

*Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα  
Σχολή Διοίκηση και Οικονομία  
Τμήμα Διοίκηση Επιχειρήσεων*

## *Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στην Ναυτιλία*

### *Decision Support Systems in ships management*



#### *Επιμέλεια:*

*Πιερράκου Ευσαΐα*

*Α.Μ. 7685*

#### *Επιβλέπων καθηγητής:*

*Γιαννακόπουλος Διονύσης*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιαστούν οι δυνατότητες των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων, αλλά και η χρησιμότητα τους για τον κλάδο της ναυτιλίας. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και των ηλεκτρονικών υπολογιστών διευκόλυνε την ανάπτυξη μοντέλων, τα οποία με την σειρά τους βοηθούν κάθε επιχείρηση να λαμβάνει τις βέλτιστες αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο. Συγκεκριμένα, στον κλάδο της ναυτιλίας η χρήση συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων είναι καθημερινότητα. Είναι ένα απαραίτητο εργαλείο, λόγω του όγκου διακίνησης, αλλά και της εμβέλειας στην οποία δραστηριοποιείται, η οποία έχει και παγκόσμιο χαρακτήρα. Επιπλέον, λόγω του μεγέθους των εταιριών στον συγκεκριμένο κλάδο, καλούνται να διαχειρίζονται και μεγάλο αριθμό εργαζομένων, όπου ένα από τα κυριότερα προβλήματα που προκύπτουν είναι η ανάθεση του πληρώματος. Με την χρήση συστημάτων υποστήριξης απόφασης, έχουν καταφέρει να επιλύσουν πολύπλοκα προβλήματα, αλλά και να δημιουργήσουν συστήματα για την πρόληψη. Τέλος, για να κατανοηθεί η έννοια των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων αλλά και ο ρόλος τους στην ναυτιλία, αναπτύσσεται ένα μοντέλο για ομαδική λήψη αποφάσεων σε πολυκριτηριακό περιβάλλον, με την χρήση της Fuzzy Set Theory και της μεθόδου TOPSIS.

## ABSTRACT

This thesis is an attempt to present the capabilities of Decision Support Systems and also the usefulness of DSS for the shipping industry. The rapid development of technology and computer facilitated the development of models, which in their turn help any business to take the best decisions in real time. Specifically, in the shipping industry the use of decision support systems is routine. They are essential tool due the volume and the global range that maritime industry operates. Moreover, due to the size of these companies, are invited to manage a large number of employees, one of the main problems arising is the crew scheduling. Using decision support systems are able to solve complex problems and create systems for prevention. Finally, to understand the concept of decision support systems and their role in shipping, a model is developed for multicriteria group decision making using the Fuzzy Set Theory and TOPSIS method.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT .....	1
Εισαγωγή .....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	6
1. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων.....	6
1.1. Εισαγωγή .....	6
1.2. Η έννοια του Συστήματος.....	6
1.3. Πληροφοριακά Συστήματα .....	7
1.4. Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης .....	7
1.5. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων .....	8
1.5.1. Απόφαση .....	9
1.5.2. Λήψη Αποφάσεων .....	10
1.5.3. Μοντέλα Αποφάσεων .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	13
2. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στην Ναυτιλία .....	13
2.1. Εισαγωγή .....	13
2.2. Πρόβλημα Ανεφοδιασμού Καυσίμων.....	15
2.3. Πρόβλημα Ανάθεσης του Πληρώματος .....	19
2.4. Ασφάλεια και Προστασία του περιβάλλοντος .....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	25
3. Ομαδική λήψη απόφασης με την χρήση της FST και της μεθόδου TOPSIS.....	25
3.1. Εισαγωγή .....	25
3.2. Μεθοδολογία Μοντέλου .....	27
3.2.1. Στάδιο Εκτίμησης – 1 <sup>ο</sup> Στάδιο.....	28
3.2.2. Στάδιο Συμφωνίας – 2 <sup>ο</sup> Στάδιο .....	28
3.2.3. Στάδιο Μετατροπής – 3 <sup>ο</sup> Στάδιο.....	31
3.2.4. Μέθοδος TOPSIS – 4 <sup>ο</sup> Στάδιο .....	31
3.3. Χρήση της FST και της TOPSIS σε πρόβλημα επιλογής στόλου .....	34
3.3.1. Περιγραφή του προβλήματος.....	34
3.3.2. Στάδιο Εκτίμησης.....	34
3.3.3. Στάδιο Συμφωνίας .....	36
3.3.4. Στάδιο Μετατροπής.....	38
3.3.5. Μέθοδος TOPSIS .....	38
Συμπεράσματα.....	40
Βιβλιογραφία .....	41

## Πίνακες

Πίνακας 1: The bunkering data .....	15
Πίνακας 2: Αποτελέσματα μετά την χρήση του προγράμματος. ....	16
Πίνακας 3: Άνω και Κάτω όρια .....	17
Πίνακας 4: LP coefficient matrix .....	18
Πίνακας 5: Assignment Penalty Table.....	19
Πίνακας 6: Εναλλακτικές επιλογές με χρωματικές διαφορές. ....	19
Πίνακας 7: Προτιμήσεις αποφασίζοντα .....	20
Πίνακας 8: Πίνακας κριτηρίων με τις βαρύτητες τους.....	21
Πίνακας 9: Πίνακας κριτηρίων με βαρύτητες σύμφωνα με άλλον αποφασίζοντα.....	21
Πίνακας 10: Ποσοστά Ρύπανσης ανά πηγή.....	22
Πίνακας 11: Κριτήρια επιλογής πλοίου .....	34
Πίνακας 12: Βάρη Αξιολογητών (αριστερά). Βάρη κριτηρίων (δεξιά).....	35
Πίνακας 13: Αποτελέσματα από την αξιολόγηση. ....	35
Πίνακας 14: Αντιστοιχία των γλωσσικών μεταβλητών στους ασαφή αριθμούς .....	35
Πίνακας 15: Βαθμοί συμφωνίας.....	36
Πίνακας 16: Μέσος βαθμός Συμφωνίας.....	36
Πίνακας 17: Σχετικός βαθμός συμφωνίας.....	36
Πίνακας 18: Βαθμός σύγκλησης απόψεων των αξιολογητών με βαθμό χαλάρωσης $\beta=0,3$ . ....	37
Πίνακας 19: Βαθμός συμφωνίας σε Fuzzy numbers. ....	37
Πίνακας 20: (αριστερά) Αποτελέσματα από defuzzification. (κέντρο) Κανονικοποίηση των defuzzified τιμών. (δεξιά) Κανονικοποιημένες τιμές συμπεριλαμβανομένων και των βαρυτήτων των κριτηρίων. ...	38
Πίνακας 21: Απόσταση κάθε εναλλακτικής λύσης από την ιδανική και μη – ιδανική λύση .....	38
Πίνακας 22: Αποστάσεις κάθε εναλλακτικής από την ιδανική λύση. ....	39

## Σχήματα

Σχήμα 1: Απλοποιημένη εικόνα Συστήματος .....	6
Σχήμα 2: Τετραδιάστατη διαδικασία μοντελοποίησης προβλημάτων απόφασης.....	11
Σχήμα 3: Αναλυτική – συνθετική προσέγγιση .....	12
Σχήμα 4: Χαρακτηριστική συνάρτηση κλασσικού συνόλου.....	26
Σχήμα 5: Ασαφή σύνολα.....	26
Σχήμα 6: Το μοντέλο σε τέσσερα στάδια. ....	27
Σχήμα 7: Μέθοδος centroid.....	31

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει κατανοητό από τις επιχειρήσεις ότι για την επιβίωση τους είναι απαραίτητο να υπάρχει σωστή διαχείριση της πληροφορίας. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιφέρει την ικανότητα να συλλέγεται και να διαχειρίζεται με αποτελεσματικότητα κάθε πληροφορία. Στην δεκαετία του 1940 ερευνητές από διάφορους επιστημονικούς κλάδους δώσανε μια προσέγγιση για την θεωρία του συστήματος, αναγνωρίζοντας ότι κάθε οντότητα μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος ενός μεγαλύτερου συνόλου. Με αυτό τον τρόπο αναπτύχθηκαν νέοι επιστημονικοί κλάδοι, όπως η διοίκηση επιχειρήσεων και η επιχειρησιακή έρευνα. Οι επιχειρήσεις με την χρήση των σύγχρονων πλέον συστημάτων, τα οποία είναι και βασιζόμενα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, έχουν καταφέρει να λαμβάνουν αποτελεσματικότερα και με ευκολία αποφάσεις.

Τις επόμενες δεκαετίες παράλληλα με την εξέλιξη της τεχνολογίας, εξελίσσονται και τα συστήματα, όπου και αρχίζουν να ξεχωρίζουν τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Πολλοί ερευνητές άρχισαν να υποστηρίζουν ότι ο ρόλος των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων είναι διαφορετικός από των υπόλοιπων συστημάτων και των μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας. Επιπλέον, από το 1960 και για την επόμενη εικοσαετία, οι επιστήμονες έχουν εστιάσει στην έννοια των αποφάσεων και τις διαχωρίζουν σύμφωνα με την οπτική γωνία του εκάστοτε ερευνητή.

Η εισαγωγή των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στις επιχειρήσεις, είχε σημαντική επίδραση σε αυτές, καθώς αντιμετωπίζουν καθημερινά προβλήματα. Συγκεκριμένα, στον κλάδο της ναυτιλίας τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων είναι καθημερινό εργαλείο λήψης αποφάσεων για τις εταιρείες. Ο καθημερινός όγκος διακίνησης, όπως και η διαχείριση όχι μόνο του προσωπικού αλλά και του πληρώματος για κάθε πλοίο, καθιστά πολύπλοκη την λήψη οποιαδήποτε απόφασης. Ωστόσο, αυτή η πολυπλοκότητα δίνει την τροφή για την ανάπτυξη των συστημάτων.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στην ναυτιλία, καθώς και παρουσίαση ενός μοντέλου για την ομαδική λήψη απόφασης σε πολύ-κριτηριακό περιβάλλον με την χρήση της Fuzzy Set Theory και της μεθόδου TOPSIS. Η εργασία έχει δομηθεί σε τρία κεφάλαια, στο πρώτο γίνεται μια αναδρομή για τα συστήματα και παρουσιάζεται η εξέλιξη τους, στο δεύτερο παρουσιάζονται τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων στην ναυτιλία, πως χρησιμοποιούνται, ενώ παραθέτονται τρία παραδείγματα. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα μοντέλο για την επιλογή πλοίου. Πιο συγκεκριμένα:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πορεία των συστημάτων, κατά την οποία άρχισαν να χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις ολόένα και περισσότερο με αποτέλεσμα να γίνεται

σταδιακά μια νέα επιστήμη. Κατά την δεκαετία του 1950 επεκτάθηκε ραγδαία, λόγω της εισαγωγής των ηλεκτρονικών υπολογιστών στα πληροφοριακά συστήματα. Έπειτα από μια δεκαετία, το 1960, άρχισε να γίνεται και ο λόγος για τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων ως προέκταση των πληροφοριακών συστημάτων διοίκησης και να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην σοβαρότητα των αποφάσεων, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαδικασιών για την επίλυση και την λήψη αποφάσεων, βασισμένη σε μοντέλα αποφάσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο κλάδος της ναυτιλίας, ο οποίος διαφοροποιείται όσο αφορά το επιχειρησιακό πλαίσιο, λόγω του χαρακτήρα του. Παράλληλα, αναφέρονται οι χρήσεις των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στον κλάδο, ενώ παραθέτονται παραδείγματα για τρεις χαρακτηριστικές περιπτώσεις.

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα μοντέλο για την ομαδική λήψη απόφασης με την χρήση της Fuzzy Set Theory και της μεθόδου TOPSIS σε πολύ-κριτηριακό περιβάλλον. Αναλύεται σε τέσσερα στάδια, το στάδιο εκτίμησης, το στάδιο συμφωνίας, το στάδιο μετατροπής και τέλος το στάδιο στο οποίο γίνεται η χρήση της TOPSIS. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει την δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων με μεγάλο αριθμό εναλλακτικών λύσεων, κριτηρίων ακόμα και αξιολογητών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

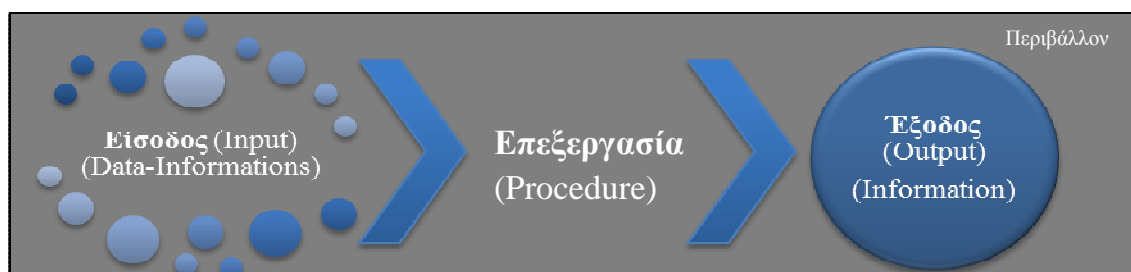
### 1.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια κάθε πτυχή της διοίκησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον παράγοντα πληροφορία. Με την έγκαιρη και έγκυρη πληροφορία μπορούμε να σχεδιάσουμε αποτελεσματικά έναν οργανισμό, παρέχοντας την απαραίτητη γνώση (όπως τα δυνατά και αδύνατα σημεία του, τις τάσεις της αγοράς κτλ), ώστε να ευδοκιμεί. Όλα αυτά προϋποθέτουν ένα ανεπτυγμένο πληροφοριακό σύστημα διοίκησης (Management Information System – M.I.S.), το οποίο θα είναι το εργαλείο που θα υποστηρίζει τον σχεδιασμό της καλύτερης αξιοποίησης των πόρων της επιχείρησης. Ωστόσο, στις αρχές της δεκαετίας του '70 κάνουν την εμφάνιση τους τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System – D.S.S.) με στόχο να συμπληρώσουν τα παραδοσιακά M.I.S. και μαζί να συνθέσουν ένα δυναμικό πλαίσιο για αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη οργάνωση και διοίκηση.

### 1.2. Η έννοια του Συστήματος

Σύστημα (System) ορίζεται ένα σύνολο από οντότητες που συνεργάζονται για την επίτευξη ενός στόχου, παρόλα αυτά, ένας πιο ακριβής ορισμός, προσδιορίζει την έννοια του συστήματος ως ένα σύνολο στοιχείων, διαρθρωμένο με κάποια συγκεκριμένη οργανωτική δομή που επιτελεί μια σειρά δραστηριοτήτων και επιδιώκει την επίτευξη ενός προκαθορισμένου σκοπού. Ο σκοπός αυτός είναι ο λόγος ύπαρξης του.

Γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι ένα σύστημα είναι ένα σύνολο συνιστωσών ή στοιχείων (Components or Elements) οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με τη βοήθεια Διαδικασιών (Procedures) και μετασχηματίζουν κάποιους πόρους, που δέχονται Είσοδο (Input), σε κάποιο αποτέλεσμα, την Έξοδο (Output) (Γιαννακόπουλος & Παπουτσή, 2012).



Σχήμα 1: Απλοποιημένη εικόνα Συστήματος

### 1.3. Πληροφοριακά Συστήματα

Για τα Πληροφοριακά Συστήματα (IS) υπάρχει ένα πλήθος ορισμών, από τους οποίους μπορούμε να κατανοήσουμε ότι το I.S. είναι ένα επιχειρησιακό σύστημα, το οποίο επεξεργάζεται στοιχεία από το περιβάλλον του οργανισμού και δίνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, για την λήψη των αποφάσεων στην διοίκηση του οργανισμού (MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS: State of the Art Surveys, 2005).

Σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, τα πληροφοριακά σύστημα είναι ένα σύνολο αλληλοσχετιζόμενων στοιχείων, τα οποία συλλέγουν (collect), επεξεργάζονται (process), αποθηκεύουν (store) και κατανέμουν (distribute), πληροφορίες που υποστηρίζουν τη λήψη των αποφάσεων σε έναν οργανισμό.

Κάθε οργανισμός και κάθε επιχείρηση αποτελείται από πολλά επιχειρησιακά συστήματα, όπου στόχος τους είναι να επεξεργαστούν εισόδους και να παράγει εξόδους.

### 1.4. Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης

Όταν ένα σύστημα είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος, λέγεται υποσύστημα ενώ το μεγαλύτερο σύστημα θεωρείται ότι είναι το περιβάλλον του. Όπως και στην περίπτωση των Πληροφοριακών Συστημάτων Διοίκησης (Management Information Systems), η έννοια τους εξελίχθηκε σε ένα σύνολο πληροφοριακών υποσυστημάτων.

Ας θεωρήσουμε ένα Πληροφοριακό Σύστημα το οποίο, σαν υποσύστημα ενός οργανισμού, έχει σαν στόχο να παρέχει πληροφορίες στα όργανα διοίκησης, επεξεργαζόμενο διάφορα δεδομένα, με σκοπό να υποστηρίζει διοικητικές πράξεις και αποφάσεις για την αποτελεσματικότερη άσκηση των καθηκόντων τους. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται Πληροφοριακό Σύστημα Διοίκησης (Π.Σ.Δ., αγγλικός όρος Management Information System ή εν συντομία M.I.S.).

Οι εισροές σε ένα τέτοιο σύστημα είναι τα Δεδομένα (Data) και οι εκροές Πληροφορίες (Information), όπου δεδομένα είναι η παράσταση γεγονότων, εννοιών ή εντολών σε τυποποιημένη μορφή, που είναι κατάλληλη για επικοινωνία, ερμηνεία ή επεξεργασία από τον άνθρωπο ή από τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (H/Y). Η εισαγωγή των H/Y στα πληροφοριακά συστήματα έγινε στα μέσα της δεκαετίας του 1950 και έκτοτε, επεκτάθηκε ραγδαία. Αυτό συντέλεσε και στη δημιουργία συστημάτων, που επεξεργάζονται μεγάλο όγκο δεδομένων. Πληροφορία είναι το αποτέλεσμα επεξεργασίας δεδομένων, έτσι ώστε ν' αποκτούν νόημα και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν με συγκεκριμένο τρόπο. Βάση Δεδομένων (database) θεωρείται ότι είναι μια οργανωμένη συλλογή σχετικών αρχείων στο πλαίσιο της λειτουργίας ενός



οργανισμού (HANDBOOK ON DECISION SUPPORT SYSTEM 1: Basic Themes, 2008) (Σίσκος, 2008) (Adeoti-Adekeye, 1997).

Τα πληροφοριακά συστήματα περιέχουν πληροφορίες οι οποίες έχουν μια συγκεκριμένη έννοια και χρήση. Μια «καλή» πληροφορία χαρακτηρίζεται από ακρίβεια, πληρότητα και αντικειμενικότητα αλλά επιβάλλεται να είναι άμεσα σχετιζόμενη με το θέμα που απαιτείται για τη σωστή λήψη απόφασης, να είναι διαθέσιμη στην κατάλληλη μορφή, την κατάλληλη στιγμή και να είναι εύκολα προσπελάσιμη. Οι πληροφορίες προέρχονται από την επιλογή των δεδομένων, την ερμηνεία τους και την παρουσίαση τους με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι χρήσιμες στους παραλήπτες.

### **1.5. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων**

Ο ραγδαίος ρυθμός εξέλιξης της πληροφορικής και οι συνεχείς αλλαγές στις ήδη πολύπλοκες διαδικασίες απόφασης είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των D.S.S.. Σε μια προσπάθεια τους να προσδιορίσουν τα D.S.S., οι Keen και Scott-Morton, υποστηρίζουν ότι ένα τέτοιο σύστημα σε έναν οργανισμό, αποσκοπεί στη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, για να προάγει την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών λήψης απόφασης. Ενώ οι Carlson και Sprague υποστηρίζουν ότι ο ρόλος των D.S.S. είναι διαφορετικός από των M.I.S. και των μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας, προσδιορίζοντας τα ως διαδικασίες υποστηριζόμενες από ηλεκτρονικό υπολογιστή που αποσκοπούν στην διεύρυνση του γνωστικού πεδίου των αποφάσεων σχετικά με το πρόβλημα που έρχονται αντιμέτωποι (Keen & Scott-Morton, 1978) (Σίσκος, 2008).

Ωστόσο, για να κατανοηθεί καλύτερα η έννοια ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων πρέπει πρώτα να υπάρξει μια σαφή εικόνα της έννοιας της απόφασης (decision).

### 1.5.1. Απόφαση

Απόφαση θεωρούνται όλες εκείνες οι ενέργειες που γίνονται από έναν ή περισσότερους ανθρώπους με στόχο την επιλογή ενός τρόπου δράσης μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών. Η διοίκηση μιας επιχείρησης λαμβάνει αποφάσεις, ώστε να δώσει λύσεις σε προβλήματα που αντιμετωπίζει η επιχείρηση.

Οι αποφάσεις χωρίζονται σε:

- ◆ Προγραμματιζόμενες Αποφάσεις

Είναι αποφάσεις επαναλαμβανόμενες, ενώ υπάρχει σχετική εμπειρία και είναι δυνατόν να προβλεφθούν οι συνέπειες και τα αποτελέσματα της απόφασης.

- ◆ Μη Προγραμματιζόμενες Αποφάσεις

Ασυνήθιστες αποφάσεις. Το πρόβλημα που της επιζητεί δεν προκύπτει συχνά και η διαδικασία λήψης τους στηρίζεται στη διαίσθηση, στην κρίση και σε εμπειρικούς κανόνες.

Οι Keen και Scott-Morton (1978) διακρίνουν τις αποφάσεις με βάση το βαθμό δόμησης τους σε (Keen & Scott-Morton, 1978)(Σίσκος, 2008):

- Δομημένες Αποφάσεις

Συνηθισμένες αποφάσεις, οι οποίες λαμβάνονται πολύ συχνά, υπάρχει εμπειρία στη λήψη τους και εμπεριέχουν το μικρότερο κίνδυνο. Το αποτέλεσμα της απόφασης είναι αρκετά ασφαλή σε σημείο να λαμβάνονται σχεδόν μηχανικά. Για αυτό το είδος των αποφάσεων είναι πολύ εύκολη η επίλυση τους από τους υπολογιστές μέσα από αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

- Αδόμητες Αποφάσεις

Οι αποφάσεις αυτές είναι οι δυσκολότερες. Δεν υπάρχει μεγάλη εμπειρία σε αυτές και ενέχουν υψηλό κίνδυνο. Δεν είναι ξεκάθαρο ποιά είναι η σωστή διαδικασία για τη λήψη της απόφασης. Μπορούμε όμως μέσω διαφόρων εργαλείων να στηρίξουμε την λήψη και να αυξήσουμε τις πιθανότητες λήψης της βέλτιστης επιλογής.

- Ημιδομημένες αποφάσεις

Βρίσκονται στο ενδιάμεσο των δυο προηγούμενων τύπων απόφασης. Κάποια μέρη της είναι καθορισμένα με σαφήνεια και κάποια άλλα εντελώς ασαφή. Υπάρχει μια εμπειρία η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί αλλά δεν είναι επαρκής.

Ωστόσο, σύμφωνα με τον L.T.Williams, λόγω της πολυπλοκότητας των συστημάτων και το επίπεδο του management και της λήψης αποφάσεων, οι αποφάσεις χωρίζονται στις εξής (Williams, 1997):

- Στρατηγικές  
Σε αυτό το επίπεδο ο σχεδιασμός και η λήψη αποφάσεων είναι για την επιβίωση και την ευημερία. Τέτοιες πληροφορίες τείνουν να είναι παράγωγα κυρίως εξωτερικών πηγών και για αυτό τα συστήματα πληροφοριών για αυτό το επίπεδο είναι πολύπλοκα, ακριβά και συνήθως προσανατολίζονται γύρω από τις αγορές, τον ανταγωνισμό και τη δημογραφική ανάλυση.
- Τακτικές  
Σε αυτό το επίπεδο οι πληροφορίες ασχολούνται με την τρέχουσα απόδοση, τη χρησιμοποίηση των πόρων και των βραχυπρόθεσμων προβλέψεων. Τα πληροφοριακά συστήματα σε αυτό το επίπεδο είναι ποικίλα και χρησιμοποιούν δεδομένα και από εσωτερικές και από εξωτερικές πηγές.
- Λειτουργικές  
Αυτό το επίπεδο είναι ιδιαίτερα λεπτομερές και χρησιμοποιούνται πληροφορίες που απορρέουν από τα επιχειρησιακά δεδομένα από το εσωτερικό του συστήματος. Βέβαια μπορεί και να χρειαστούν ορισμένα εξωτερικά δεδομένα κατά περίπτωση.

Είναι, λοιπόν, εμφανές ότι ο διαχωρισμός των αποφάσεων ποικίλει. Με βάση την οπτική γωνία του εκάστοτε μελετητή, προκύπτουν διαφορετικοί διαχωρισμοί ανάλογα με τα σημεία ενδιαφέροντος.

### **1.5.2. Λήψη Αποφάσεων**

Η λήψη αποφάσεων είναι το συνηθέστερο φαινόμενο της ανθρώπινης δραστηριότητας. Είναι αποτέλεσμα σύνθετων διαδικασιών, που έχουν στόχο να μελετήσουν και να αναλύσουν διεξοδικά τις επιπτώσεις όλων των εναλλακτικών αποφάσεων.

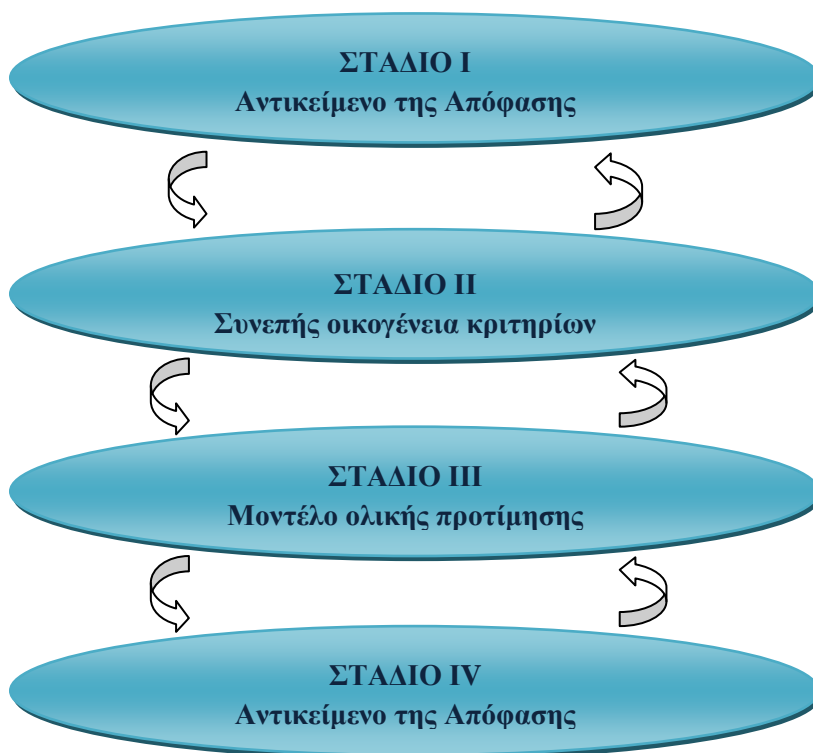
Κάθε άτομο ή συλλογικό όργανο, το οποίο με τη δράση του ή τις ενέργειες που κάνει επηρεάζει θετικά ή αρνητικά την εξέλιξη της διαδικασίας της απόφασης ονομάζεται εμπλεκόμενος φορέας ή εταίρος (actor) της διαδικασίας της απόφασης. Ο σημαντικότερος εταίρος, υπεύθυνος για την λήψη της απόφασης είναι ο αποφασίζων (αγγλ. decision maker, γαλλ. décideur). Η επιστημονική αντιμετώπιση είναι ο ρόλος του ερευνητή, ο οποίος έχει γνώσεις μοντέλων και μεθόδων επιχειρησιακής έρευνας και αποκαλείται «αναλυτής της απόφασης» (αγγλ. decision analyst, γαλλ. homme d'étude). Μεταξύ των δυο μπορεί να υπάρχει και άλλος μεσολαβητής (γαλλ. demandeur de l'étude), ο οποίος ενεργεί για λογαριασμό του αποφασίζοντος και συμβάλει στην αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ αποφασίζοντος και αναλυτή (Σίσκος, 2008).

Οι περισσότερες αποφάσεις μπορούν να χαρακτηριστούν πολυδιάστατες (multi-dimension) ή πολύ-κριτήριες (αγγλ. multi-criteria decision, γαλλ. décisions multi-critères).

### 1.5.3. Μοντέλα Αποφάσεων

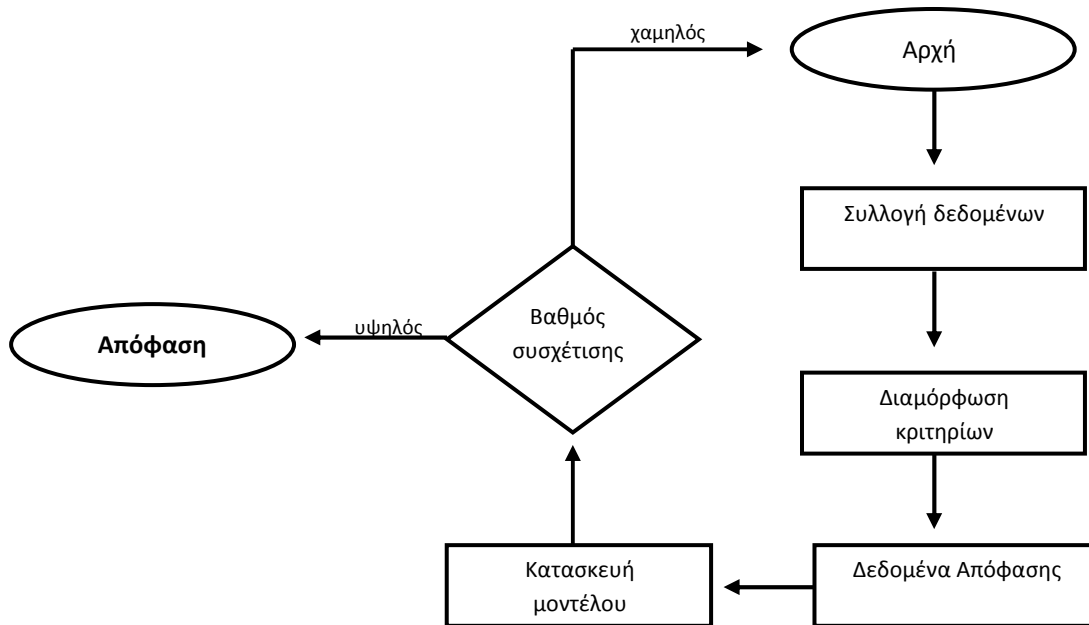
Η επιχειρησιακή έρευνα είναι η επιστήμη, η οποία αναπτύσσει διαδικασίες για την επίλυση προβλημάτων και την λήψη αποφάσεων, βασισμένη σε μοντέλα απόφασης (decision models) και διάφορες μεθόδους προσπαθεί να προσεγγίσει την βέλτιστη απόφαση. Μοντελοποίηση είναι η διαδικασία όπου κατασκευάζεται ένα μοντέλο για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα και βασικό ρόλο έχει ο ερευνητής – αναλυτής. Η κατασκευή ενός μοντέλου θεωρείται ως μια αναπαράσταση της πραγματικής κατάστασης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά δεδομένα (Μοσχονά, Χαλικιάς, & Χελιδώνης, 2010).

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, ο Bernard Roy προτείνει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο μοντελοποίησης, αποτελούμενο από τέσσερα στάδια. Η εφαρμογή του υπήρξε αποτελεσματική και αντιμετώπισε προβλήματα του management είτε ήταν απλά είτε σύνθετα (Σίσκος, 2008).



Σχήμα 2: Τετραδιάστατη διαδικασία μοντελοποίησης προβλημάτων απόφασης

Ωστόσο υπάρχουν δύο σημαντικές προσεγγίσεις στο γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο. Η συνθετική προσέγγιση, με παραδοσιακή αντίληψη που βασίζεται στην αρχή της γραμμικότητας και καθορίζεται από τα κριτήρια και η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση, η οποία εστιάζει στη συσχέτιση των πραγματικών δεδομένων απόφασης και του μοντέλου και επιτρέπει την βέλτιστη ανασύσταση μιας απόφασης. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αναλυτική προσέγγιση.



Σχήμα 3: Αναλυτική – συνθετική προσέγγιση

Όποια και αν είναι η περίπτωση, υπάρχει μια κοινή διαδικασία, στην οποία ζητείται από τον αποφασίζοντα να δηλώσει τις προτιμήσεις του, αξιολογώντας καθένα από τα κριτήρια. Πολλές φορές, τον ρόλο του αποφασίζον τον έχει και αυτός που θα φτιάξει το μοντέλο, διότι του ανατέθηκε, όπως για παράδειγμα ένα τμήμα προσωπικού όταν πρέπει να προσλάβει άτομα για την εταιρεία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### **2. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στην Ναυτιλία**

#### **2.1. Εισαγωγή**

Η ναυτιλία είναι μια από τις παλαιότερες βιομηχανίες στην παγκόσμια οικονομία. Υπήρξε η κινητήρια δύναμη του διεθνούς εμπορίου, όπου εδώ και αιώνες, με γεωγραφικό ορίζοντα δράσης χωρίς σύνορα, κατέχει το 90% του παγκόσμιου εμπορίου, ως ο κυριότερος αγωγός διακίνησης αγαθών. Από το 1980, το σύνολο του θαλάσσιου εμπορίου έχει αυξηθεί με συνεχή ανοδική πορεία, παράλληλα με τον εμπορικό στόλο.

Ο ναυτιλιακός κλάδος διαφοροποιείται όσο αφορά το επιχειρησιακό πλαίσιο, λόγω του πολυπολιτισμικού χαρακτήρα του. Παρόλα αυτά, όπως και κάθε επιχείρηση οι μονάδες παραγωγής είναι απαραίτητο να έχουν τη μέγιστη οικονομική αξιοποίηση, στον συγκεκριμένο κλάδο είναι τα πλοία, με σημαντικό λειτουργικό κόστος και μεγάλο επενδυτικό κεφάλαιο. Όλες οι επιχειρήσεις, όμως καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα που προκύπτουν και πολλές φορές, λόγω του γραμμικού τρόπου σκέψης, παίρνονται αποφάσεις χωρίς να γίνουν αντιληπτές σημαντικές μεταβολές (Visvikis, 2007).

Προκειμένου, λοιπόν, να αντιμετωπίζονται τα οποιαδήποτε προβλήματα και να υπάρχει η δυνατότητα βελτίωσης των οικονομικών επιδόσεων και η μείωση του κόστους, ώστε να δημιουργείται ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, είναι απαραίτητο να γίνεται ο κατάλληλος προγραμματισμός και η κατάλληλη ενημέρωση.

Η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη έρχεται να ενισχύσει και να στηρίξει τις επιχειρήσεις με συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη, να λαμβάνει σημαντικές αποφάσεις και να αναπροσαρμόζεται σε κάθε μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η πολυπλοκότητα αυτή είναι που ελκύει τα συστήματα και δίνει την τροφή για την εξέλιξη τους (Dimitras, Petropoulos, & Constantinidou, 2002) (Edwards, Ralph F. Miles, Jr, & Detlof von Winterfeldt, 2007) (Shen & Khoong, 1995) (Ronen, Cargo ships routing and scheduling: Survey of models and problems, 1983) (Ronen, Ship scheduling: The last decade, 1993).

Πιο συγκεκριμένα, κάθε χρόνο πάνω από 7 δισεκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων διακινούνται μέσω των θαλάσσιων μεταφορών και ο αριθμός αυξάνεται συνεχώς. Οι ναυτιλιακές εταιρείες με την ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και την χρήση λογισμικών (software), έχουν καταφέρει να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα με επιτυχία και να διαχειρίζονται τους μεγάλους όγκους που διακινούν.

Επιπλέον, χαρακτηριστικά σημεία χρήσης των D.S.S. είναι στην οργάνωση και σχεδιασμός ενός ταξιδιού, η ανάθεση του πληρώματος είναι ένα ακόμα πιο περίπλοκο πρόβλημα, διότι κάθε άτομο δεν ταιριάζει σε κάθε θέση και παράλληλα κάθε πλοίο δεν μπορεί να κυβερνηθεί και να κάνει το ταξίδι με οποιοδήποτε για πλήρωμα. Αυτό το πρόβλημα μεγαλώνει όταν κατανοηθεί ότι υπάρχουν περιπτώσεις, στις οποίες κάποιος από το πλήρωμα μπορεί να ταιριάζει σε παραπάνω από ένα πλοίο ως η βέλτιστη λύση και ως αποτέλεσμα να προκύπτει ότι σε κάποιο από τα πλοία δεν υπάρχει η δυνατότητα εφαρμοστεί η βέλτιστη λύση. Αυτό συμβαίνει κυρίως για τις υψηλόβαθμες θέσεις, όπως του καπετάνιου, του μηχανικού Α, ακόμα και του μάγειρα (Chief Cook). Επιπλέον, έχουν να αντιμετωπίσουν και τις προτιμήσεις του πληρώματος, αναφορικά με την σύνθεση του πληρώματος, όπως για παράδειγμα πολλές φορές οι καπετάνιοι δεν δέχονται την θέση αν δεν έχουν τον μάγειρα που εμπιστεύονται, ή λόγω της πολύ-εθνικότητας του πληρώματος υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί, διότι υπάρχει πιθανότητα αν στο πλήρωμα για παράδειγμα υπάρχουν άτομα από χώρες όπου έχουν πόλεμο μεταξύ τους ή διαμάχες, να υπάρξουν σοβαροί τσακωμοί με κίνδυνο να χαθούν ζωές, που όσο υπερβολικό και να ακούγεται, είναι πραγματικά γεγονότα που οι ναυτιλιακές αντιμετωπίζουν.

Επιπροσθέτως, τα D.S.S. έχουν δώσει λύση σε ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι ναυτιλιακές, όπου είναι και το μεγαλύτερο κόστος για τις εταιρίες. Το πρόβλημα αυτό είναι ο ανεφοδιασμός καυσίμων στα πλοία. Βασικός παράγοντας για το ταξίδι αλλά με αρκετούς περιορισμούς, όπως η χωρητικότητα των δεξαμενών για κάθε πλοίο, όπου είναι απαραίτητο να γίνονται συγκεκριμένες σταθμεύσεις για ανεφοδιασμό. Ωστόσο, κάθε λιμάνι στάσης είναι το πιο πιθανό να ανήκει σε διαφορετική χώρα και παράλληλα να διαφέρει και τιμή του καυσίμου. Κατά αυτό τον τρόπο το ερώτημα που διαμορφώνει το πρόβλημα είναι πόσο πρέπει να γεμίσει, ώστε να έχει το χαμηλότερο κόστος αλλά να μπορέσει να φτάσει στο επόμενο σημείο ανεφοδιασμού;

Τέλος, είναι φανερό ότι τα D.S.S. είναι προσαρμοσμένα για κάθε πρόβλημα, όπως φαίνεται και στα επόμενα παραδείγματα, όπου παρουσιάζονται τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στις συγκεκριμένες περιπτώσεις. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι τα D.S.S. χρησιμοποιούνται και σε προβλήματα όπως η ασφάλεια, ένα πρόβλημα εξίσου κρίσιμο με τα προηγούμενα. Όταν γίνεται αναφορά για την ασφάλεια, εστιάζεται σε τρεις παράγοντες κυρίως, την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής, την ασφάλεια του μεταφορικού και του φορτίου, και την ασφάλεια του περιβάλλοντος. Είναι ένα κομμάτι σημαντικό το οποίο περιλαμβάνει την πρόληψη των ατυχημάτων ώστε να μην υπάρχει κάποια ζημιά/απώλεια, την οργάνωση και προστασία σε περίπτωση τρομοκρατίας/πειρατείας, όπου είναι και μια από τις πιο δύσκολες και περίπλοκες απειλές που καλείται να διαχειριστεί (Tzannatos E. , 2003).

## 2.2. Πρόβλημα Ανεφοδιασμού Καυσίμων

Η οργάνωση ενός ταξιδιού και η προετοιμασία του πλοίου είναι ένα έργο με πολλαπλές εργασίες για το υπεύθυνο τμήμα, όπου είναι απαραίτητο να γνωρίζουν για την αγορά (τιμές, τάσεις, διαθεσιμότητες κ.α.), λεπτομέρειες για τα πλοία (τύπο καυσίμου, χωρητικότητα, ταχύτητα, κατανάλωση ανά μίλι κ.α.) και λειτουργικές πληροφορίες. Σε αυτό το τμήμα δρουν ως αποφασίζοντες και διαμορφώνουν το πλάνο. Ο στόχος τους είναι να βρουν, με την βοήθεια των DSS, το βέλτιστο κόστος για συγκεκριμένο ταξίδι με συνδυασμό την ασφάλεια και τους τεχνικούς περιορισμούς. Στις περισσότερες περιπτώσεις η εφαρμογή του πλάνου είναι μη αυτόματη, εφικτή και αρκετά καλή, αλλά δεν είναι η βέλτιστη. Η εφαρμογή ενός συστήματος, όπως το ακόλουθο, το οποίο παραδόθηκε και μελετήθηκε κατά την Πρακτική Άσκηση στη ναυτιλιακή εταιρία Δαναός, είναι ένα ακόμα μικρό παράδειγμα των δυνατοτήτων των DSS.

### *The Bunkering Problem*

Ένα πλοίο αναχωρεί από ένα λιμάνι  $A_1$ , θα αγκυροβολήσει για ανεφοδιασμό σε λιμάνια  $A_i$  ( $i = 2$  to  $n$ ) και θα φτάσει στο λιμάνι προορισμού  $A_n$  ( $n = 10$ ). Η αρχική ποσότητα καυσίμου που περιέχει (rob – remaining on board) είναι γνωστή  $a_1 = 50$ , όπως και η χωρητικότητα (cap – capacity) ίση με 230. Για κάθε ποσότητα που θα καταναλωθεί, ( $a_i - a_{i+1}$ ) αντιστοιχεί και τιμή  $p_i$ , για κάθε λιμάνι, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1, όπου στην στήλη “Tones to next” είναι η ποσότητα που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να φτάσει το πλοίο στο επόμενο λιμάνι.

Πίνακας 1: The bunkering data

Max capacity		230					
Port	ROB	Tones to next	Price (\$)	ARD	Bunkers	Sailed	$p_i * q_i$
A1	50	95	18				
A2		50	26				
A3		60	23				
A4		105	24				
A5		70	16				
A6		80	25				
A7		90	29				
A8		150	21				
A9		100	22				
A10			17				
					Σύνολο ( $p_i * q_i$ )		
					Κόστος Ταξιδιού		

Η εταιρεία ανέθεσε στο τμήμα να δημιουργήσει το πλάνο του ταξιδιού, υπολογίζοντας σε ποια λιμάνια πρέπει να ανεφοδιάζει το πλοίο και τι ποσότητες, ώστε να φτάσει στον προορισμό του με το ελάχιστο κόστος κατανάλωσης.



Το πρόβλημα είναι μια τυπική περίπτωση γραμμικού προγραμματισμού, με αντικειμενική συνάρτηση την ακόλουθη:

$$\min C = \min \left( \sum_{i=1}^{i=n} (q_i * p_i) \right) + a_1 * p_1 - cap * p_n$$

⇔

$$f = \sum_{i=1}^{i=n} (q_i * p_i)$$

Όπου  $a_i$  η ποσότητα που υπάρχει όταν το πλοίο φτάσει στο  $i$  λιμάνι, με τον πίνακα 1 να διαμορφώνεται ως εξής:

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα μετά την χρήση του προγράμματος.

Max capacity		230					
Port	ROB	Tones to next port	Price (\$)	ARD	Bunkers	Sailed	$p_i * q_i$
A1	50	95	18	50	180	230	3240
A2		50	26	135	0	135	0
A3		60	23	85	80	165	1840
A4		105	24	105	0	105	0
A5		70	16	0	230	230	3680
A6		80	25	160	10	170	0
A7		90	29	90	0	90	250
A8		150	21	0	230	230	4830
A9		100	22	800	20	100	440
A10			17	0	230	230	3910
Σύνολο ( $p_i * q_i$ )							18190
Κόστος Ταξιδιού							15180

Όπου ARD η ποσότητα, η οποία έχει το πλοίο σε κάθε λιμάνι πριν γίνει ο ανεφοδιασμός, Bunkers είναι η ποσότητα, την οποία ανεφοδιάζεται το πλοίο και Sailed η ποσότητα με την οποία το πλοίο αναχωρεί από το κάθε λιμάνι.

Έπειτα από τους περιορισμούς, υπολογίζοντας τα άνω (upper bound - ub) και κάτω όρια (lower bound - lb) όπως φαίνεται στον πίνακα 3:

$$lb = \sum_{i=k}^{i=1} c + rob$$

$$lb \leq \sum_{i=k}^{i=1} q_i + rob$$

$$ub = cap - rob + \sum_{i=k}^{i=1} c_{i-1}$$

$$ub_k \Rightarrow Q_k$$

Όπου  $k$  τα λιμάνια και  $c$  το κόστος.

**Πίνακας 3:** Άνω και Κάτω όρια

Lb: lower bound			Ub: upper bound	
lbi	<=	ci	ubi	<<=
lb1:c1-rob	45	95	cap-rob	180
lbi: lbi+ci	95	50	ubi+ci-1	275
	155	60		325
	260	105		385
	330	70		490
	410	80		560
	500	90		640
	650	150		730
	750	100		880
Sci-rob+cap	980	230	Sci+cap-eob	980

Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται η ποσότητα που έχει την δυνατότητα να ανεφοδιαστεί το πλοίο σε κάθε λιμάνι αλλά και η ποσότητα που μπορεί να αποφύγει, λόγω της τιμής αγοράς. Παράλληλα, υπολογίζεται και η ποσότητα που υπάρχει στο πλοίο, όπως και οι τιμές του καυσίμου για κάθε λιμάνι.

**Πίνακας 4:** LP coefficient matrix

Lb											Ub
<=	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	q10	<=
45	1										180
95	1	1									275
155	1	1	1								325
260	1	1	1	1							385
330	1	1	1	1							490
410	1	1	1	1	1						560
500	1	1	1	1	1	1					640
650	1	1	1	1	1	1	1				730
750	1	1	1	1	1	1	1	1			880
980	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	980

Πρέπει να δοθεί έμφαση στα  $ub$  και  $lb$  στο λιμάνι άφιξης, στο οποίο τα όρια είναι ίσα με τη συνολική κατανάλωση συν την μέγιστη χωρητικότητα μείον το  $rob$ . Δηλαδή το  $ub=180$  και  $lb=45$ .

Μπορεί λοιπόν να παρατηρηθεί, στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ότι παρόλο που μπορεί να λυθεί χειροκίνητα, θα σπαταληθεί πολύ χρόνος, επιπλέον όταν το πρόβλημα γίνει πιο πολύπλοκο δεν υπάρχει η δυνατότητα επίλυσης. Ωστόσο με την χρήση ενός LP solver μπορεί να βρεθεί με ευκολία η λύση.

### 2.3. Πρόβλημα Ανάθεσης του Πληρώματος

Μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες μια ναυτιλιακής εταιρείας είναι η ανάθεση του πληρώματος, δηλαδή η ανάθεση του σωστού ναυτικού στο σωστό πλοίο την σωστή στιγμή. Είναι ένα από τα μόνιμα προβλήματα που αντιμετωπίζει, διότι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα διοίκησης ανθρώπινου δυναμικού, η διαχείριση του ναυτικού πληρώματος είναι υψηλής δυσκολίας και πολυπλοκότητας, λόγω των ιδιοτεροτήτων του ναυτικού επαγγέλματος. Οι ναυτικοί δεν εργάζονται επί μόνιμου βάσεως και απασχολούνται για συγκεκριμένες περιόδους. Η σύνθεση του πληρώματος είναι πολυπολιτισμική και πολυεθνική. Για τους παραπάνω λόγους η διαδικασία ανάθεσης του πληρώματος μπορεί να γίνει αποτελεσματικά για μικρό αριθμό πλοίων και μόνο για τον προσεχές μικρό χρονικό ορίζοντα.

Σε αυτό το σημείο, εφαρμόζεται ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, για να επεκτείνει την δυνατότητα σύνθεσης του πληρώματος, από μερικά πλοία σε ολόκληρο τον στόλο και από μικρό χρονικό ορίζοντα σε προγραμματισμό μηνών. Το παρακάτω παράδειγμα είναι μελετημένο κατά την Πρακτική Άσκηση στην ναυτιλιακή εταιρεία Δαναός.

Αρχικά στον πίνακα 5 δίνεται η τιμή την οποία χρεώνεται ο καπετάνιος σε αντιστοιχία με το κάθε πλοίο, όταν του αναθέσουν το ανάλογο πόστο.

Πίνακας 5: Assignment Penalty Table

Master/Vessel	M1	M2	M3
V1	58	67	54
V2	59	68	55
V3	64	54	52

Στον ακόλουθο πίνακα, παρουσιάζονται με χρωματικές διαφορές οι εναλλακτικές που προκύπτουν για κάθε καπετάνιο, όπου στην περίπτωση αυτή είναι εύκολο να υπολογισθούν.

Πίνακας 6: Εναλλακτικές επιλογές με χρωματικές διαφορές.

V1						
V2						
V3						

Οι εναλλακτικές για τα 3 πλοία είναι 6, όπως διακρίνεται και στον πίνακα 6. Αν υποθεθεί τώρα ότι υπάρχουν 5 πλοία και 5 καπετάνιους πόσες είναι οι εναλλακτικές; Η απάντηση είναι

απλή 120. Παρατηρείται λοιπόν, ότι όσο αυξάνει ο αριθμός των πλοίων και των καπετάνιων, αυξάνει δραματικά ο αριθμός των εναλλακτικών, κάνοντας το πρόβλημα αδύνατο να λυθεί χειροκίνητα.

Σε αυτή την περίπτωση με την βοήθεια ενός δυαδικού ακέραιου γραμμικού μοντέλου προσεγγίζεται η βέλτιστη λύση. Έστω μια μεταβλητή  $x_{ij}$ , η οποία είναι η ανάθεση του  $j$  καπετάνιου στο  $i$  πλοίο και έχει την τιμή 1, δεν υπάρχει άλλη επιλογή και  $p_{ij}$ , είναι η τιμή που χρεώνεται στον καπετάνιο για το πλοίο, τότε η αντικειμενική συνάρτηση είναι η ακόλουθη:

$$f = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n p_{ij} * x_{ij}$$

Ωστόσο, υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί, οι οποίοι βγαίνουν από το γεγονός ότι ο  $j$  καπετάνιος μπορεί να ανατεθεί μόνο σε ένα πλοίο, όπως και κάθε πλοίο μπορεί να έχει μονάχα έναν καπετάνιο. Αυτοί ο περιορισμοί έχουν την μορφή:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i(1:n) \text{ για τους καπετάνιους}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i(1:n) \text{ για κάθε πλοίο}$$

Το μοντέλο αυτό μπορεί να λυθεί εύκολα με έναν LP solver. Παρόλα αυτά υπάρχουν και τα κριτήρια που πρέπει να υπολογισθούν στο μοντέλο, όπως για παράδειγμα στον ακόλουθο πίνακα δίνονται οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα για κάθε κριτήριο:

**Πίνακας 7:** Προτιμήσεις αποφασίζοντα

	criteria										
	q1		q2		q3		q4		q5		
code	c		c		c		c		c		
06		60		66		25		61		66	278
23		50		25		55		50		39	219
16		52		28		61		43		45	229
30		50		25		55		46		39	215
11		34		41		38		40		40	193
26		48		23		30		40		38	179

Επιπλέον, κάθε κριτήριο έχει διαφορετική βαρύτητα με αποτέλεσμα να αλλάζει το αποτέλεσμα. Αυτό μπορούμε να το διακρίνουμε στον πίνακα 8, στον οποίο η τελευταία στήλη που έχει τα σύνολα αλλάζει:

**Πίνακας 8:** Πίνακας κριτηρίων με τις βαρύτητες τους

	criteria										score
	q1		q2		q3		q4		q5		
code	c		c		c		c		c		
06	1	60	1	66	1	25	3	61	1	66	400
23		50		25		55		50		39	319
16		52		28		61		43		45	315
30		50		25		55		46		39	307
11		34		41		38		40		40	273
26		48		23		30		40		38	259

Σε αυτή την περίπτωση η συνάρτηση που χρησιμοποιείται είναι η εξής:

$$f_1 = q_1 + q_2 + q_3 + 3q_4 + q_5$$

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι το αποτέλεσμα τελικά θα κριθεί, ανάλογα με τις προτιμήσεις του κάθε αποφασίζοντα, για αυτό τον λόγο ρωτήθηκε ένας ακόμα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 9:

**Πίνακας 9:** Πίνακας κριτηρίων με βαρύτητες σύμφωνα με άλλον αποφασίζοντα

	criteria										score
	q1		q2		q3		q4		q5		
code	c		c		c		c		c		
06	5	60	1	66	5	25	1	61	1	66	618
23		50		25		55		50		39	639
16		52		28		61		43		45	681
30		50		25		55		46		39	635
11		34		41		38		40		40	481
26		48		23		30		40		38	491

Η νέα συνάρτηση είναι η ακόλουθη:

$$f_2 = 5q_1 + q_2 + 5q_3 + q_4 + q_5$$

## 2.4. Ασφάλεια και Προστασία του περιβάλλοντος

Ένα βασικό κεφάλαιο για τη ναυτιλία είναι το κομμάτι της ασφάλειας. Είναι το σημείο, στο οποίο δίνετε μεγάλη έμφαση, λόγω της κεφαλαιώδους σημασίας του. Αφορά την ασφάλεια του περιβάλλοντος, του ανθρώπινου παράγοντα, της μεταφοράς των αγαθών, καθώς και την ασφάλεια του ίδιου του μεταφορικού μέσου. Η ανάγκη για ασφάλεια και προστασία φέρει επιτακτικής σημασίας, λόγω των καταστροφικών συνεπειών που επέρχονται από την έλλειψη τους (όπως απώλεια ανθρώπινης ζωής, θαλάσσια ρύπανση κ.τ.λ.).

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου η τεχνολογία σημείωσε τεράστια ανάπτυξη και μαζί επέφερε δυστυχώς αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον, με αποτέλεσμα λίγο μετά το τέλος του Πολέμου να κάνει την εμφάνιση της η θαλάσσια ρύπανση.

Όταν αναφερόμαστε στην ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος το μυαλό μας πηγαίνει στα ναυτιλιακά απόβλητα ή και στα απόβλητα που προέρχονται από ατυχήματα στην θάλασσα. Η εικόνα αυτή δεν είναι η πραγματική. Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες να δημοσιοποιηθεί η πραγματική διάσταση του προβλήματος, με έρευνα το 1990 του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον (UNEP) να αποκαλύπτει ότι από τους ρύπους που καταλήγουν στην θάλασσα το 44% οφείλεται σε απορροές και απόβλητα από τη ξηρά, το 33% σε μεταφερόμενους μέσω της ατμόσφαιρας ρύπους, το 10% σε απορρίψεις στους ωκεανούς, το 1% σε υποθαλάσσια άντληση πετρελαίου κλπ, ενώ μόνο το 12% οφείλεται στην ναυτιλία, όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 10:** Ποσοστά Ρύπανσης ανά πηγή

Πηγή Ρύπανσης	Ποσοστό Συνόλου (%)
Απορροές και απόβλητα από τη ξηρά	44
Εκπομπές αέριων ρύπων	33
Ναυτιλιακά απόβλητα και ρύπανση από θαλάσσια ατυχήματα	12
Απορρίψεις στους ωκεανούς	10
Υποθαλάσσιες εξορύξεις μεταλλευμάτων πετρελαίου και αερίων	1
<b>Σύνολο Πηγών</b>	<b>100</b>

Ωστόσο η ναυτιλία έρχεται αντιμέτωπη με αυτό το πρόβλημα και παρόλο που δεν είναι υπαίτια για το μεγαλύτερο μέρος του, η συνεχής κίνηση των πλοίων για την διακίνηση των φορτίων, συμβάλει σημαντικά στην υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, μέσω της λειτουργικής και ατυχηματικής ρύπανσης που προκαλούν κυρίως τα εμπορικά πλοία.

### Ατυχηματική Ρύπανση

Για να μπορέσουμε να αναλύσουμε την ατυχηματική ρύπανση είναι απαραίτητο πρώτα να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το Ψήφισμα A849 περί υιοθέτησης του Κώδικα για τη Διερεύνηση

Ναυτικών Ατυχημάτων και Συμβάντων του IMO<sup>1</sup> ναυτικό ατύχημα ορίζεται κάθε συμβάν που έχει ως αποτέλεσμα (Γ.Π., Ναυτιλιακή Οικονομία, Δεκέμβριος, 2011):

- Τον θάνατο ή τον τραυματισμό ατόμου, που προκλήθηκε από ή σε σχέση με τις λειτουργίες του πλοίου.
- Την απώλεια προσώπου.
- Την απώλεια, την τεκμαρτή απώλεια ή ακόμα και την εγκατάλειψη του πλοίου.
- Υλική ζημιά του πλοίου.
- Την προσάραξη του πλοίου ή την εμπλοκή αυτού σε σύγκρουση.
- Την υλική ζημιά που προήλθε από τις λειτουργίες του πλοίου.

Σχετικά με τους κινδύνους από κάθε μορφής ατυχήματα που αντιμετωπίζουν τα πλοία κατά την επιχειρησιακή τους περίοδο, αυτά μπορούν να συνοψιστούν στις εξής κατηγορίες (Γ.Π., Εμπορική Ναυτιλία και Θαλάσσιο Περιβάλλον, 2007):

- Πρόσκρουση (collision) ή επαφή του πλοίου: Η περίπτωση της πρόσκρουσης αναφέρεται σε σύγκρουση του πλοίου με άλλο ή άλλα, κυρίως σε λιμένες ή σε τερματικούς σταθμούς, καθώς επίσης και σε θαλάσσιες περιοχές που σημειώνουν τακτική κυκλοφορία. Όσον αφορά την περίπτωση της λεγόμενης επαφής του πλοίου, αναφερόμαστε κυρίως στην επαφή του πλοίου με μια μόνιμη εγκατάσταση.
- Προσάραξη (grounding or stranding), η οποία είναι δυνατόν να συμβεί είτε σε αβαθή νερά, είτε σε ύφαλο.
- Πυρκαγιά (Fire): Τα περιστατικά πυρκαγιάς είναι δυνατόν να έχουν ως αποτέλεσμα τη μερική ή ακόμα και την ολική απώλεια του πλοίου και κατ' επέκταση και του φορτίου.
- Βύθιση (sinking): Οι βυθίσεις των πλοίων πραγματοποιούνται κυρίως στην ανοιχτή θάλασσα και προκαλούνται είτε λόγω δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών, είτε λόγω μετατόπισης φορτίου κατά την πλεύση. Μάλιστα, προκειμένου να θεωρηθεί ένα συμβάν ως βύθιση του πλοίου, θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, όπως για παράδειγμα η δυνατότητα ανέλκυσης του πλοίου συγκριτικά με την κατάσταση αυτού, καθώς επίσης και με τις διαθέσιμες υπηρεσίες επιθαλάσσιας αρωγής.
- Μικτές μορφές των παραπάνω (π.χ. πρόσκρουση και βύθιση, πυρκαγιά και βύθιση, πρόσκρουση και πυρκαγιά κ.λπ.).

Είναι επόμενο, το ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες φορτίου που μεταφέρουν, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η πρόκληση ζημιάς στο θαλάσσιο περιβάλλον με όλες τις σχετικές συνέπειες. Ως αποτέλεσμα τα «γιγαντιαία» πλοία, απειλούν και με «γιγαντιαίους» κινδύνους, κυρίως πλοία μεταφοράς χύδην υγρών φορτίων (τύπου tanker) και σε μικρότερο βαθμό πλοία μεταφοράς χύδην ξηρών φορτίων (τύπου Bulk/Oil Carriers), όπου σε περίπτωση βύθισης τους, συνοδεύεται σχεδόν πάντα από ρύπανση με αργό πετρέλαιο, που όπως θα αναφέρεται παρακάτω είναι μια από τις χειρότερες μορφές ρύπανσης. Ωστόσο τα βασικότερα είδη ατυχημάτων οφείλονται κυρίως σε ανθρώπινο σφάλμα, όπως είναι οι συγκρούσεις ή η επαφές πλοίων και

---

<sup>1</sup> IMO (International Maritime Organization), United Nation agency created the 6 March 1948, located in London and taking care of all shipping matters.



μόνιμων εγκαταστάσεων, προσαράξεις, εκρήξεις και πυρκαγιές πάνω σε πλοία, βυθίσεις ή εξαφανίσεις ή πολεμικές απώλειες πλοίων, ακόμα και από ζημιές στη δομή των πλοίων.

### Λειτουργική Ρύπανση

Με τον όρο λειτουργική ρύπανση ορίζουμε την οποιαδήποτε μη ατυχηματική μορφή ρύπανσης, που προξενεί στο θαλάσσιο περιβάλλον η συνήθης λειτουργία ενός πλοίου, όπως διαρροές κατά τον ερματισμό και τον αφερματισμό, απορρίψεις αποβλήτων κατά την πλύση των δεξαμενών φορτίου, μεταγγίσεις καυσίμων, καθώς και από λύματα και απορρίμματα (Γ.Π., Ναυτιλιακή Οικονομία, Δεκέμβριος, 2011).

Πιο συγκεκριμένα λειτουργική ρύπανση είναι δυνατόν να αναζητηθεί σε οποιαδήποτε φάση του κύκλου ζωής ενός πλοίου.

- Στην ναυπήγηση (κτίσιμο) του πλοίου
- Στην τακτική και έκτακτη συντήρηση
- Στη διάλυση του πλοίου
- Στις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης
- Στις εκούσιες απορρίψεις ουσιών από το πλοίο
- Στις διαδικασίες ερματισμού και αφερματισμού

Επιπλέον τα τελευταία χρόνια, τα ναυτικά ατυχήματα έχουν ελκύσει πολύ την προσοχή και το ενδιαφέρον, λόγω της εικόνας που δίνουν τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, προβάλλοντας ατυχήματα που συμβαίνουν κατά καιρούς. Οι ναυτιλιακές εταιρείες προσπαθώντας να μειώσουν το οποιοδήποτε κόστος/ζημιά/απώλεια, που μπορεί να επέλθει, αναπτύσσουν συγκεκριμένες μεθόδους πρόληψης και αντιμετώπισης, είτε με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής, είτε με σκοπό να διατηρούν καθαρή εικόνα. Ανεξαρτήτως του κινήτρου, τον ρόλο αυτό έχουν, τα τμήματα της έρευνας και ανάπτυξης, όπου αναπτύσσουν μοντέλα προσαρμοσμένα στις ανάγκες του συγκεκριμένου κλάδου. Επιπροσθέτως, ορισμένες από τις ναυτιλιακές, έχουν ξεχωρίσει για το τμήμα της έρευνας και τα συστήματα υποστήριξης που διαθέτουν, λόγω της αποτελεσματικότητάς τους, δίνοντας τους την δυνατότητα εμπορευματοποίησης. Ωστόσο, ένα ακόμα σημείο ανάδειξης τους που δείχνει την έμφαση που έχουν δώσει στο φαινόμενο είναι η συμμετοχή σε προγράμματα έρευνας που χρηματοδοτούνται κατά το ήμισυ από αυτές. Σκοπός είναι η έρευνα νέων συστημάτων για την προστασία του περιβάλλοντος, της ανθρώπινης ζωής, του μεταφορικού (πλοίου) και συνεργασία με άλλες εταιρείες και πανεπιστήμια, γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια με ιδιαίτερη έμφαση σε τέτοιου είδους προγράμματα, από τα οποία το αποτέλεσμα που παράγεται έχει ήδη συνεισφέρει πολλά στον κλάδο αλλά και στο περιβάλλον που αυτός κινείται (Γ.Π., Ναυτιλιακή Οικονομία, Δεκέμβριος, 2011) (Tzannatos E. , 2003) (Tzannatos & Goulielmos, Management information system for the promotion of safety in shipping, 1997).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### 3. Ομαδική λήψη απόφασης με την χρήση της FST και της μεθόδου TOPSIS

#### **3.1. Εισαγωγή**

Τα προβλήματα λήψης απόφασης είναι προβλήματα όπου αναζητείται η βέλτιστη λύση τους, μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών και σχεδόν όλα έχουν μια πληθώρα κριτηρίων για αυτές τις εναλλακτικές επιλογές (Chen C.-T. , 2000). Κάθε αποφασίζοντας αξιολογεί τις εναλλακτικές σε κάθε κριτήριο, ωστόσο η διαδικασία δημιουργεί εμπόδιο για την επίλυση του προβλήματος, όταν οι βαθμοί εκφράζονται σε γλωσσικές μεταβλητές, χωρίς να υπάρχει κάποια σαφήνεια για τον ακριβή βαθμό αξιολόγησης. Η ανάγκη αυτή για την επίλυση περίπλοκων προβλημάτων, ήταν η κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη της θεωρίας των ασαφή συνόλων, για πρώτη φορά το 1965 από τον L.Zadeh (Zadeh, 1965). Το θέμα απασχόλησε πολύ τους ερευνητές και από τις αρχές του 1970 άρχισε να χρησιμοποιείται η θεωρία αυτή σε πραγματικά προβλήματα, ενώ στα τέλη της δεκαετίας και αρχές του 1980, άρχισε η χρήση της σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές (Dubois & Prade, 1991).

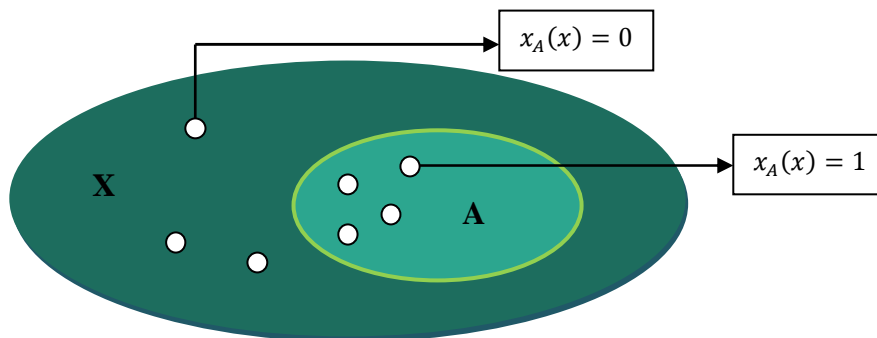
Η θεωρία των ασαφή συνόλων παρέχει ένα μαθηματικό πλαίσιο, στο οποίο μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια και να μελετηθούν τα εννοιολογικά φαινόμενα. Μπορεί να θεωρηθεί ως γλώσσα μοντελοποίησης, στην οποία υπάρχουν ασαφή σχέσεις, φαινόμενα και κριτήρια. Το ενδιαφέρον για την μέθοδο και η χρήση της σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, που όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως άρχισε να εμφανίζεται στα τέλη της δεκαετίας του 1970, είχε ως αποτέλεσμα στα μισά της δεκαετίας του 1980 να υπάρχουν ήδη αποτελεσματικές εφαρμογές, κυρίως στην Ιαπωνία, ενώ το 1984 υπήρχαν 4.000 δημοσιεύσεις φτάνοντας πάνω από 30.000 το 2000. Γενικά, τις τελευταίες δεκαετίες η θεωρία των ασαφή συνόλων αναπτύχθηκε κατά μήκος δυο γραμμών (Zimmermann, 2010):

- a. Ως τυπική θεωρία, η οποία ωρίμασε και σταδιακά εξελίχθηκε και εξειδικεύτηκε.
- b. Ως εφαρμογή προσανατολισμένη σε «ασαφή τεχνολογία», δηλαδή ως εργαλείο μοντελοποίησης για την επίλυση προβλημάτων και ανάκτησης δεδομένων, όπου έχει αποδειχθεί ανώτερη από τις υπάρχουσες μεθόδους στις περισσότερες περιπτώσεις.

Η θεωρία των ασαφή συνόλων είναι μια επέκταση των κλασσικών συνόλων, ωστόσο τα κλασσικά σύνολα έχουν σαφή όρια. Η περιγραφή ενός υποσυνόλου A για ένα κλασσικό σύνολο αναφοράς X γίνεται ως εξής (Τζιμόπουλος & Παπαδόπουλος, 2013):

Σε κάθε υποσύνολο  $A \subset X$  αντιστοιχεί η εξής συνάρτηση  $x_A$ :

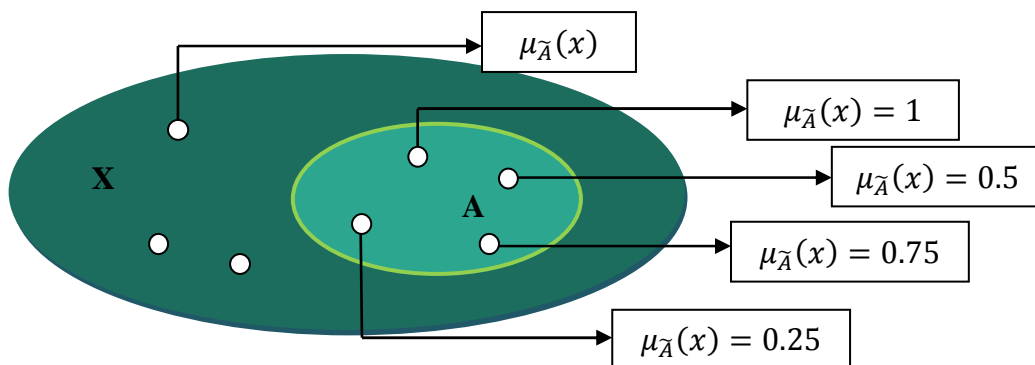
$$x \in X \rightarrow x_A \in \{0,1\} \quad \text{ή} \quad x_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{αν } x \in A \\ 0, & \text{αν } x \notin A \end{cases}$$



Σχήμα 4: Χαρακτηριστική συνάρτηση κλασικού συνόλου.

Για τα ασαφή σύνολα η συνάρτηση γίνεται ως εξής:

Εάν  $X$  ένα σύνολο με στοιχεία  $x$ , τότε  $\tilde{A}$  υποσύνολο του  $X$ , όπου είναι ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών,  $x$  και  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ :  $\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X\}$ , όπου  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  είναι η συνάρτηση συμμετοχής, η οποία εκφράζει για το στοιχείο  $x$  τον βαθμό συμμετοχής του ή αλλιώς τον βαθμό αλήθειας ως προς το ασαφές σύνολο  $\tilde{A}$ .



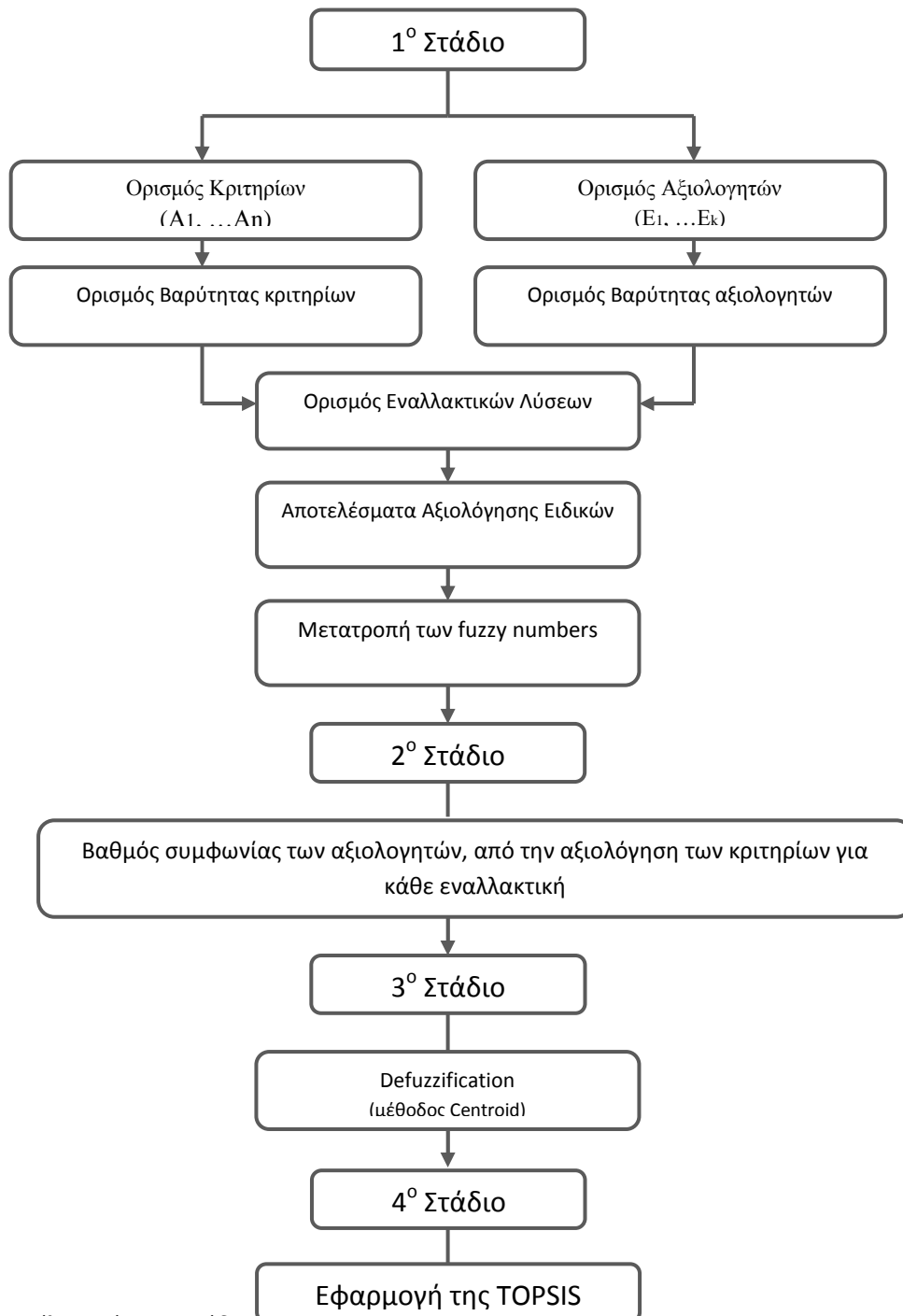
Σχήμα 5: Ασαφή σύνολα

Σε συγκεκριμένο κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα μοντέλο ομαδικής απόφασης (group decision) σε πολυκριτηριακό (multi-criteria) περιβάλλον, με την χρήση της θεωρίας των ασαφή συνόλων (Fuzzy Set Theory - FST) και της μεθόδου TOPSIS, η οποία παρουσιάζεται στη συνέχεια. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι βασισμένο σε επιστημονικά άρθρα (Chen C.-T. , 2000) (Wang & Lee, Generalizing TOPSIS for fuzzy multi-criteria group decision-making, 2007) (Yeh, Deng, & Pan, 1999) (Wang, Lee, & Lin, Fuzzy TOPSIS for multi-criteria decision-making, 2003) (Fagerholt, A computer-based decision support system for vessel fleet scheduling-experience and future research, 2004) (Fagerholt, Christiansen, Hvattum, Johnsen, & Vabo, 2010) (Goulielmos, Maritime safety: facts and proposals for the European OPA, 2001) (Goulielmos & Giziakis,

Maritime accident prevention: an evaluation of the ISM code by the fundamentals of the complexity theory, 2002) (Kim & Lee, 1997) (Madu & Kuei, 1994) (Matroff, 1998) (Murty, Liu, Wan, & Linn, 2005) (Pani, 2014) (Zanakis, Solomon, Wishart, & Dublish, 1998), τα οποία μελετήθηκαν και παρουσιάζουν θεωρίες και μοντέλα, όπου γίνεται χρήση της FST και μεθόδων ταξινόμησης, όπως η μέθοδος TOPSIS .

### 3.2. Μεθοδολογία Μοντέλου

Το συγκεκριμένο μοντέλο αναπτύσσεται σε τέσσερα στάδια, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1, έχοντας λάβει υπόψη την κρίση και αξιολόγηση των ειδικών, με τον καθένα από αυτούς να έχει διαφορετικό βαθμό εμπειρογνωμοσύνης.



Σχήμα 6: Το μοντέλο σε τέσσερα στάδια.

### 3.2.1. Στάδιο Εκτίμησης – 1<sup>ο</sup> Στάδιο

Στο πρώτο στάδιο προσδιορίζονται τα κριτήρια ( $A_1, \dots, A_n$ ) και έπειτα οι βαρύτητες τους. Τα κριτήρια μπορούν να εκφραστούν είτε με γλωσσικές (Very High, High, ..., Very Low), είτε με αριθμητικές μεταβλητές (5,4,...1), αλλά ταυτόχρονα να είναι είτε benefit, είτε cost, δηλαδή οι τιμές που θα έχουν θα είναι όσο μεγαλύτερες τόσο πιο πολύ ωφέλιμες, είτε όσο μεγαλύτερες τόσο πιο μεγάλο και το κόστος. Παράλληλα ορίζονται οι αξιολογητές ( $E_1, \dots, E_m$ ) και οι βαρύτητες τους, καθώς και οι εναλλακτικές επιλογές/λύσεις ( $X_1, \dots, X_i$ ). Στην συνέχεια ζητείται να αξιολογήσουν τα κριτήρια για κάθε μια από τις εναλλακτικές και σύμφωνα με τους βαθμούς αξιολόγησης που έχουν δοθεί, ακολουθείται η μετατροπή των ασαφή γλωσσικών μεταβλητών σε ασαφή αριθμούς. Αυτό μπορεί να συμβεί εφαρμόζοντας το σύνολο των οκτώ διαφορετικών κλιμάκων. (Chen and Hwang, 1992). Οι Chen και Hwang, πρότειναν την χρήση των οκτώ κλιμάκων για την μετατροπή των γλωσσικών μεταβλητών σε αριθμητικούς, υποστηρίζοντας ότι όσο πιο ποικίλες είναι οι κλίμακες, τόσο πιο καλά μπορεί να εκφραστεί η άποψη του αξιολογητή.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, κάθε αξιολογητής εκφράζει τις προτιμήσεις του για κάθε εναλλακτική, τότε για κάθε απάντηση, υπάρχει ένας τραπεζοειδής αριθμός  $R_k = (a_k, b_k, c_k, d_k)$  με  $0 \leq a_k \leq b_k \leq c_k \leq d_k \leq m$ .

### 3.2.2. Στάδιο Συμφωνίας – 2<sup>ο</sup> Στάδιο

Σε αυτό το στάδιο όλες οι απαντήσεις που έχουν δοθεί από τους αξιολογητές μετατρέπονται σε ασαφής αριθμούς, όπου στο τρίτο στάδιο θα γίνει defuzzification, ωστόσο στο σημείο αυτό γίνεται εστίαση στις βαρύτητες των αξιολογητών.  $\max\{re_1, re_2, \dots, m\} = 1$  και  $\min\{re_1, re_2, \dots, m\} > 0$

$$we_k = \frac{re_k}{\sum_{k=1}^m re_k}, \text{ όπου } E_k (k = 1, 2, \dots, m)$$

Έπειτα υπολογίζουμε τον βαθμό συμφωνίας των αξιολογητών με την ακόλουθη συνάρτηση:

$$S(A, B) = 1 - \frac{|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2| + |a_3 - b_3| + |a_4 - b_4|}{4}$$

Όπου  $A$  και  $B$  είναι δύο τραπεζοειδής αριθμοί:

$$A = a_1, a_2, a_3, a_4$$

$$B = b_1, b_2, b_3, b_4$$

$$0 \leq a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4 \leq 1$$

$$0 \leq b_1 \leq b_2 \leq b_3 \leq b_4 \leq 1$$

$$\text{και } S(A,B) = S(B,A).$$

Μετά τον υπολογισμό των  $S(A,B)$  θα έχει δημιουργηθεί ένας πίνακας της μορφής:

$$AM = \begin{bmatrix} 1 & S_{12} & \dots & S_{1v} & \dots & S_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{u1} & S_{u2} & \dots & \dots & \dots & S_{un} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mv} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Όπου:

$$S_{uv} = S(A_u, B_v) \text{ εάν } u \neq v$$

και

$$S_{uv} = 1 \text{ εάν } u = v$$

Έχοντας, τον πίνακα των  $S(A,B)$  μπορεί να υπολογισθεί ο μέσος βαθμός συμφωνίας ( $AA$ ), ο οποίος υπολογίζεται από τον βαθμό συμφωνίας των αξιολογητών  $AA(E_u)$ ,  $E_u$  ( $u = 1, 2, \dots, m$ ) με την βοήθεια του πίνακα  $AM$ , ο οποίος έχει την μορφή:

$$AA(E_u) = \frac{1}{m-1} * \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^m S(X_u, X_v)$$

Έπειτα εκτιμάται ο σχετικός βαθμός συμφωνίας ( $RA$ ) και στη συνέχεια ο βαθμός «ομοφωνίας» των αξιολογητών. Δηλαδή ο βαθμός σύγκλισης των απόψεων των αξιολογητών ( $CC$ ):

$$RA(E_u) = \frac{AA(E_u)}{\sum_{v=1}^m AA E_u}$$

Και

$$CC(E_u) = \beta * we_k + (1 - \beta) * RA(E_u)$$

Όπου,  $\beta$  είναι ο συντελεστής χαλάρωσης (relaxation factor)  $[0,1]$ , ο οποίος δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει κατά πόσο επιθυμεί να λάβει υπόψη του τον βαθμό συμφωνίας των αξιολογητών. Η τιμή 1 δηλώνει ότι δεν υπάρχει κανένα ενδιαφέρον για αυτή την συμφωνία των αξιολογητών και υπολογίζονται μόνο τα βάρη για να ληφθεί η απόφαση, ενώ με η τιμή 0 δηλώνει ότι υπολογίζεται ο βαθμός συμφωνίας των αξιολογητών εξ ολοκλήρου, ως καινούριες βαρύτητες.

Αφού έχει υπολογισθεί ο  $CC$ , υπολογίζεται ο τελικός βαθμός συμφωνίας με ασαφή αριθμούς, ώστε να γίνει στο επόμενο στάδιο defuzzification:

$$R_{AG} = CC(E_1) \otimes R_1 \oplus CC(E_2) \otimes R_2 \oplus \dots CC(E_m) \otimes R_m$$

Όπου:

$\otimes$ : Τελεστής Πολλαπλασιασμού Ασαφή Αριθμών

$\oplus$ : Τελεστής Πρόσθεσης Ασαφή Αριθμών

$$[a_1, a_2, a_3, a_4] \oplus [b_1, b_2, b_3, b_4] = [a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4]$$

$$[a_1, a_2, a_3, a_4] \otimes [b_1, b_2, b_3, b_4] =$$

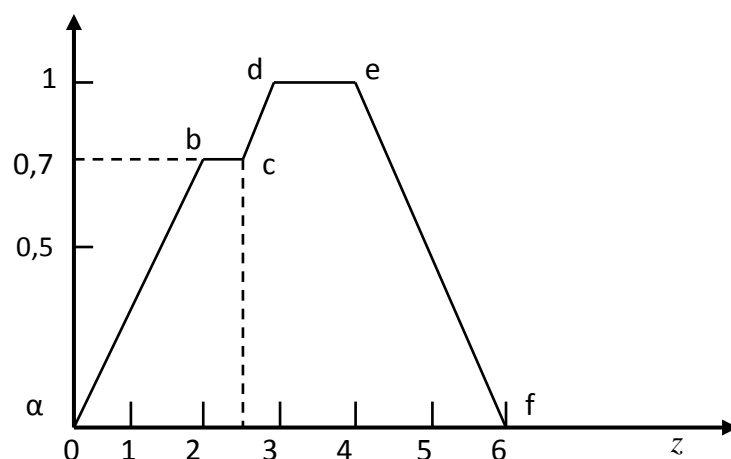
$$= [\min(a_1 b_1, a_1 b_2, a_1 b_3, a_1 b_4, a_2 b_1, a_2 b_2, \dots, a_4 b_3, a_4 b_4), \max(a_1 b_1, a_1 b_2, a_1 b_3, a_1 b_4, a_2 b_1, a_2 b_2, \dots, a_4 b_3, a_4 b_4)]$$

### 3.2.3. Στάδιο Μετατροπής – 3<sup>ο</sup> Στάδιο

Στο συγκεκριμένο στάδιο έχουν μετατραπεί οι γλωσσικές μεταβλητές σε αριθμητικές και έχει υπολογισθεί η συμφωνία και η σύγκλιση των αξιολογητών. Για να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο και να εφαρμοστεί η μέθοδος TOPSIS, πρέπει να γίνει μετατροπή των ασαφή αριθμών.

Για να γίνει defuzzification μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι, όπως της μέσης τιμής των μεγίστων, συνήθως με συμμετρικά σύνολα ( $z = \frac{\sum \mu(\bar{z}) * z}{\sum \mu(z)}$ ), ωστόσο στην περίπτωση αυτή προτείνεται η μέθοδος Centroid:

$$z = \frac{\int \mu_c(z)zdz}{\int \mu_c(z)dz}$$



Σχήμα 7: Μέθοδος centroid

### 3.2.4. Μέθοδος TOPSIS – 4<sup>ο</sup> Στάδιο

Η μέθοδος Technique of Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) πρωτοεμφανίστηκε από τους Hwang και Yoon(1981). Είναι μια μέθοδος που κάνει ταξινόμηση σε κάθε εναλλακτική σύμφωνα με την απόσταση της από την ιδανική (θετική) λύση και από την μη – ιδανική (αρνητική) λύση. Δηλαδή, υπολογίζει τις αποστάσεις που έχει μια εναλλακτική από την ιδανική εναλλακτική του προβλήματος, όπως και από την μη – ιδανική. Επομένως, οι εναλλακτικές που πλησιάζουν προς την ιδανική λύση θα είναι σε υψηλή θέση στην ταξινόμηση.



Για να γίνει αυτή η ταξινόμηση, πρέπει αρχικά να γίνει κανονικοποίηση των αριθμών ( $x_{ij}$ ) που έγινε η μετατροπή τους από ασαφή αριθμούς με την μέθοδο Centroid, ώστε οι τιμές να είναι συγκρίσιμες (Chen C.-T. , 2000). Η κανονικοποίηση γίνεται ως εξής:

$$r_{ji} = \frac{x_{ji}}{\sum_{j=1}^n x_{ji}^2}$$

Όπου:

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

$x_{ji}$  = οι τιμές του πίνακα, μετά την μέθοδο Centroid

Ωστόσο, μόλις γίνει η κανονικοποίηση, υπολογίζονται ξανά οι τιμές συμπεριλαμβάνοντας τις βαρύτητες των κριτηρίων:

$$u_{ji} = w_i * r_{ji}$$

Όπου:

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

$$w_i = \frac{ra_i}{\sum_{i=1}^k ra_i}$$

$w_i$  = το βάρος κάθε κριτηρίου

$$0 \leq w_i \leq 1 \quad \text{και} \quad \sum_{i=1}^k w_i = 1$$

Στη συνέχεια, γίνεται η αξιολόγηση των εναλλακτικών σύμφωνα με τις αποστάσεις τους από την ιδανική λύση (θετική)  $S_i^+$  και ταυτόχρονα από την μη – ιδανική λύση (αρνητική)  $S_i^-$ , όπως φαίνεται στους παρακάτω τύπους:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^k (v_{ji} - v_i^+)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^k (v_{ji} - v_i^-)^2}$$

$$C_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-}$$

Όπου:

$$0 < C_j^+ < 1$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Τέλος, τα αποτελέσματα που θα βγουν θα είναι ταξινομημένα από την ιδανική εναλλακτική προς την μη – ιδανική κατά σειρά.

### 3.3. Χρήση της FST και της TOPSIS σε πρόβλημα επιλογής στόλου

Το παρακάτω παράδειγμα γίνεται για την κατανόηση, αρχικά της χρήσης της Fuzzy Set Theory και της μεθόδου TOPSIS σε περιβάλλον MCDM, όπου αναπτύχθηκαν πρότινος, αλλά και για την κατανόηση της συμβολής ενός συστήματος σε μια ναυτιλιακή. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται στο παράδειγμα δημιουργήθηκε σε αρχείο excel και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακες.

#### 3.3.1. Περιγραφή του προβλήματος

Έστω, μια ναυτιλιακή εταιρεία θέλει να κάνει αγορά ενός πλοίου ώστε να μεγαλώσει τον στόλο της, ωστόσο τελευταία με τα ατυχήματα που έχουν συμβεί στην θάλασσα, τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης έχουν επικεντρωθεί στον κλάδο και μια τέτοια αγορά δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητη. Η επιλογή του πλοίου πρέπει να γίνει χωρίς να προκαλέσει, αλλά και χωρίς να απομακρύνει την εταιρεία από τον σκοπό της.

#### 3.3.2. Στάδιο Εκτίμησης

Οι εναλλακτικές στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι πλοίο τύπου Bulk Carrier ( $X_1$ ), LNG( $X_2$ ) και Containership( $X_3$ ). Τα πλοία τύπου Bulk Carrier είναι πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου. Η δεύτερη εναλλακτική το πλοίο LNG είναι πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου οι μπάλλες του φορτίου είναι είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά. Τελευταία εναλλακτική είναι Containership, δηλαδή πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Παπανικολάου, 2009). Σε αυτές τις εναλλακτικές οι αξιολογήσεις θα γίνουν από το εφοπλιστή  $E_1$ , έναν καπετάνιο  $E_2$ , έναν μηχανικό  $A E_3$  και τον διευθυντή του οικονομικού τμήματος  $E_4$ .

Στη συνέχεια ορίζονται τα κριτήρια, τα οποία περιγράφονται στον πίνακα 6:

Πίνακας 11: Κριτήρια επιλογής πλοίου

Κριτήρια	Περιγραφή	Τύπος
A1	Τύπος Φορτίου	benefit
A2	Κόστος Αγοράς	cost
A3	Μέγεθος / Χωρητικότητα	benefit
A4	Ρύποι	cost

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των αξιολογητών, των κριτηρίων και των εναλλακτικών είναι ευέλικτος και δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός, η επιλογή σε αυτό το παράδειγμα έγινε τυχαία. Επίσης τα βάρη για τους αξιολογητές και τα κριτήρια μπορούν να αλλάξουν οποιαδήποτε στιγμή χωρίς να επηρεάσει το μοντέλο παρά μόνο το αποτέλεσμα.

Αφού, λοιπόν, έχει οριστεί η ομάδα των αξιολογητών, τα κριτήρια και οι εναλλακτικές, ακολουθεί ο ορισμός των βαρών για τους αξιολογητές και τα κριτήρια. Όπως φαίνεται στον πίνακα 7 τα βάρη των αξιολογητών ( $re$ ) είναι οι τιμές στο κιτρινωμένο πλαίσιο αριστερά 20, 30, 35, 15 και τα βάρη των κριτηρίων ( $ra$ ) είναι το κιτρινωμένο πλαίσιο στα δεξιά με την τιμή 1 για κάθε κριτήριο.

**Πίνακας 12:** Βάρη Αξιολογητών (αριστερά). Βάρη κριτηρίων (δεξιά).

Experts	$re$	$W$	Attributes	$ra$	$W$
E1	20,00	0,20	A1	1,00	0,25
E2	30,00	0,30	A2	1,00	0,25
E3	35,00	0,35	A3	1,00	0,25
E4	15,00	0,15	A4	1,00	0,25
	100,00	1,00		4,00	1,00

Στην συνέχεια οι αξιολογητές πρέπει να αξιολογήσουν τα κριτήρια για κάθε εναλλακτική, οι βαθμοί έχουν δοθεί με γλωσσικές μεταβλητές (όπου VH=VeryHigh, H=High, M=Medium, L=Low, VL=VeryLow). Από την διαδικασία αυτή προκύπτει ο πίνακας 8:

**Πίνακας 13:** Αποτελέσματα από την αξιολόγηση.

	A1			A2			A3			A4		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3
E1	H	H	M	H	H	H	H	M	H	M	VL	L
E2	VH	VH	H	VL	VL	VL	M	M	H	M	L	M
E3	L	L	VL	VL	VL	VL	M	M	M	H	M	H
E4	M	M	VL	VH	VH	VH	H	H	M	L	VL	L

Για κάθε μια από τις γλωσσικές μεταβλητές αντιστοιχεί ένα σύνολο ασαφών αριθμών (Chen & Hwang, 1992), όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω και παρουσιάζεται στον πίνακα 9.

**Πίνακας 14:** Αντιστοιχία των γλωσσικών μεταβλητών στους ασαφή αριθμούς

<b>Very High</b>	0,80	0,90	1,00	1,00
<b>High</b>	0,60	0,75	0,75	0,90
<b>Medium</b>	0,30	0,50	0,50	0,70
<b>Low</b>	0,10	0,25	0,25	0,40
<b>Very Low</b>	0,00	0,00	0,10	0,20

### 3.3.3. Στάδιο Συμφωνίας

Σε αυτό το στάδιο ορίζεται ο συντελεστής χαλάρωσης (relaxation factor), ο οποίος στην περίπτωση αυτή έχει τιμή **0,3**. Η τιμή επιλέχτηκε σκόπιμα για να δώσει μεγαλύτερη βαρύτητα στην σύγκληση των απόψεων των αξιολογητών.

Παράλληλα υπολογίζεται ο βαθμός συμφωνίας και μέσος βαθμός συμφωνίας, από όπου προκύπτουν οι πίνακες των  $S(A,B)$  και  $AA(E_u)$ .

Πίνακας 15: Βαθμοί συμφωνίας

S	VH	H	M	L	VL
VH	1,000	0,825	0,575	0,325	0,150
H	0,825	1,000	0,750	0,500	0,325
M	0,575	0,750	1,000	0,750	0,575
L	0,325	0,500	0,750	1,000	0,825
VL	0,150	0,325	0,575	0,825	1,000

Πίνακας 16: Μέσος βαθμός Συμφωνίας

	A1			A2			A3			A4		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3
AA(E1)	0,692	0,692	0,633	0,492	0,492	0,492	0,833	0,917	0,833	0,833	0,800	0,750
AA(E2)	0,575	0,575	0,467	0,492	0,492	0,492	0,833	0,917	0,833	0,833	0,800	0,750
AA(E3)	0,525	0,525	0,633	0,492	0,492	0,492	0,833	0,917	0,833	0,667	0,633	0,583
AA(E4)	0,692	0,692	0,633	0,375	0,375	0,375	0,833	0,750	0,833	0,667	0,800	0,750

Αφού έχει υπολογιστεί και ο μέσος βαθμός συμφωνίας, συνέχεια έχει ο σχετικός βαθμός συμφωνίας, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 17:

Πίνακας 17: Σχετικός βαθμός συμφωνίας

	A1			A2			A3			A4		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3
RA(E1)	0,279	0,279	0,268	0,266	0,266	0,266	0,250	0,262	0,250	0,278	0,264	0,265
RA(E2)	0,232	0,232	0,197	0,266	0,266	0,266	0,250	0,262	0,250	0,278	0,264	0,265
RA(E3)	0,211	0,211	0,255	0,198	0,198	0,198	0,336	0,369	0,336	0,268	0,255	0,235
RA(E4)	0,279	0,279	0,255	0,151	0,151	0,151	0,336	0,302	0,336	0,268	0,322	0,302

Έπειτα, έχοντας οριστεί, από την αρχή, ο συντελεστής  $\beta$  και με τα αποτελέσματα του βαθμού RA, μπορεί να υπολογισθεί ο βαθμός «ομοφωνίας των αξιολογητών, δηλαδή ο βαθμός κατά τον οποίο συγκλίνουν οι απόψεις των αξιολογητών. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο βαθμός σύγκλησης είναι σαν μια αναπροσαρμογή των βαρών των αξιολογητών. Δηλαδή, αν κάποιος αξιολογητής έχει υψηλή βαρύτητα αλλά οι αξιολογήσεις του απέχουν με μεγάλη διαφορά από τους υπόλοιπους αξιολογητές, τότε γίνεται μια αναπροσαρμογή των βαρών και μπορεί να υποστεί κάποια μείωση. Ωστόσο, αυτή είναι η αξία του συντελεστή  $\beta$ , με τον οποίο μπορεί ο χρήστης να αποφασίσει πόσο επιθυμεί να δοθεί βαρύτητα σε αυτή την σύγκληση. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σύμφωνα με τα δεδομένα του παραδείγματος.

**Πίνακας 18:** Βαθμός σύγκλησης απόψεων των αξιολογητών με βαθμό χαλάρωσης  $\beta=0,3$ .

	A1			A2			A3			A4		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3	X1	X2	X3
CC(E1)	0,255	0,255	0,247	0,246	0,246	0,246	0,235	0,243	0,235	0,254	0,245	0,245
CC(E2)	0,252	0,252	0,228	0,276	0,276	0,276	0,265	0,273	0,265	0,284	0,275	0,275
CC(E3)	0,253	0,253	0,284	0,244	0,244	0,244	0,340	0,363	0,340	0,293	0,284	0,269
CC(E4)	0,240	0,240	0,224	0,151	0,151	0,151	0,280	0,256	0,280	0,233	0,271	0,256

Στην συνέχεια, μετατρέπεται ο βαθμός συμφωνίας σε ασαφή αριθμούς  $R_{AG}$ , για κάθε εναλλακτική λύση, ώστε να γίνει defuzzification στο επόμενο στάδιο και να εφαρμοστεί στην συνέχεια η μέθοδος TOPSIS. Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

**Πίνακας 19:** Βαθμός συμφωνίας σε Fuzzy numbers.

R	BULK CARRIER (X1)				LNG (X2)				CONTAINERSHIP (X3)			
A1	0,453	0,602	0,627	0,751	0,452	0,601	0,627	0,751	0,211	0,295	0,345	0,480
A2	0,268	0,320	0,387	0,476	0,268	0,320	0,387	0,476	0,268	0,320	0,387	0,476
A3	0,490	0,689	0,689	0,887	0,418	0,632	0,632	0,847	0,486	0,685	0,685	0,884
A4	0,361	0,547	0,547	0,734	0,113	0,210	0,262	0,411	0,294	0,465	0,465	0,636

### 3.3.4. Στάδιο Μετατροπής

Σε αυτό το στάδιο μετατρέπονται οι ασαφείς αριθμοί με την μέθοδο centroid και στην συνέχεια κανονικοποιείται το αποτέλεσμα, ώστε να μπορούν να είναι συγκρίσιμες οι τιμές. Επιπλέον το αποτέλεσμα συμπεριλαμβάνει τις βαρύτητες των κριτηρίων, όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η τιμή 1 για κάθε ένα από τα κριτήρια.

**Πίνακας 20:** (αριστερά) Αποτελέσματα από defuzzification. (κέντρο) Κανονικοποίηση των defuzzified τιμών. (δεξιά) Κανονικοποιημένες τιμές συμπεριλαμβανομένων και των βαρυτήτων των κριτηρίων.

	Defuzzified				Normalised rating				Weighed		
	X1	X2	X3		X1	X2	X3		X1	X2	X3
<b>A1</b>	0,606	0,606	0,336		0,659	0,658	0,365		0,165	0,165	0,091
<b>A2</b>	0,364	0,364	0,364		0,577	0,577	0,577		0,144	0,144	0,144
<b>A3</b>	0,689	0,632	0,685		0,594	0,546	0,591		0,149	0,136	0,148
<b>A4</b>	0,547	0,252	0,465		0,719	0,331	0,611		0,180	0,083	0,153

### 3.3.5. Μέθοδος TOPSIS

Σε αυτό το στάδιο εφαρμόζεται η μέθοδος TOPSIS με την οποία γίνεται ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων, σύμφωνα με την απόσταση της καθεμία από αυτές από την ιδανική (θετική) λύση και ταυτόχρονα από την μη – ιδανική (αρνητική) λύση. Η αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου μπορεί να φανεί όταν ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων είναι μεγάλος, όπως για παράδειγμα στις εξετάσεις ενός μαθήματος. Αν ο μεγαλύτερος βαθμός που αξιολογήθηκε κάποιος δεν είναι ο άριστος, τότε η ιδανική λύση γίνεται ο μεγαλύτερος βαθμός που πέτυχαν οι εξεταζόμενοι.




Σε αυτό παράδειγμα, ωστόσο οι εναλλακτικές είναι λιγότερες και τα αποτελέσματα των αποστάσεων από την ιδανική και την μη – ιδανική λύση παρουσιάζονται στον πίνακα 15:

**Πίνακας 21:** Απόσταση κάθε εναλλακτικής λύσης από την ιδανική και μη – ιδανική λύση

	Positive				Negative			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
<b>X1</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0970	0,0735	0,0000	0,0121	0,0000
<b>X2</b>	-0,0001	0,0000	-0,0121	0,0000	0,0734	0,0000	0,0000	-0,0970
<b>X3</b>	-0,0735	0,0000	-0,0008	0,0700	0,0000	0,0000	0,0113	-0,0270

Αφού έχουν υπολογισθεί για κάθε εναλλακτική λύση, οι αποστάσεις από την ιδανική λύση και την μη – ιδανική λύση, μπορούν πλέον να ταξινομηθούν με βάση τα παραπάνω, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα 16:

**Πίνακας 22:** Αποστάσεις κάθε εναλλακτικής από την ιδανική λύση.

	<b>BULK CARRIER (X1)</b>	<b>LNG (X2)</b>	<b>CONTAINERSHIP (X3)</b>
<b>Si+</b>	0,0970	0,0121	0,1015
<b>Si-</b>	0,0745	0,1216	0,0293
<b>Ci+</b>	 0,434563866	 0,90921851	 0,223906832

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου TOPSIS, η προτεινόμενη λύση είναι το πλοίο τύπου LNG, δηλαδή, πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 16 η απόσταση του LNG από την ιδανική λύση είναι η μικρότερη ανάμεσα στις εναλλακτικές με τιμή 0,0121 και ταυτόχρονα η απόσταση από την μη – ιδανική λύση είναι η μεγαλύτερη με τιμή 0,1216. Οι υπόλοιπες εναλλακτικές ταξινομούνται σύμφωνα με τις τιμές τους, ακολουθώντας το πλοίο τύπου Bulk Carrier και τελευταίο το πλοίο τύπου Containership. Ωστόσο, όπως αναφέρεται και πρώτιστος το συγκεκριμένο παράδειγμα έχει μικρό αριθμό εναλλακτικών για να γίνει ευκολότερα η παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Αν ο αριθμός των εναλλακτικών ήταν μεγαλύτερος θα ήταν δυσκολότερη η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αλλά το μοντέλο θα είχε μεγαλύτερο ενδιαφέρον, διότι οι τιμές των εναλλακτικών θα κρινόντουσαν στα χιλιοστά.



## Συμπεράσματα

Για την παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, το επιχειρηματικό πλαίσιο των ναυτιλιακών εταιρειών και πως τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιούνται σε αυτές.

Οι τελευταίες δεκαετίες ήταν κρίσιμες, η εξέλιξη της τεχνολογίας και των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε συνδυασμό με την παράλληλη εξέλιξη των συστημάτων είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων επιστημών, οι οποίες τρέφονται από την καθημερινή ανάγκη των εταιρειών να λαμβάνουν ολοένα και περισσότερες αποφάσεις σε αβέβαιο και ασαφές περιβάλλον. Ανακεφαλαιώνοντας μπορεί κανείς να καταλήξει στα παρακάτω συμπεράσματα.

Αρχικά, είναι ξεκάθαρο, ότι η χρήση των D.S.S. από τις εταιρείες είναι συνεχής. Εστιάζοντας στις ναυτιλιακές εταιρείες, παρατηρείται η καθημερινή χρήση τους, ως εργαλείο επιβίωσης. Χρησιμοποιούνται από όλα τα τμήματα τους και σε μερικές από αυτές, υπάρχουν τμήματα, όπου δημιουργούν προγράμματα με την χρήση μοντέλων απόφασης σε συνεργασία με το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης. Έχουν μελετηθεί τέτοιου είδους μοντέλα και όπως παρουσιάστηκαν και στα κεφάλαια της εργασίας, είναι φανερό η διευκόλυνση των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και η εξάρτηση των ναυτιλιακών από αυτά. Αποτέλεσμα που έχει προκύψει από αυτό είναι για παράδειγμα χρηματοδοτήσεις προγραμμάτων για την έρευνα καινοτόμων συστημάτων αλλά και εξέλιξη ήδη εφαρμοσμένων.

Έπειτα, η ανάπτυξη και παρουσίαση του μοντέλου ομαδικής λήψης αποφάσεων με την χρήση της FST και της μεθόδου TOPSIS, είναι ένα απλό παράδειγμα που παρουσιάζει τις δυνατότητες και τη σημαντικότητα των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων αλλά είναι και ένα παράδειγμα με το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί, ότι ο συνδυασμός της θεωρίας των ασαφών συνόλων με μεθόδους ταξινόμησης, όπως η TOPSIS, αποτέλεσε σημαντική εξέλιξη των μοντέλων αποφάσεων. Όπως λοιπόν, διαπιστώνεται τα σημεία εστίασης είναι δυο. Πρώτον η χρήση των συστημάτων από τις ναυτιλιακές εταιρείες και δεύτερον ο συνδυασμός των δυο μεθόδων, όπου αν και η ανάπτυξη του είναι ιδιαίτερα περίπλοκη, η χρήση τους είναι εύκολη και αποδοτική.

## Βιβλιογραφία

Adeoti-Adekeye, W. (1997). The importance of management information systems. *Library Review* , 46 (5), 318-327.

Chen, C.-T. (2000). Extention of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment . *Fuzzy Sets and Systems* , 1-9.

Chen, S.-J., & Hwang, C. L. (1992). Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications. *Springer-Verlag* .

Dimitras, A., Petropoulos, T., & Constantinidou, I. (2002). Multi-criteria Evaluation of Loan Applications in Shipping. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* , 237-246.

Dubois, D., & Prade, H. (1991). Fuzzy sets in approximate reasoning, Part 1: Inference with possibility distributions. *Fuzzy Sets and Systems* , 143-202.

ECSA. (2010). *Annual report 2009-2010. European community ship owners' association.* Brussels, Belgium.

Edwards, W., Ralph F. Miles, Jr, & Detlof von Winterfeldt. (2007). *Advances in Decision Analysis: From Foundations to Applications.* United States of America: Cambridge University Press.

Fagerholt, K. (2004). A computer-based decision support system for vessel fleet scheduling-experience and future research. *Decision Support Systems* , 35-47.

Fagerholt, K., Christiansen, M., Hvattum, L. M., Johnsen, T. A., & Vabo, T. J. (2010). A decision support methodology for strategic planning in maritime transportation. *Omega* , 465-474.

Goulielmos, A. M. (2001). Maritime safety: facts and proposals for the European OPA. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* , 10 (4), 278-285.

Goulielmos, A. M., & Giziakis, C. B. (2002). Maritime accident prevention: an evaluation of the ISM code by the fundamentals of the complexity theory. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* , 11 (1), 18-32.

*HANDBOOK ON DECISION SUPPORT SYSTEM 1: Basic Themes.* (2008). Springer.

Heikkila, T. (2015). A decision support system to evaluate the business impacts of machine-to-machine system. *Benchmarking: An International Journal* , 22 (2), 201-221.

Keen, P., & Scott-Morton, M. (1978). Decision support systems: An organizational perspective.

Kim, S.-H., & Lee, K.-K. (1997). An optimization-based Decision Support System for Ship Scheduling. *33*, 689-692.

Madu, C. N., & Kuei, C.-h. (1994). A Group Decision Support Systems (GDSS) Framework for Adjusting System Availability Levels. *International Journal of Quality & Reliability Management* , 90-100.

Matroff, I. (1998). *Smart Thinking for Crazy Times: The art of solving the right problem*. San Francisco: Berret - Koehler Publishers.

*MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS: State of the Art Surveys*. (2005). Boston: Springer.

Murty, K. G., Liu, J., Wan, Y.-w., & Linn, R. (2005). A decision support system for operations in a container terminal. *Decision Support Systems* , 309-332.

Norstad, I., Fagerholt, K., & Laporte, G. (2011). Tramp ship routing and scheduling with speed optimization. *Transportation Research Part C* , 19, 853-865.

Pani, A. K. (2014). How can a group of procurement experts select suppliers? An approach for group decision support. *Journal of Enterprise Information Management* , 27 (4), 337-357.

Raggad, B. G. (1996). Effects of information structure and problems solving on decision-support system choice. *Industrial Management & Data Systems* , 96 (1), 21-27.

Ronen, D. (1983). Cargo ships routing and scheduling: Survey of models and problems. 119-126.

Ronen, D. (1993). Ship scheduling: The last decade. *European Journal of Operational Research* , 71, 325-333.

Shen, W., & Khoong, C. (1995). A DSS for empty container distribution planning. *Decision Support Systems* , 15, 75-82.

Sol, H. (1991). Information System to Support Decision Processes. *Aslib Proceedings* , 43, 75-86.

Tzannatos, E. (2003). A decision support system for the promotion of security in shipping. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* , 12 (3), 222-229.

Tzannatos, E., & Goulielmos, A. (1997). Management information system for the promotion of safety in shipping. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* , 6 (4), 252-262.

Tzannatos, E., & Goulielmos, A. (1997). The man-machine interface and its impact on shipping safety. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* , 6 (2), 107-117.

- Vis, I. F., & Koster, R. d. (2003). Transshipment of containers at a container terminal: An overview. *European Journal of Operational Research* , 1-16.
- Visvikis, I. (2007). *Trends & Developments in Shipping Management*. Athens, Greece: T&T Publishing Co Ltd.
- Wang, Y., & Lee, H. (2007). Generalizing TOPSIS for fuzzy multi-criteria group decision-making. *Computers and Mathematics with Applications* , 1762-1772.
- Wang, Y., Lee, H., & Lin, K. (2003). Fuzzy TOPSIS for multi-criteria decision-making. *International Mathematical Journal* , 367-379.
- Williams, L. (1997). Planning and managing the information system - a manager's guide. *Industrial Management & Data Systems* , 97 (5), 187-191.
- Yeh, C., Deng, H., & Pan, H. (1999). Multi-criteria analysis for dredger dispatching under uncertainty. *Journal of Operational Research Society* , 35-43.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *INFORMATION AND CONTROL* , 338-353.
- Zanakis, S., Solomon, A., Wishart, N., & Dublisch, S. (1998). Multi-attribute decision making: a simulation comparison of select methods. *European Journal of Operational Research* , 107, 507-529.
- Zimmermann, H. (2010). Fuzzy set theory. 317-332.
- Γ.Π., Β. (2007). *Εμπορική Ναυτιλία και Θαλάσσιο Περιβάλλον*. Αθήνα, Ελλάδα: Σταμούλης.
- Γ.Π., Β. (Δεκέμβριος, 2011). *Ναυτιλιακή Οικονομία*. Αθήνα: Σταμούλης.
- Γιαννακόπουλος, Δ., & Παπουτσής, Ι. (2012). *ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ* (Δεύτερη εκδ.). Αθήνα, ΕΛΛΑΔΑ: ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ Ε.Π.Ε.
- Μοσχονά, Θ. -Ε., Χαλικιάς, Μ., & Χελιδώνης, Γ. (2010). *Επιχειρησιακή Έρευνα*. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική.
- Παπανικολάου, Α. (2009). *Μελέτη Πλοίου: Μεθοδολογίες Προμελέτης* (Τόμ. τεύχος 1). Αθήνα: Συμεών.
- Σίσκος, Γ. (2008). *Μοντέλα Αποφάσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Τζιμόπουλος, Χ., & Παπαδόπουλος, Β. (2013). *Ασαφή Λογική: με εφαρμογές στις επιστήμες του μηχανικού*. Θεσσαλονίκη: ΖΗΤΗ.