοικονομική ικανότητα, 3) οι προηγούμενες επιδόσεις σε έργα 4) η οργανωτική εμπειρία και 5) τα πιστοποιημένα συστήματα διαχείρισης (σύστημα ποιότητας, πολιτική ασφάλειας). Για να καθοριστούν τα βάρη λοιπόν κλήθηκαν 15 εμπειρογνώμονες να εκφράσουν τις ανάλογες απόψεις τους του τύπου των συγκρίσεων ανά ζεύγη.

#### **9.4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.**

Οι μελετητές υποστηρίζουν πως η MCDA λειτουργεί άριστα και για την επιλογή τοποθεσίας για μια εγκατάσταση. Ενδεικτικά αναφέρουμε τους J. Malczewski et al. (2010) οι οποίοι συμφωνούν πως για να βεβαιώσουμε μια συμφωνία ή ένα συμβιβασμό γύρω από ένα μοντέλο χρήσης γης, οι ενδιαφερόμενες ομάδες πρέπει να προσδιορίσουν τις δικές τους προτιμήσεις. Αυτές με τη σειρά τους πρέπει να ενσωματωθούν στην ανάλυση της καταλληλότητας/χρήσης της γης. Οι Kavita Devi & Shiv Prasad Yadav (2012) υπενθυμίζουν

ότι η MCDM παρέχει ένα αποτελεσματικό πλαίσιο βασισμένο στις συγκρίσεις για την αξιολόγηση των υποψήφιων θέσεων για την εγκατάσταση εργοστασίων με πολλαπλά αντικρουόμενα κριτήρια. Από τους πρώτους που την ανέδειξαν για τέτοια θέματα είναι ο Jacek Malczewski που το 1996 βασίζεται στα συστήματα γεωγραφικής πληροφόρησης για την εύρεση χώρου για την τοποθέτηση μιας εγκατάστασης που μπορεί να είναι **επιβλαβής για το περιβάλλον** (π.χ. χημικές εγκαταστάσεις, πυρηνικοί αντιδραστήρες, εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων). Οι εναλλακτικές αξιολογούνται με βάση τα κριτήρια: το κόστος, τη γειτνίαση με δρόμους, την εγγύτητα με κατοικημένες περιοχές και την εγγύτητα με τα επιφανειακά ύδατα. Οι Cengiz Kahraman et al. (2003) χρησιμοποιούν τέσσερα κριτήρια για να βρουν το βέλτιστο μέρος (Κωνσταντινούπολη, Ανκάρα ή Ιζμίρ) για την εγκατάσταση ενός εργοστασίου. Τα κριτήρια επιλογής είναι οι σχετικές περιβαλλοντικές ρυθμίσεις, η τοπική κοινωνία, το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και ο πολιτικός κίνδυνος. Οι δε Juan Carlos Leyva-Loopez and Eduardo Fernandez-Gonzalez (2003) αναζητούν τη βέλτιστη τοποθεσία για την εγκατάσταση ενός νέου εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2002 ο T.-C. Chu ασχολείται επίσης με την επιλογή θέσης εγκατάστασης.

Το 2008 οι George Rigoropoulos et al. προβάλλουν μια μεθοδολογία που υποστηρίζουν πως έχει εφαρμοστεί σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου με επαρκή αποτελέσματα. Ένα ενδεικτικό πρόβλημα είναι αυτό της ταξινόμησης θέσεων για πιθανή εγκατάσταση ATM από μια Ελληνική τράπεζα. Στόχος της τράπεζας: η μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (Juinyi Chai and James N.K. Liu, 2010).

Ο Basar Oztaysi το 2015 προτείνει μια οδό προκειμένου να βοηθήσει μια εταιρεία κατασκευής ενδυμάτων που έχει πολλά καταστήματα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Προκειμένου να διατηρηθεί μια βελτιωμένη διαχείριση και προβολή, η εταιρεία εξετάζει το ενδεχόμενο δημιουργίας μιας επένδυσης στα συστήματα πληροφοριών. Προκειμένου να γίνει μια ολοκληρωμένη απόφαση επί τούτου, η εταιρεία συστήνει μια ομάδα λήψης αποφάσεων που ακολουθεί εννέα βήματα.

## 9.5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.

Οι J.Malczewski et al. (1997) προσπαθούν να επιλύσουν τις περιβαλλοντικές συγκρούσεις στην περιοχή του Cape στο Μεξικό μέσω μιας συμμετοχικής διαδικασίας για την ανάλυση των δεδομένων. Για την διαχείριση των διαθέσιμων πόρων της περιοχής υπάρχουν τρεις προτάσεις για αξιολόγηση: Η ενιαία κατανομή δραστηριοτήτων, η πρόταση για ξεχωριστές δραστηριότητες για τις τρεις μονάδες της περιοχής χωρίς περιορισμούς και για ξεχωριστές δραστηριότητες για τις μονάδες αυτές αλλά με περιορισμούς. Ο R.C. Van den Honert (1998) για ένα εθνικό πάρκο της νοτίου Αφρικής και την επικείμενη κατασκευή ενός φράγματος προβάλλουν τέσσερις εναλλακτικές προς αξιολόγηση με τη βοήθεια της AHP.

Πρώτη εναλλακτική, η διατήρηση όσο το δυνατόν πιο πολύ νερού μέσα στο φράγμα επιτρέποντας τη μέγιστη δυνατή άντληση για άρδευση από τους αγρότες μέχρι την τελευταία εναλλακτική που θέλει να επιτρέπεται η διέλευση των καθημερινών ροών των νερών, εκτός από περιόδους χαμηλής βροχόπτωσης ή ξηρασίας που το φράγμα θα κρατάει το νερό. Με την ίδια μέθοδο αλλά με τη χρήση του συστήματος GIS οι Mui-How Phua and Mitsuhiro Minowa το 2005 προσπαθούν να βρουν τον καλύτερο τρόπο για τη διατήρηση ενός δάσους σε περιοχή της Μαλαισίας. Πρέπει να προβούν σε ένα σχεδιασμό λαμβάνοντας υπ' όψιν τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, τη διατήρηση του εδάφους και του νερού καθώς και τις πιθανές απειλές. Καθένα από τα κριτήρια αυτά αναλύονται σε δείκτες..

Για τη διαχείριση των νερών κάνει λόγο και ο Bojan Srdjevic το 2007 αναφερόμενος σε μια ανάλογη επιτροπή στη Βραζιλία που αποτελείται από 60 μέλη. Τα μέλη χωρίζονται σε έξι υποομάδες και με 5 κριτήρια και προσπαθούν να αξιολογήσουν πέντε σενάρια εκμετέλευσης που περιλαμβάνουν ενέργειες όπως την άντληση, ακόμα και την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Η παρουσίαση της πορείας της διαδικασίας συνοδεύεται από πλείστους ερμηνευτικούς πίνακες, έτσι ώστε η μελέτη να είναι απόλυτα κατανοητή από εκείνους που ενδιαφέρονται.

Οι Pavlos Delias et al. σε μια πρόσφατη έρευνα (2013) παρουσιάζουν το θέμα της αξιοποίησης γης στην περιοχή του Παγγαίου (Καβάλα) παρόλο που είναι πολύ πλούσια (μετά την απογραφή μιας αποξηραμένης λίμνης το 1930) έχει καλλιεργηθεί με τρόπους που επηρέασαν αρνητικά τόσο το τοπικό περιβάλλον όσο και τις οικονομίες. Στη θέση των αποφασιζόντων για τη βέλτιστη αξιοποίηση της εν λόγω γης βρίσκονται έξι τοπικοί φορείς - εμπειρογνώμονες που εκπροσωπούν διαφορετικές απόψεις: δύο αγρότες, ένας γεωπόνος, ο πρόεδρος των τοπικών γεωργικών συνεταιρισμών, ένας κάτοικος και ένας ιδιοκτήτης μονάδας παραγωγής ζωοτροφών. Οι προηγούμενοι εξέφρασαν τις προτιμήσεις τους για 11 διαφορετικές εναλλακτικές χρήσεις γης (διάφορες καλλιέργειες και μετέπειτα εκμετάλλευση τους, όπως ζαχαρότευτλα για τα βιοκαύσιμα και τη βιομηχανία τροφίμων ή ακόμα και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων. Όλοι οι ενδιαφερόμενοι θα εκφράσουν τις προτιμήσεις τους, ωστόσο, δεν είναι όλοι το ίδιο σημαντικοί, δηλαδή το «βάρος σημαντικότητας» του καθενός μπορεί να διαφέρει. Τα κριτήρια είναι: Φιλικότητα προς το περιβάλλον, Αξιοποίηση φυσικών πόρων, Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης γης, Οικονομική απόδοση, Διαθέσιμες πληροφορίες, Επενδυτική ελκυστικότητα.

## 9.6. ΑΛΛΑ ΘΕΜΑΤΑ.

Οι Robert F. Easley et al. το 2000 προτείνουν και την πιθανοτική επέκταση της AHP για τη διαχείριση πωλήσεων. Οι Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis την ίδια



χρονιά προτείνουν την UTASTAR για την επιλογή ενός αυτοκινήτου από μια ομάδα τριών αποφασίζοντων που εξετάζουν την επιλογή μέσα από 6 κριτήρια (7 εναλλακτικές). Μια άλλη ενδιαφέρουσα εφαρμογή των πολυκριτηρίων μεθόδων είναι εκείνη που μελετά τα πεδία βελτίωσης της αυτοκινητοβιομηχανίας στο Ιράν (Ali Yousefi and Abdollah Hadi-Vencheh., 2010). Για τον καθορισμό των κριτηρίων αξιολόγησης εκτός από προσωπικές απόψεις χρησιμοποιήθηκαν: η γνώση των προτάσεων εμπειρογνομόνων (ποικιλία επαγγελματιών, πτυχίων και πολυετής εμπειρία), ερευνητική βιβλιογραφία και κατασκευαστικές εταιρείες. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογίας των Ali Yousefi and Abdollah Hadi-Vencheh πιστοποιούν ότι η ασφάλεια και, στη συνέχεια, η τιμή είναι τα πιο σημαντικά κριτήρια των πελατών για την επιλογή αυτοκινήτων.

Οι Lean Yu and Kin Keung Lai το 2011 παρουσιάζουν ένα πρόβλημα με τη λήψη απόφασης για την αντιμετώπιση **έκτακτης ανάγκης** μετά από έκρηξη και την πραγματοποίηση χημικών διαρροών για τη διαχείριση της κατάστασης με τη χρήση της πολυκριτηρίας ανάλυσης. Ένα άλλο παρόμοιο θέμα παρουσιάζεται από τους Yanbing Ju and Aihua Wang το 2012, αυτό της αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων σε **έκτακτες ανάγκες** σύμφωνα με τα καθορισμένα κριτήρια (ικανότητα προετοιμασίας, ικανότητα διάσωσης, ικανότητα ανάκτησης, χρόνος ανταπόκρισης).

Οι Yu-Jie Wang and Hsuan-Shih Lee. (2006) κάνουν **εκτίμηση της αποδοτικότητας τριών αεροδρομίων** μέσα από 15 κριτήρια. Οι Luciana Hazin Alencar et al. το 2010 προτείνουν τη χρήση μεθόδων ELECTRE για την επιλογή κατασκευαστικών εταιρειών. Οι Madjid Tavana and Adel Hatami-Marbini το 2011 παρουσιάζουν το έργο INTEGRITY που ασχολείται με τις **ανθρώπινες αποστολές διαστημικών πτήσεων**. Ο στόχος είναι να προετοιμάσει τα μέλη του πληρώματος και τις ομάδες υποστήριξης για διαστημικές επιστημονικές αποστολές σε περιβάλλον χαμηλού κινδύνου και χαμηλού κόστους. Οι ομαδικές αποφάσεις εξαρτώνται από 17 μέλη, εμπειρογνώμονες και επιστήμονες από διαφορετικά τμήματα εντός του σχετικού διαστημικού κέντρου JSC.

Ο Olabisi E. Falowo (2011) παρουσιάζει άλλη μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή που σχετίζεται με τις **σύγχρονες επικοινωνίες** και οι Ermatita et al. (2011) πρωτοτυπούν με μια μελέτη για την **ανίχνευση γονιδιακών μεταλλάξεων** σε ανθρώπους που πάσχουν από καρκίνο. Οι Pavlos Delias and Nikolaos Matsatsinis (2010) εξετάζουν ένα κέντρο δεδομένων που προσπαθεί να βελτιστοποιήσει τα περιβάλλοντα των εφαρμογών που φιλοξενεί. Θεωρούν ότι κάθε περιβάλλον εφαρμογής διακρίνεται από τρία μόνο κριτήρια: CPU, αποθήκευση δίσκων και μνήμη. Οι πελάτες του χρησιμοποιούν λεκτικές/ περιγραφικές κλίμακες μέτρησης των κριτηρίων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν κλίμακα 3 επιπέδων για τα κριτήρια CPU και μνήμης (π.χ. χαμηλή, μέση, υψηλή) και κλίμακα 4 επιπέδων για το κριτήριο αποθήκευσης

δίσκου. Πέντε πελάτες με διαφορετικά βάρη διαπραγματεύονται μια σύμβαση με το κέντρο δεδομένων, προκειμένου να πάρουν απόφαση σχετικά με το περιβάλλον εφαρμογών που φιλοξενούνται και ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες τους.

Ο Klaus D. Goepel (2013) αναζητά τους βασικούς δείκτες των επιχειρηματικών επιδόσεων για την κατάταξη των αναπτυξιακών στρατηγικών μιας εταιρείας και βασικών ηγετικών ικανοτήτων για ένα πρόγραμμα ανάπτυξης ηγεσίας. Όσον αφορά τον Mohammad Izadikhah (2012), ενώ στον τίτλο του άρθρου του δείχνει να αναφέρεται σε θέματα επιλογής προμηθευτή, το παράδειγμα που προβάλλει σχετίζεται με την **επιλογή κατασκευαστικής εταιρείας** από πανεπιστήμιο που πρόκειται να εκτελέσει ανάλογες εργασίες.

## 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα για τη συμβολή της ανάλυσης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCDA) στην ομαδική απόφαση έχει να αναδείξει την εκτεταμένη ενασχόληση των ερευνητών με το θέμα. Η ανησυχία τους για την ορθότητα των αποτελεσμάτων και τη λήψη μιας απόφασης που θα προσεγγίζει καλύτερα τους στόχους της ομάδας των αποφασίζόντων είναι αρκετά έκδηλη. Από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας ανακαλύπτουμε την προσφορά της MCDA τόσο στο να βοηθήσει μια ομάδα αποφασίζόντων να γνωρίσει πρώτα το πρόβλημα (ορισμός σημαντικότητας κάθε μέλους της ομάδας, σύνταξη πίνακα κριτηρίων/χαρακτηριστικών, ορισμός της σημαντικότητας καθενός από αυτά, που θέλει να πάρει μια απόφαση, ορισμός εναλλακτικών κ.α.) όσο και στο να λύσει το πρόβλημα και να αναζητήσει μια καλύτερη λύση. Σε αυτό βέβαια βοηθάει και η ανάπτυξη του διαδικτύου που τα τελευταία χρόνια ευνοεί τους αποφασίζοντες που βρίσκονται σε απόσταση. Έτσι, οι μέθοδοι συνεργατικής λήψης αποφάσεων αποτελούν πλέον μια σημαντική κίνηση προς τον εκσυγχρονισμό της διοίκησης σε επιχειρήσεις, οργανισμούς ή ακόμα και σε μια οικογένεια, μια παρέα ή και... μια κυβέρνηση μιας χώρας.

Αναμφισβήτητα μπορούμε να αναφέρουμε πως η μέθοδος AHP είναι εκείνη που από μόνη της μπορεί να υποστηρίξει μια ομαδική απόφαση, αλλά συμβάλλει και στη διεξαγωγή διαδικασίας με βασικές άλλες μεθόδους (όπως η TOPSIS) που χρειάζονται ως δεδομένα τα βάρη των κριτηρίων. Από τους πίνακες της παρούσας εργασίας φαίνεται ότι μετά την TOPSIS στη συχνότητα χρήσης των μεθόδων ακολουθούν οι οικογένειες των μεθόδων ELECTRE και UTA.

Οι μελετητές προτείνουν ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων κατά τις οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν οι συνεργατικές αυτές μέθοδοι. Μεγάλο ποσοστό των σχετικών αναφερόμενων άρθρων κάνει λόγο για την επιλογή προμηθευτών ή επιλογή υλικού ή

εργολάβων από μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό. Άλλο μεγάλο ποσοστό αφορά σε προσλήψεις προσωπικού όπως είναι αυτές οι μελέτες που αναφέρονται σε προσλήψεις καθηγητών από πανεπιστήμια. Πολλές μελέτες μιλούν για εφαρμογή των μεθόδων σε διάφορες επενδυτικές δραστηριότητες όπως την λήψη απόφασης για επένδυση χρημάτων από μια ομάδα προτεινόμενων επιχειρήσεων. Δεν είναι λίγες και οι έρευνες που αναφέρονται σε θέματα σχετικά με τη διαχείριση περιβαλλοντικών πόρων καθώς επίσης και σε θέματα επιλογής χώρου για τοποθέτηση διαφόρων εγκαταστάσεων όπως μιας χημικής βιομηχανίας. Εντύπωση προκαλούν και προτάσεις που σχετίζονται με τη σύγχρονη τεχνολογία όπως αυτή που θέλει την MCDA να συμβάλει στη λήψη μιας απόφασης που σχετίζεται με ανθρώπινες αποστολές διαστημικών πτήσεων.

Κατά το μέτρο του δυνατού προσπαθήσαμε να αναδείξουμε τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν με την MCDA. Η λήψη αποφάσεων είναι ήδη μια σύνθετη διαδικασία. Έτσι όταν μια διαδικασία χρησιμοποιεί και περιπλέκει σύνθετα μαθηματικά μοντέλα δεν είναι προσιτή ούτε για τους περισσότερους μεταγενέστερους μελετητές αλλά ούτε για εκείνους που απαρτίζουν την ομάδα απόφασης. Τα τελευταία χρόνια γίνεται χρήση της ασαφούς λογικής και των ανάλογων αριθμών κυρίως σε συνδυασμό με τις μεθόδους AHP και TOPSIS. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται προσπάθεια για την αντιμετώπιση της έλλειψης της πληροφορίας και της αβεβαιότητας κάνοντας όμως τις μελέτες να εμπίπτουν στην κατηγορία που αναφέρουμε. Οι μετέχοντες στην απόφαση ενδεχομένως θα προτιμούσαν να εμπιστευτούν ένα απλό σύστημα στο οποίο να δίδουν τις προτιμήσεις τους και κατόπιν να λαμβάνουν τα αποτελέσματα τα οποία θα μπορούν να διαχειριστούν κατάλληλα. Αρκετά προσιτές ήταν αυτές που μέχρι ενός σημείου έκαναν χρήση μιας πολυκριτήριας μεθόδου και στη συνέχεια για να συνθέσουν τις ατομικές προτιμήσεις έκαναν χρήση μιας μεθόδου Κοινωνικής Επιλογής τύπου Borda. Αποδοτική φαίνεται και η χρήση και άλλων μεθόδων για τη σύνταξη των καταλόγων των κριτηρίων και των εναλλακτικών (π.χ. χρήση μεθόδου Brainstorming).

Η έρευνα γύρω από τη λήψη των ομαδικών αποφάσεων στη ζωή μας αποκτά μεγάλο ενδιαφέρον, με τον Yager να έχει αφήσει αναμφίβολα το δικό του αποτύπωμα στην ιστορία των αποφάσεων. Εύσημα όμως αξίζουν και στον Fiorenzo Franceschini και τους συνεργάτες του, που κατάφεραν να υπερβούν τους περιορισμούς της ασυγκρισιμότητας των εναλλακτικών και της ισοδυναμίας των πρακτόρων για να παρουσιάσουν το γενικευμένο αλγόριθμο του Yager.

Για το μέλλον οι μελετητές που ασχολούνται με το θέμα θα μπορούσαν να ξεχωρίσουν από τα συστήματα των ομαδικών αποφάσεων εκείνα που είναι αποδοτικά αλλά συνάμα και εύκολα στη χρήση και στην κατανόηση.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1. UTA

#### 1.1 ΑΠΟ ΤΗ MAUT ΣΤΗ UTA.

Σύμφωνα με τους Salvatore Greco et al. (2009) υπάρχουν δύο κύριες προσεγγίσεις για τη δόμηση μοντέλων απόφασης στην MCDA: Η προσέγγιση με τη MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) και η προσέγγιση με τις μεθόδους υπεροχής (outranking approach). Η θεωρία MAUT που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60, βασίζεται στην υπόθεση ότι σε κάθε πρόβλημα απόφασης υπάρχει μια πραγματική συνάρτηση εκτίμησης (συνάρτηση χρησιμότητας) ορισμένη σε ένα σύνολο, την οποία ο αποφασίζων επιθυμεί να μεγιστοποιήσει (N. Ματσατσίνης, 2010). Η συνάρτηση αυτή έχει σκοπό την αναπαράσταση των προτιμήσεων ενός συνθέτοντας ορισμένα κριτήρια εκτίμησης. Αναζητείται η εναλλακτική δράση ή ενέργεια που εάν επιλεγεί από τον αποφασίζοντα θα μεγιστοποιήσει την συνάρτηση χρησιμότητας, δηλαδή το επιδιωκόμενο όφελος. Τα κριτήρια μπορεί να θεωρηθούν υπό καθεστώς βεβαιότητας ή αβεβαιότητας. Γενικά είναι δυνατή η αποσύνθεση της συνάρτησης πολυκριτήριας χρησιμότητας σε πραγματικές συναρτήσεις λαμβάνοντας υπόψη την ανεξαρτησία των προτιμήσεων. Η θεωρία της πολυκριτήριας χρησιμότητας θεμελιώνεται πάνω σε δύο βασικές παραδοχές (N. Ματσατσίνης, 2010):

- Της αποδοχής ότι όλες οι εναλλακτικές (ενέργειες, δράσεις,...) είναι δυνατόν να συγκριθούν μεταξύ τους και δεν υπάρχει η περίπτωση δύο από αυτές να μη μπορούν να συγκριθούν.
- Της μεταβατικότητας των προτιμήσεων μεταξύ των εναλλακτικών (ενεργειών, δράσεων,...).

Η πιο διαδεδομένη μορφή συναρτήσεων χρησιμότητας είναι η αθροιστική (additive utility function):

$$U(g_1, g_2, \dots, g_n) = u(g_1) + u(g_2) + \dots + u(g_n)$$

Βασίζόμενοι στη θεωρία της πολυκριτήριας χρησιμότητας οι Jacquet-Lagrange and Siskos το 1982 πρότειναν τη μέθοδο UTA (UTilité Additive). Οι μέθοδοι UTA αναφέρονται στη φιλοσοφία αξιολόγησης ενός συνόλου συναρτήσεων αξίας ή χρησιμότητας υποθέτοντας την αξιωματική βάση της MAUT και υιοθετώντας την αρχή της αποσύνθεσης των προτιμήσεων (Yannis Siskos, Evangelos Grigoroudis, and Nikolaos F. Matsatsinis, 2016). Τα μοντέλα της οικογένειας UTA βασίζονται στην μονότονη παλινδρόμηση για την ανάλυση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Τα μοντέλα αυτά έχουν τη δυνατότητα αποτελεσματικού χειρισμού τόσο της ποσοτικής όσο και της ποιοτικής πληροφόρησης. Εφαρμόζονται δε όταν το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων είναι μια προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας (additive utility function). Το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών θα εκτιμηθούν από μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων. Κάθε κριτήριο αναπαριστά μια μονότονη ποσοτική ή ποιοτική μεταβλητή. Έτσι η

μεγαλύτερη εκτίμηση είναι αυτή που αντιστοιχεί στη πλέον προτιμώμενη επιλογή-ενέργεια (N. Ματσατσίνης, 2010). Στόχος της μεθόδου είναι, δεδομένου ενός συνόλου πολυκριτηριακών εκτιμήσεων και μιας διάταξης των εναλλακτικών, να υπολογιστεί μια προδιάταξη που θα είναι όσο το δυνατόν πιο συνεπής με την αρχική προδιάταξη του αποφασίζοντα. Η επίλυση του προβλήματος γίνεται μέσω γραμμικού προγραμματισμού έχοντας ως αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση τη συνάρτηση του συνολικού σφάλματος υπό τους ανάλογους περιορισμούς που προκύπτουν από τα κριτήρια και τη μονοτονικότητα των προτιμήσεων.

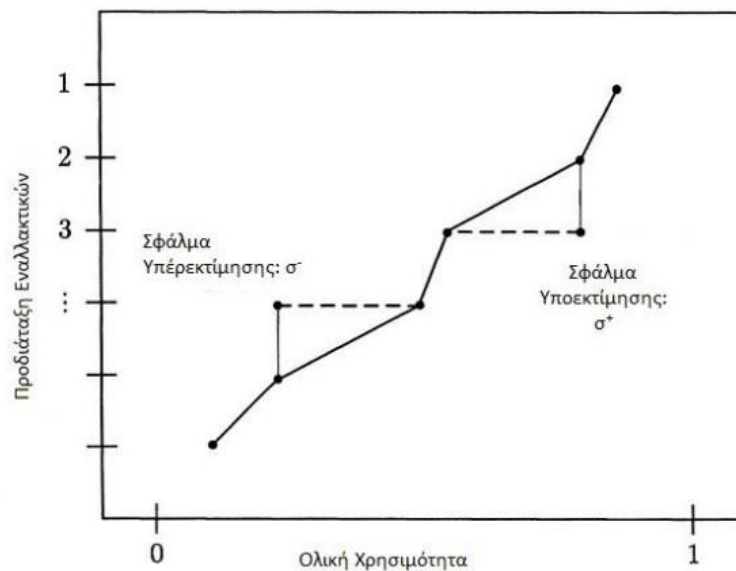
## 1.2 UTASTAR

Η μέθοδος UTASTAR είναι μια βελτιωμένη έκδοση της μεθόδου UTA και προτάθηκε από τους Siskos & Yannacopoulos, το 1985. Στη UTA, για κάθε εναλλακτική από το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων, υπήρχε ένα σφάλμα προς ελαχιστοποίηση. Αυτή η συνάρτηση σφάλματος δεν ήταν επαρκής για να ελαχιστοποιήσει πλήρως τη διασπορά των σημείων γύρω από τη μονότονη καμπύλη. Το πρόβλημα δημιουργείται από σημεία που βρίσκονται δεξιά μεριά της καμπύλης, από τα οποία θα ήταν προτιμότερη η αφαίρεση μιας ποσότητας χρησιμότητας και όχι η αύξηση των χρησιμοτήτων για αυτά τα σημεία. (Yannis Siskos, Evangelos Grigoroudis, and Nikolaos F. Matsatsinis, 2016)

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα, οι εμπνευστές της UTASTAR εισάγουν μια διπλή συνάρτηση σφάλματος που επιτρέπει καλύτερη σταθεροποίηση των σημείων γύρω από την καμπύλη με  $\sigma^+$  και  $\sigma^-$  ως τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης αντίστοιχα. Παράλληλα γίνεται και ο ανάλογος μετασχηματισμός των μεταβλητών όσον αφορά τους περιορισμούς μονοτονίας των κριτηρίων. Οι Siskos & Yannacopoulos πραγματοποίησαν συγκριτική ανάλυση μεταξύ των αλγορίθμων UTA και UTASTAR με εμπειρικά δεδομένα. Η UTASTAR έχει εκδώσει καλύτερα αποτελέσματα λαμβάνοντας υπ' όψιν διάφορους δείκτες σύγκρισης.

## 1.3 UTADIS

Στην περίπτωση που χρειαζόμαστε την ταξινόμηση των εναλλακτικών σε ομάδες χρησιμοποιούμε την παραλλαγή της UTA που ονομάζεται UTADIS που είναι μια έμπνευση των Devaud, J., Groussaud, G. & Jacquet-Lagrange, E., (1980). Μέσω της παραλλαγής αυτής αναπτύσσεται μία προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας που ταξινομεί ένα σύνολο εναλλακτικών σε προκαθορισμένες ομάδες, με το ελάχιστο σφάλμα ταξινόμησης.



Εικόνα 11. Καμπύλη μονότονης παλυνδρόμησης (Yannis Siskos, Evangelos Grigoroudis, and Nikolaos F. Matsatsinis, 2016)

#### 1.4 UTA II

Μια ακόμη πιο προχωρημένη παραλλαγή της μεθόδου UTA είναι η UTA II, η οποία προτείνεται από τους Jacquet- Lagreze and Siskos (1982), όπου γίνεται η εισαγωγή του κατάλληλου συντελεστή λάθους  $\sigma(ab)$  για κάθε περιορισμό, συγκρίνοντας δυο χρησιμότητες του ίδιου προβλήματος. Αυτός ο προσδιορισμός είναι απαραίτητος όταν οι φαινομενικές προτιμήσεις που προκύπτουν από τη σύγκριση κατά ζεύγη των κρίσεων του αποφασίζοντα δεν είναι μεταβατικές. Αυτό το μοντέλο ονομάζεται UTA II. Η αντικειμενική συνάρτηση υπό ελαχιστοποίηση είναι το άθροισμα όλων των σφαλμάτων. Εισάγεται ένας περιορισμός για κάθε σύγκριση μεταξύ δυο ζευγών εναλλακτικών λύσεων (Βλάχος Ν. Κωνσταντίνος, 2007). Με δεδομένα το σύνολο των κριτηρίων και τη διάταξη προτιμήσεων των εναλλακτικών από τον αποφασίζοντα, η μέθοδος UTA II (Siskos, 1980) προσπαθεί να αποδώσει τα βάρη των κριτηρίων που προσεγγίζουν καλύτερα τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, σχηματίζοντας μια αθροιστική συνάρτηση (Ν. Ματσατσίνης, 2010).

Τέσσερα βήματα ακολουθούνται για τον προσδιορισμό των βαρών αυτών: Στο πρώτο εκφράζονται οι συναρτήσεις ολικής χρησιμότητας των επιλεγμένων εναλλακτικών επιλογών, κατόπιν για κάθε εναλλακτική επιλογή εισάγονται δυο σφάλματα και εκφράζεται η αναλυτική έκφραση διαφοράς για κάθε ζεύγος συνεχόμενων εναλλακτικών στη διάταξη. Στο τρίτο βήμα γίνεται η λύση του γραμμικού προβλήματος που προκύπτει και τέλος γίνεται η ανάλυση ευστάθειας που ο αλγόριθμος αναζητά άλλες βέλτιστες λύσεις ή λύσεις πολύ κοντά στο βέλτιστο, του προηγούμενου γραμμικού προβλήματος.



## 1.5 UTA<sup>GMS</sup> ΚΑΙ UTADIS<sup>GMS</sup>

Η μέθοδος προτάθηκε από τους Greco, Mousseau, Slowinski (Greco, et al., 2008) για την πολυκριτήρια ταξινόμηση ενός συνόλου εναλλακτικών  $A$  χρησιμοποιώντας ένα σύνολο συναρτήσεων προσθετικής αξίας που προκύπτουν μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης. Οι πληροφορίες προτίμησης που παρέχονται από τον αποφασίζοντα είναι ένα σύνολο συγκρίσεων κατά ζεύγη για ένα υποσύνολο εναλλακτικών  $A, R \subseteq A$ , και ονομάζονται εναλλακτικές αναφοράς (reference alternatives). Το μοντέλο προτίμησης είναι το σύνολο όλων των προσθετικών συναρτήσεων αξίας συμβατών με τις πληροφορίες προτίμησης. Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο, μπορούν να εξαχθούν δυο σχέσεις του συνόλου  $A$ : η αναγκαία σχέση ασθενούς προτίμησης που υπάρχει για κάθε ζεύγος εναλλακτικών  $a, b$ , αν και μόνο αν για όλες τις συμβατές συναρτήσεις αξίας η  $a$  προτιμάται της  $b$ , και η πιθανή ασθενής προτίμηση που υφίσταται για το ζεύγος, αν και μόνο αν τουλάχιστον μια συμβατή συνάρτηση αξίας  $a$  προτιμάται της  $b$ . Οι σχέσεις αυτές δημιουργούν την αναγκαία και πιθανή κατάταξη των εναλλακτικών, οι οποίες είναι μια μερική και μια πλήρης προδιάταξη αντίστοιχα (Θραψανιωτάκης Νικόλαος, 2016).

Στην UTA<sup>GMS</sup>, αντί για μόνο μία συμβατική συνάρτηση προσθετικής αξίας που αποτελείται από οριακές μερικές γραμμικές συναρτήσεις, λαμβάνονται υπ' όψιν όλες οι γενικές μονότονες συμβατές συναρτήσεις προσθετικής αξίας που αποτελούνται από γενικές μονότονες οριακές συναρτήσεις. Όσον αφορά τις πληροφορίες προτίμησης, η μέθοδος UTA<sup>GMS</sup> απαιτεί από ένα αποφασίζοντα να κάνει μερικές δυαδικές συγκρίσεις μεταξύ του συνόλου των εναλλακτικών αναφοράς. Το σύνολο όλων των συμβατών μοντέλων απόφασης ορίζει δύο σχέσεις μέσα στο σύνολο των εναλλακτικών: την απαραίτητη σχέση ασθενούς προτίμησης, η οποία ισχύει για δύο εναλλακτικές λύσεις  $a, b$ , εάν και μόνο αν όλες οι συμβατές συναρτήσεις αξιών δίνουν στην  $a$  μεγαλύτερη αξία από αυτή που δίνουν στην  $b$ , και την πιθανή ασθενή σχέση προτίμησης, η οποία ισχύει για αυτό το ζευγάρι εάν και μόνο αν τουλάχιστον μια συμβατή συνάρτηση αξίας δίνει στην  $a$  μεγαλύτερη αξία από αυτή που δίνει στη  $b$ . Πρόσφατα μια επέκταση της UTA<sup>GMS</sup> έχει προταθεί και καλείται μέθοδος GRIP. Αυτή χτίζει ένα σύνολο από συμβατές προσθετικές συναρτήσεις αξίας, λαμβάνοντας υπ' όψιν όχι μόνο μια προδιάταξη ενός συνόλου εναλλακτικών, αλλά επίσης τις εντάσεις των προτιμήσεων μεταξύ ορισμένων εναλλακτικών λύσεων αναφοράς (Salvatore Greco et al., 2009).

Η UTADIS<sup>GMS</sup> αποτελείται από έξι βήματα, εκ των οποίων τα τρία πρώτα βήματα συμφωνούν με αυτά της UTA<sup>GMS</sup>. Τα υπόλοιπα τρία βήματα αφορούν τον υπολογισμό των οριακών δεικτών πιθανών και αναγκαίων κατηγοριών και των συνακόλουθων αναθέσεων. Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθόδου μπορεί να βρεθεί στη μελέτη των Salvatore Greco et al. του 2010.

## 2. ELECTRE

Οι ρίζες των μεθόδων ELECTRE βρίσκονται γύρω στο 1965 στην Ευρωπαϊκή εταιρία συμβούλων SEMA. Εκείνη την χρονική περίοδο μια ερευνητική ομάδα της SEMA εργαζόταν πάνω σε ένα ειδικό πολλαπλών κριτηρίων πραγματικό πρόβλημα, το οποίο αφορούσε τη λήψη αποφάσεων για την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων διαφόρων εταιρειών (Βλάχος Ν. Κωνσταντίνος, 2007). Οι μέθοδοι ELECTRE ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των *μεθόδων υπεροχής (outranking relations)*. Η βασική ιδέα είναι η συστηματική ανάλυση των σχέσεων μεταξύ όλων των δυνατών ζευγών των εναλλακτικών λύσεων. Η ανάλυση αυτή βασίζεται σε ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης. Το αποτέλεσμα είναι ένα μέτρο του βαθμού κατά τον οποίο κάθε εναλλακτική λύση υπερέχει έναντι όλων των άλλων. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την κατασκευή μιας σχέσης υπεροχής, τη δημιουργία δεικτών συμφωνίας (concordance) και διαφωνίας (discordance) και την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη διαδικασία και από όλες τις σχέσεις υπεροχής (Ν. Ματσατσίνης, 2010).

Ο στόχος κατά την εφαρμογή των μεθόδων ELECTRE είναι να καθοριστεί η εναλλακτική λύση η οποία είναι σχετικά “καλή” κατά μια πλειοψηφία κριτηρίων, χωρίς να είναι πολύ “κακή” σύμφωνα με τα υπόλοιπα κριτήρια. Δύο βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων είναι ότι:

Δεν είναι *αντισταθμιστικές (non-compensatory)*, δηλαδή μια κακή απόδοση (σκορ) σε ένα κριτήριο δεν αντισταθμίζεται από καλές αποδόσεις σε άλλα κριτήρια.

Εισάγει την έννοια της *αδυναμίας σύγκρισης (incomparability)*, η οποία συμβαίνει μεταξύ δύο εναλλακτικών όταν δεν υπάρχει ξεκάθαρη προτίμηση μεταξύ τους.

Μερικές από τις βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στην οικογένεια των μεθόδων ELECTRE είναι οι εξής:

Το σύνολο  $A$  των δυνατών ενεργειών ή εναλλακτικών (potential actions or alternatives).

Το κριτήριο  $g$ , το οποίο ορίζεται ως μία συνάρτηση από το σύνολο  $A$  των εναλλακτικών σε ένα απόλυτα ταξινομημένο σύνολο τιμών. Τα κριτήρια ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τη δομή τους [Vincke, 1992]: σε πραγματικά κριτήρια (true criteria), ημι-κριτήρια (semi-criteria), κριτήρια διαστήματος (interval criteria), ψευδοκριτήρια (pseudo-criteria). Από αυτές τις κατηγορίες μόνο η πρώτη και η τελευταία χρησιμοποιούνται στις μεθόδους ELECTRE. Επιπλέον, τα κριτήρια μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την τάση προτίμησης που εκφράζουν: σε αύξοντα κριτήρια (όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους για μια εναλλακτική τόσο μεγαλύτερη είναι και η προτίμηση γι’

αυτήν) και σε φθίνοντα κριτήρια (όσο μικρότερη είναι η τιμή τους για μια εναλλακτική τόσο μεγαλύτερη είναι η προτίμηση γι' αυτήν).

Η συνεπής οικογένεια  $F$ ,  $n$  κριτηρίων τα οποία λαμβάνονται υπόψη για την επίλυση ενός προβλήματος απόφασης (N. Μαρσατσίνης, 2010).

Ωστόσο, κατά την διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών άρχισαν να αναπτύσσονται οι μεθοδολογίες ELECTRE, έτσι εμφανίστηκαν οι μέθοδοι ELECTRE IS, II, III, IV, Tri, οι οποίες στηρίζονται στις ίδιες θεμελιακές αρχές, αλλά έχουν διαφορές στον τρόπο λειτουργίας και στο είδος των προβλημάτων που επιλύουν. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος ELECTRE – I σχεδιάστηκε για να επιλύει προβλήματα επιλογής (selection problems, προβληματική α) όπου η ELECTRE IS αποτελεί μια γενίκευση της ELECTRE – I χρησιμοποιώντας ψευδοκριτήρια (κριτήρια με κατώφλια προτίμησης, αδιαφορίας και βέτο). Η ELECTRE Tri επιλύει προβλήματα κατηγοριοποίησης (προβληματική β) και οι ELECTRE II, III, και IV βοηθούν σε προβλήματα ιεράρχησης εναλλακτικών (προβληματική γ) (Βλάχος N. Κωνσταντίνος, 2007).

Η μέθοδος ELECTRE TRI, όπως προτάθηκε από τον Yu (1992), χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων ταξινόμησης. Ένα πρόβλημα ταξινόμησης αποτελείται από ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες αξιολογούνται με βάση κάποια κριτήρια, ποιοτικά ή ποσοτικά, και ο σκοπός είναι να τις ταξινομήσουμε σε κατηγορίες οι οποίες ορίζονται από κάποια πρότυπα. Η ταξινόμηση αυτή μπορεί να γίνει με δύο προσεγγίσεις, την αισιόδοξη και την απαισιόδοξη, γεγονός που προκύπτει από τη διαχείριση της ασυγκρισιμότητας των εναλλακτικών. Γενικότερα η απαισιόδοξη προσέγγιση χρησιμοποιείται όταν απαιτείται εφαρμογή μιας συντηρητικής πολιτικής ή όταν οι διαθέσιμοι πόροι είναι περιορισμένοι, ενώ η αισιόδοξη προσέγγιση χρησιμοποιείται για προβλήματα που ο λήπτης της απόφασης θέλει να δώσει ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σε κάποιες εναλλακτικές που παρουσιάζουν κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον (Άννα Μόσχογλου, 2009).

### 3. PROMETHEE

Η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation), η οποία ανήκει στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής, προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Brans (1982). Ακολούθησαν και άλλες δημοσιεύσεις της μεθόδου με σπουδαιότερες των Brans and Vincke (1985) και Brans et al (1986). Οι βασικές αρχές που διέπουν τη μέθοδο σε σχέση με άλλες μεθόδους της ίδιας κατηγορίας (μέθοδοι ELECTRE) είναι οι εξής: (α) επέκταση στην έννοια των κριτηρίων, (β) εκτιμώμενη σχέση υπεροχής και (γ) εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής. Σε ότι αφορά την αρχή της επέκτασης της έννοιας των κριτηρίων προτείνονται στον αποφασίζοντα νέες συναρτήσεις κριτηρίων, όπως κριτήριο τελείως αυστηρό (αυστηρή προτίμηση), κριτήριο αυστηρό αλλά με περιοχή

αδιαφορίας, κριτήριο με γραμμική προτίμηση κ.α. Στη μέθοδο PROMETHEE η εκτιμώμενη σχέση υπεροχής είναι λιγότερο ευαίσθητη σε μικρές τροποποιήσεις και, κατά συνέπεια, είναι εύκολη η ερμηνεία της. Η εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής πραγματοποιείται όταν οι εναλλακτικές λύσεις πρέπει να ταξινομηθούν από την καλύτερη προς τη χειρότερη. Η μέθοδος PROMETHEE I παρέχει μια μερική ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων (partial ranking) και η PROMETHEE II πραγματοποιεί μια πλήρη ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων (complete ranking) (N. Ματσατσίνης, 2010; Βλάχος Ν. Κωνσταντίνος, 2007). Η ανάλυση των μεθόδων αυτών παρουσιάζεται επαρκώς στις προηγούμενες αναφορές.

## Βιβλιογραφία

Ιωάννης Σίσκος και συνεργάτες. (2008). *Ανάπτυξη πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων*.

A. Shanian et al. (2008). A new application of ELECTRE III and revised Simos' procedure for group material selection under weighting uncertainty. *Knowledge-Based Systems* 21 , 709–720.

Adel Hatami and Madjid Tavana. (2011). An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega* 39 , 373-386.

Ali Yousefi and Abdollah Hadi-Vencheh. (2010). An integrated group decision making model and its evaluation by DEA for automobile industry. *Expert Systems with Applications* 37 , 8543-8556.

Ann Davey and David Olson. (1998). Multiple Criteria Decision Making Models in Group Decision Support. *Group Decision and Negotiation* 7 , 55–75.

Arpan Kumar Kar and Atanu Rakshit. (2015). Flexible Pricing Models for Cloud Computing Based on Group Decision Making Under Consensus. *Global Journal of Flexible Systems Management*, DOI 10.1007/s40171-015-0093-1 .

Basar Oztaysi. (2015). A Group Decision Making Approach Using Interval Type-2 Fuzzy AHP for Enterprise Information Systems Project Selection. *J. of Mult.-Valued Logic & Soft Computing* Vol. 24 , 475–500.

Behnam Vahdani et al. (2013). A new design of the elimination and choice translating reality method for multi-criteria group decision-making in an intuitionistic fuzzy environment. *Applied Mathematical Modelling* 35 , 4257-4269.

Bojan Srdjevic. (2007). Linking analytic hierarchy process and social choice methods to support group decision-making in water management. *Decision Support Systems* 42 , 2261–2273.

C. Muralidharan et al. (2002). A Multi-Criteria Group Decisionmaking Model for Supplier Rating. *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply* .

C. Muralidharan et al. (2002). A Multi-Criteria Group Decisionmaking Model for Supplier Rating. *The Journal of Supply Chain Management* .

Cengiz Kahraman et al. (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information Sciences* 157 , 135-153.

- Cengiz Kahraman et al. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management* 16 , 382-394.
- Chen-Tung Chen. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems* 114 , 1-9.
- Chia-Chang Hung and Liang-Hsuan Chen. (2009). A Fuzzy TOPSIS Decision Making Model with Entropy Weight under Intuitionistic Fuzzy Environment. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*. Hong Kong.
- Chung-Hsing Yen and Yu-Hern Chang. (2009). Modeling subjective evaluation for fuzzy group multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research* 194 , 464–473.
- Chunqiao Tan. (2011). A multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making with Choquet integral-based TOPSIS. *Expert Systems with Applications* 38 , 3023-3033.
- Da-Yong Chang. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research* 95 , 649-655 .
- Efraim Turban et al. (2011). A Framework for Adopting Collaboration 2.0 Tools for Virtual Group Decision Making. *Group Decision and Negotiation* .
- Elena Tsiporkova and Veselka Boeva. (2006). Multi-step ranking of alternatives in a multi-criteria and multi-expert decision making environment. *Information Sciences* .
- Elena Tsiporkova and Veselka Boeva. (2006). Multi-step ranking of alternatives in a multi-criteria and multi-expert decision making environment. *Information Sciences* 176 , 2673–2697.
- Ermatita et al. (2011). ELECTRE METHODS IN SOLVING GROUP DECISION SUPPORT SYSTEM BIOINFORMATICS ON GENE MUTATION DETECTION SIMULATION. *International Journal of Computer Science & Information Technology Vol 3, No 1* .
- Fatih Emre Boran et al. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications* 36 , 11363–11368.
- Fiorenzo Franceschini et al. (2016). A new proposal for fusing individual preference orderings by rank-ordered agents: A generalization of the Yager's algorithm. *European Journal of Operational Research* , 209-223.
- Francisco Rodrigues Lima Junior et al. . (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing* .
- George Rigopoulos et al. (2008). Group Decision Methodology for Collaborative Multicriteria Assignment. *World Applied Sciences Journal* 4 (1) , 155-163.
- George Rigopoulos et al. (2008). Group Decision Methodology for Collaborative Multicriteria Assignment. *World Applied Sciences Journal*.
- Gizem Çifçi and Gülçin Büyüközkan. (2011). A Fuzzy MCDM Approach to Evaluate Green Suppliers. *International Journal of Computational Intelligence Systems Vol. 4, No. 5* , 894-909.
- Gregory E. Kersten. (1985). NEGOT - Group Decision Support System. *Information & Management* .

- Gülçin Büyüközkan. (2012). An integrated fuzzy multi-criteria group decision making approach for green supplier evaluation. *International Journal of Production Research* Vol. 50, No. 11 , 2892–2909.
- Hsu-Shih Shih et al. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling* 45 , 801–813.
- Ibrahim Cil et al. (2005). A new collaborative system framework based on a multiple perspective approach: IntelliTeam. *Decision Support Systems* 39 , 619 – 641.
- J.Malczewski et al. (1997). Multicriteria Group Decision-making Model for Environmental Conflict Analysis in the Cape Region, Mexico. *Journal of Environmental Planning and Management* 40(3) , 349-374.
- Jacek Malczewski. (1996). A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems* 10:8 , 955-971.
- James Scott et al. (2015). A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. *Int. J. Production Economics* 166 , 226-237.
- Jian-qiang Wang et al. (2015). An Uncertain Linguistic Multi-criteria Group Decision-Making Method Based on a Cloud Model. *Group Decision Negotiation* 24 , 171–192.
- Jian-qiang Wang et al. (2013). Atanassov's Interval-valued Intuitionistic Linguistic Multi-criteria Group Decision-making Method Based on Trapezium Cloud Model. *IEEE* .
- Juan Carlos Leyva López and Dina Esperanza López Elizalde. (2002). Effect of the Coordination Modes in Supporting Group Multiple Criteria Decision Making in a Distributed and Asynchronous Environment. *Sto J. H. Pino. Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Juan Carlos Leyva López and Pável Anselmo Álvarez Carrillo. (2013). SADGAGE: A MCGDSS to Solve the Multicriteria Ranking Problem in a Distributed and Asynchronous Environment. *Eureka-2013. Fourth International Workshop Proceedings*.
- Juan Carlos Leyva-Lopez and Eduardo Fernandez-Gonzalez. (2003). A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. *European Journal of Operational Research* 148 , 14-27.
- Juan M. Sánchez-Lozano et al. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* .
- Juinyi Chai and James N.K. Liu. (2010). A NOVEL MULTICRITERIA GROUP DECISION MAKING APPROACH WITH INTUITIONISTIC FUZZY SIR METHOD. *World Automation Congress* .
- Jutta Geldermann et al. (2003). *Multi-criteria group decision support for integrated technique assessment*.
- Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management* 19 , 19-27.
- Kavita Devi & Shiv Prasad Yadav. (2012). A multicriteria intuitionistic fuzzy group decision making for plant location selection with ELECTRE method. *Int J Adv Manuf Technol* , 1219–1229.



Klaus D. Goepel . (2013). *IMPLEMENTING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AS A STANDARD METHOD FOR MULTI-CRITERIA DECISION MAKING IN CORPORATE ENTERPRISES – A NEW AHP EXCEL TEMPLATE WITH MULTIPLE INPUTS*. Ανάκτηση από Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/275584446>

LaTeXML. (2016). *Στοχαστικά Συστήματα – Μέθοδοι Monte Carlo*.

Lean Yu and Kin Keung Lai. (2011). A distance-based group decision-making methodology for multi-person multi-criteria emergency decision support. *Decision Support Systems* 51 , 307-3015.

Luciana Hazin Alencar et al. (2008). A multicriteria group decision model aggregating the preferences of decision-makers based on electre methods.

Luciana Hazin Alencar et al. (2010). *A multicriteria group decision model aggregating the preferences of decision-makers based on electre methods*.

Luis C. Dias and Joao N. Climaco. (2000). ELECTRE TRI for Groups with Imprecise Information on Parameter Values. *Group Decision and Negotiation* 9 , 355-377.

Madjid Tavana and Adel Hatami-Marbini. (2011). A group AHP-TOPSIS framework for human spaceflight mission planning at NASA. *Expert Systems with Applications* 38 , 13588-13603.

Malcolm J. Beynon. (2005). A method of aggregation in DS/AHP for group decision-making with the non-equivalent importance of individuals in the group. *Computers & Operations Research* 32 , 1881–1896.

Malcolm J. Beynon. (2006). The Role of the DS/AHP in Identifying Inter-Group Alliances and Majority Rule Within Group Decision Making. *Group Decision and Negotiation* 15 , 21-42.

Miłosz Kadzinski et al. (2013). Selection of a Representative Value Function for Robust Ordinal Regression in Group Decision Making. *Group Decis Negot* .

Miłosz Kadzinski et al. (2013). Selection of a Representative Value Function for Robust Ordinal Regression in Group Decision Making. *Group Decision Negotiation* .

Mohammad Izadikhah. (2012). Group Decision Making Process for Supplier Selection with TOPSIS Method under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Numbers. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Fuzzy Systems* , Article ID 407942.

Mui-How Phua and Mitsuhiro Minowa. (2005). A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning* 71 , 207-222.

N. Matsatsinis et al. (2005). Aggregation and Disaggregation of Preferences for Collective Decision-Making. Στο *Group Decision and Negotiation*. Springer.

Nikolaos F. Matsatsinis and Pavlos Delias. (2004). A Multi-criteria Protocol for Multi-agent Negotiations. Στο G. V. (Eds.), *Methods and Applications of Artificial Intelligence* (σσ. 103–111).

Noel (Kweku-Muata) Bryson and Anito Joseph. (1999). Generating consensus priority point vectors: a logarithmic goal programming approach. *Computers & Operations Research* 26 , 637-643.

Olabisi E. Falowo. (2011). RAT Selection for Multiple Calls in Heterogeneous Wireless Networks Using Modified TOPSIS Group Decision Making Technique.

Oliver Meixner. (2009). *FUZZY AHP GROUP DECISION ANALYSIS AND ITS APPLICATION FOR THE EVALUATION OF ENERGY SOURCES*. Ανάκτηση από Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/255595355>

Olivier Cailloux et al. (2012). Eliciting ELECTRE TRI category limits for a group of decision makers. *European Journal of Operational Research* 233 (1) , 133-140.

Pavlos Delias and Nikolaos Matsatsinis. (2010). MCDA & Agents: Supporting Effective Resource Federation in Virtual Organizations. Στο L. John Wiley & Sons.

Pavlos Delias et al. (2013). Robustness-oriented Group Decision Support. A Case from Ecology Economics. *Procedia Technology* .

Peide Liu and Fang Jin. (2012). Methods for aggregating intuitionistic uncertain linguistic variables and their application to group decision making. *Information Sciences* 205 , 58- 71.

Peri H. Iz. (1992). Two multiple criteria group decision support systems based on mathematical programming and ranking methods. *European Journal of Operational Research* 61 , 245-253.

Peri H. Iz. (1991). Group Decision Support and Multiple Criteria Optimization. *IEEE* .

Piotr Jaskowski et al. (2010). Assessing contractor selection criteria weights with fuzzy AHP method application in group decision environment. *Automation in Construction* 19 , 120–126.

R.C. Van den Honert. (1998). Stochastic group preference modelling in the multiplicative AHP: A model of group consensus. *European Journal of Operational Research* 110 , 99-111.

R.C. Van Den Horner. (2001). Decisional Power in Group Decision Making: A Note on the Allocation of Group Members' Weights in the Multiplicative AHP and SMART. *Group Decision and Negotiation* 10 , 275-286.

Ralph E. Steuer and Eng-Ung Choo. (1983). AN INTERACTIVE WEIGHTED TCHEBYCHEFF PROCEDURE FOR MULTIPLE OBJECTIVE PROGRAMMING. *Mathematical Programming* .

Risto Lahdelma et al. . (2005). Reference point approach for multiple decision makers. *European Journal of Operational Research* 164 , 785–791.

Robert F. Easley et al. (2000). Capturing group preferences in a multicriteria decision. *European Journal of Operational Research* .

Salem Chakhar and Inès Saad. (2012). Dominance-based rough set approach for groups in multicriteria classification problems. *Decision Support Systems* 54 , 372-380.

Salvatore Greco et al. (2009). The Possible and the Necessary for Multiple Criteria Group Decision. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg* .

Salvatore Greco. (2012). Robust ordinal regression for multiple criteria group decision: UTAGMS-GROUP and UTADISGMS -GROUP. *Decision Support Systems* .

- Shide Sadat Hashemi et al. (2016). Multicriteria group decision making with ELECTRE III method based on interval-valued intuitionistic fuzzy information. *Applied Mathematical Modelling* 40 , 1554-1564.
- Shyi-Ming Chen and Li-Wei Lee. (2010). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. *Expert Systems with Applications* 37 , 2790–2798.
- Soroush Saghafian and S.Reza Hejazi. (2005). Multi-criteria Group Decision Making Using A Modified Fuzzy TOPSIS Procedure. *International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce* .
- T.-C. Chu. (2002). Selecting Plant Location via a Fuzzy TOPSIS Approach. *Int J Adv Manuf Technol* 20 , 859–864.
- Ta-Chung Chu and Yi-Chen Lin. (2002). Improved extensions of the TOPSIS for group decisionmaking under fuzzy environment. *Journal of Information and Optimization Sciences Vol. 23 No.2* , 273-286.
- Ting-Cheng Chang & Hui Wang. (2016). A Multi Criteria Group Decision-making Model for Teacher Evaluation in Higher Education Based on Cloud Model and Decision Tree. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 12(5) , 1243-1262.
- Ting-Yu Chen. (2014). An ELECTRE-based outranking method for multiple criteria group decision making using interval type-2 fuzzy sets. *Information Sciences* 263 , 1-21.
- Vincent S. Lai et al. . (2002). Group decision making in a multiple criteria enviroment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research* .
- Vincent S. Lai. (2002). Group decision making in a multiple criteria enviroment: A case using AHP in software selection. *European Journal of Operational Research* 137 , 134-144.
- Wang Jian-qiang et al. (2014). Method of multi-criteria group decision-making based on cloud aggregation operators with linguistic information. *Information Sciences* .
- Xiaojun Yang et al. (2013). How to handle uncertainties in AHP: The Cloud Delphi hierarchical analysis. *Information Sciences* 222 , 384-404.
- Yanbing Ju and Aihua Wang. (2012). Emergency alternative evaluation under group decision makers: A method of incorporating DS/AHP with extended TOPSIS. *Expert Systems with Applications* 39 , 1315-1323.
- Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis. (2010). New Trends in Aggregation-Disaggregation. Στο C. Z. Pardalos, *Handbook of Multicriteria Analysis*.
- Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis. (2016). New Trends in Aggregation-Disaggregation. Στο C. Z. Pardalos, *Handbook of Multicriteria Analysis*.
- Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis. (2017). New Trends in Aggregation-Disaggregation. Στο C. Z. Pardalos, *Handbook of Multicriteria Analysis*.
- Yannis Siskos, Evangelos Grigoroudis, and Nikolaos F. Matsatsinis. (2016). UTA Methods. Στο *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*.

Yu-Jie Wang and Hsuan-Shih Lee. (2006). Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. *Computers and Mathematics with Applications* 53 , 1762–1772.

Zhongliang Yue. (2011). A method for group decision-making based on determining weights of decision makers using TOPSIS. *Applied Mathematical Modelling* 35 , 1926-1936.

Άννα Μόσχογλου. (2009). *Ανάπτυξη Εφαρμογής Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Αποφάσεων*. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.

Βλάχος Ν. Κωνσταντίνος. (2007).

*Ανάπτυξη της βάσης γνώσης ενός έμπειρου συστήματος για την επιλογή μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης*. Χανιά.

Γαρίτος Ζώης. (2012). *Λήψη συλλογικών αποφάσεων με ασαφείς αριθμούς σχέσεων υπεροχής*. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Γιάννης Α. Θεοδώρου . (2010). *INTRODUCTION to FUZZY LOGIC*. Ανάκτηση από ResearchGate.: <https://www.researchgate.net/publication/283565442>

Δρ. Τακβόρ Σουκισιάν. *Στοχαστικότητα: μελέτη, μοντελοποίηση και πρόβλεψη φυσικών φαινομένων*.

Ευάγγελος Γρηγορούδης. (1999). *Μεθοδολογία μέτρησης & ανάλυσης ικανοποίησης: μια πολυκριτήρια αναλυτική - συνθετική προσέγγιση*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.

Ευάγγελος Καπετανίδης. (2015). *ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΠΛΗΣ ΚΑΙ ΑΣΑΦΟΥΣ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ MATLAB*. ΧΑΝΙΑ: ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ.

Ευτυχία Γ. Ναθαναήλ. (2015). *Διαδικασία πολυκριτήριας ανάλυσης. Αναλυτική ιεραρχική μέθοδος*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας .

Θ. Μπελλάλη και Ι. Καραμήτρη. (2011). Η ερευνητική μεθοδολογία Delphi και η εφαρμογή της στις επιστήμες υγείας. *ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE* .

Θραψανιωτάκης Νικόλαος. (2016). *Αξιολόγηση της Εφαρμογής Μεθόδων Πολυκριτήριας Ανάλυσης στην επίλυση Προβλημάτων*. Χανιά.

Ιωάννης Αφενίδης. (2009). *Ολοκληρωμένος Ενεργειακός Σχεδιασμός Ξενοδοχείων με τη χρήση Μαθηματικού Προγραμματισμού*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Ιωάννης Γ. Παρασχάκης. (2012). *Αυτοματοποιημένη χαρτογραφία. Σύγκριση ντετερμινιστικών / στοχαστικών μοντέλων*. Θεσσαλονίκη.: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κωνσταντίνα Γ. Μιτελούδη. (2016). *Ανάπτυξη πολυκριτήριου συστήματος για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.

Ν. Ματσατσίνης. (2010). *ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ*. ΧΑΝΙΑ: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.

Πιερράκου Ευσαΐα. (2015). *Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων στη Ναυτιλία*. Πειραιάς.

Σιαμπίρη Ανθή. (2010). *Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Αξιολόγησης*. Αθήνα: Εθνικό Καποδιστριακό Ίδρυμα Αιγινών.

Turg Bui and Matthias Jarke. (1984). A DSS for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making. *Working Paper Series* .

Y. Siskos and A. Spyridakos. (1999). Intelligent Multicriteria Decision Support: Overview and Perspectives. *European Journal of Operational Research, Elsevier*, 113 , 236-246.

Φωτεινή Καλαφάτη. (2017). *Ομαδοποίηση διατάξεων προτίμησης βασιζόμενη στην πολυκριτήρια ανάλυση και σε μεθόδους σύνθεσης και δόμησης και δόμησης των προτιμήσεων.*

Χάρης Δούκας, Πάνος Ξυδώνας, Ιωάννης Ψαρράς. (2015). *Η μέθοδος TOPSIS*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Χριστίνα Ευαγγέλου και Νίκος Καρακαπιλίδης. *Πολυκριτήρια Ανάλυση και Λήψη Αποφάσεων.*