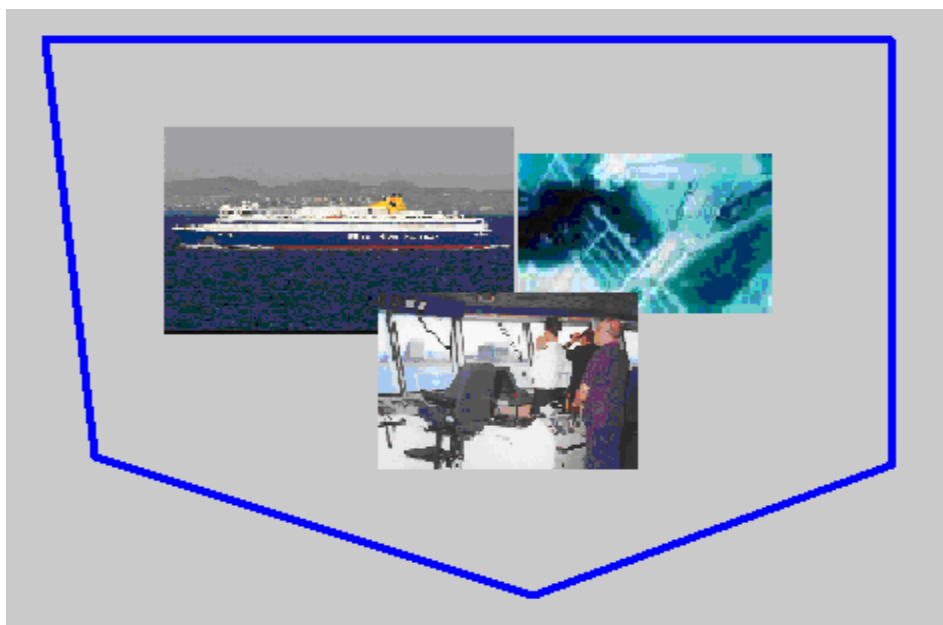


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

**Ο Ανθρώπινος Παράγοντας και η Συμμετοχή του στην
Πρόκληση Ναυτικών Ατυχημάτων για Επιβατηγά Πλοία στον
Ελλαδικό Θαλάσσιο Χώρο – Στατιστικά Μοντέλα και
Προσέγγιση της Πιθανότητας Ανθρώπινου Σφάλματος**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΙΩΑΝΝΗΣ Χ. ΓΕΜΕΛΟΣ

Νοέμβριος 2006

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΝΙΚΟΛΑΟΣ Π. ΒΕΝΤΙΚΟΣ

Θερμές ευχαριστίες στους ανθρώπους που με βοήθησαν κατά την εκπόνηση της εργασίας και ιδιαίτερα στον κ. Νικόλαο Βεντίκο για την καθοδήγηση και τις συμβουλές. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και τη στήριξη.

Σύνοψη

Η ασφάλεια των πλοίων στη θάλασσα αποτελούσε, ανέκαθεν, και δεν θα πάψει ποτέ να αποτελεί το μεγαλύτερο μέλημα στο χώρο της ναυτιλίας. Το ενδιαφέρον για την ασφάλεια πολλαπλασιάζεται στην περίπτωση των επιβατηγών πλοίων που αναλαμβάνουν τη μεταφορά χιλιάδων ανθρώπινων ζωών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα Ελληνικά επιβατηγά πλοία που, εξαιτίας των δεκάδων νησιών και της εκτενέστατης ακτογραμμής της χώρας μας, καλούνται να μεταφέρουν μέχρι και 50,000,000 επιβάτες το χρόνο. Την περίοδο από το 1992 έως και το 2005, 74 ναυτικά ατυχήματα επιβατηγών πλοίων έλαβαν χώρα στα Ελληνικά χωρικά ύδατα : αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι περίπου το 65% των ατυχημάτων αυτών είχαν ως αιτία πρόκλησης τον ανθρώπινο παράγοντα.

Βασικός σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να αναδείξει τον σημαντικό και πολυεπίπεδο ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα στην πρόκληση ναυτικών ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα, μέσα από διαφορετικούς τρόπους. Αρχικά, παρουσιάζεται μια γενική στατιστική ανάλυση των ναυτικών ατυχημάτων της ελληνικής ακτοπλοΐας την εξεταζόμενη περίοδο 1992 – 2005 και της καταλυτικής επίδρασης του ανθρώπινου παράγοντα.

Κύριο θέμα της εργασίας αποτελεί η ανάλυση για τη διερεύνηση πιθανής συσχέτισης της αιτίας του ατυχήματος με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια των θαλασσίων μεταφορών. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της στατιστικής, θα αναζητηθούν παράγοντες που αφορούν είτε το πλοίο (ηλικία, μέγεθος) είτε το ατύχημα (είδος ατυχήματος) οι οποίοι, ενδεχομένως, συνδέονται με την τάση ενός ναυτικού ατυχήματος να προκληθεί από ανθρώπινο παράγοντα ή άλλα αίτια. Με τον τρόπο αυτό, ο ρόλος του ανθρώπινου παράγοντα στην ασφάλεια της Ελληνική ακτοπλοΐας προτίθεται να αποκαλυφθεί, ενώ, παράλληλα, πρόκειται να αναδειχθούν τα σημεία εκείνα που είναι έκδηλη η συμβολή του ή μη. Εδώ, είναι φρόνιμο να σημειωθεί ότι μια ανάλυση στατιστικής σημαντικότητας, γενικά, δεν μπορεί να αποδείξει μια σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος, είναι σε θέση όμως να δείξει και να αναδείξει το κατά πόσο οι διάφορες μεταβολές στους ρυθμούς ατυχημάτων είναι συστηματικές ή αποκλειστικά τυχαίες.

Τέλος, η αποτίμηση του ρίσκου της μεταφοράς με τα Ελληνικά επιβατηγά πλοία καλείται να φανερώσει, σε κάποιο βαθμό, το επίπεδο ασφάλειας της Ελληνικής ακτοπλοΐας, ενώ οι επιμέρους τιμές ρίσκου για τα ατυχήματα από ανθρώπινο παράγοντα και από άλλα αίτια είναι ένας καινοτόμος τρόπος για να εξεταστεί, και μέσα από εδώ, η άρρηκτη σχέση των ναυτικών ατυχημάτων των Ελληνικών επιβατηγών πλοίων και των αποτελεσμάτων τους με τον ανθρώπινο παράγοντα.

Παρακάτω παρατίθενται μερικά από τα βασικότερα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν μέσα από την εργασία :

- Το 13% των ναυτικών ατυχημάτων την περίοδο 1992-2005 στην Ελλάδα αφορούσε περιπτώσεις επιβατηγών πλοίων.
- Ο αριθμός των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα, δεν ακολουθεί τον ρυθμό πτώσης των ατυχημάτων του συνολικού αριθμού των ελληνικών πλοίων, καθώς μένει σχετικά σταθερός, με μικρές μειωτικές τάσεις.
- Από τα 74 συνολικά ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα την περίοδο 1992-2005, τα 7 (ποσοστό 9%) είχαν ως συνέπεια κάποιον τραυματισμό ή θάνατο, εκ των οποίων τα 6 είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Η ηλικία των επιβατηγών πλοίων αποδεικνύεται ότι δεν συσχετίζεται με την αιτία ενός ατυχήματος, αν δηλαδή αυτό προήλθε από ανθρώπινο παράγοντα ή άλλα αίτια.
- Το μέγεθος των επιβατηγών πλοίων δείχνει να αποτελεί παράγοντα που συσχετίζεται με την αιτία του ατυχήματος. Μάλιστα αποδεικνύεται η εν γένει τάση των πλοίων μικρότερης χωρητικότητας να είναι πιο επιρρεπή σε ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα.
- Η αξιοσημείωτη παρατήρηση κατά την εξέταση της συσχέτισης αιτίας ατυχήματος – είδος ατυχήματος, είναι ότι από τα 15 ναυτικά ατυχήματα επιβατηγών πλοίων με πρώτο χρονικό συμβάν τη σύγκρουση / πρόσκρουση, τα 14 είχαν ως αιτία πρόκλησης τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Η αποτίμηση του ρίσκου της ελληνικής ακτοπλοΐας δείχνει ότι μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξαιρετικά ασφαλής.

Synopsis

One of the most important concerns in the maritime field is the safety of ships at sea. This concern augments in the case of passenger ships that carry thousands of lives; Greece is a typical example of this problem since it has a large coastline and dozens of islands with Greek passenger ships transferring up to 50,000,000 people every year. In the period from 1992 to 2005, 74 marine accidents of passenger ships took place in Greek waters: it is derived that about 65% of them are caused by the inadequacy of human factor.

The scope of this thesis is to emphasize the important and multilevel role of human factor in the safety of Greek coastal shipping. A statistical analysis of the Greek passenger ships' casualties, in the period 1992 – 2005, is shown in order to be indicated the primary impact of human factor.

The comprehensive analysis presented in this thesis investigates the links and comparative assets between human factor and other factors that are important determinants of maritime transport risk. In this outline, the identification of factors, such as age, ship size and type of marine accident, that can be statistically (i.e. statistical significance) linked to whether an accident in a passenger vessel can be attributed to human factor or other causes, is being addressed accordingly. This way, the role of human factor in relation to safety of Greek coastal shipping can be revealed and the spotlight is able to focus on the various aspects and points that manifest the importance of human element in the maritime industry. It is noted that an analysis of statistical significance generally does not prove a cause-and-effect relationship, but it can depict whether variations in accident rates are either systematic or can be attributed to chance.

The risk assessment of the transportation with Greek passenger ships is being used in order to be estimated the safety level of Greek coastal shipping. Moreover, the comparison between the values of risk for accidents by human factor and other causes, respectively, is a manner that can bring to light with brightness the unbroken relationship between human factor and marine accidents' consequences.

Some of the the most important conclusions of this thesis are :

- Greek passenger ships' marine accidents covered the 13% of all marine accidents of Greek flagged ships, in the period 1992 – 2005.
- 9% of passenger ships' marine accidents led to an injury or death, that is 7 out of 74 accidents overall.
- The age of a passenger ship is not linked with the cause of a marine accident.
- It is proved that the the size of a passenger ship can be linked with the cause of a marine accident. In particular, smaller ships seems to be more prone to have an accident by the inadequacy of human factor.
- 14 out of 15 passenger ships' marine accidents, that had as first event in chronological order the collision, were attributed to human factor. This notice is very important as the accidents that started with a collision are responsible for 80 deaths and 3 injuries out of 95 deaths and 78 injuries overall, in the period 1992 – 2005.
- Risk assessment of Greek coastal shipping shows that Greek passenger ships are a very safe way of transportation.

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 2.1 : Τρεις εποχές για τη βελτίωση της ασφάλειας.....	7
Σχήμα 2.2 : Πορεία προς ατύχημα.....	12
Σχήμα 3.1: χ^2 -κατανομή με $n=3$	25
Σχήμα 3.2 : χ^2 -κατανομή με $n=20$	25
Σχήμα 5.1 : Σύγκριση αριθμού ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων με τα υπόλοιπα πλοία την περίοδο 1992-2005.....	48
Σχήμα 5.2 : Σύγκριση πορείας αριθμού ναυτικών ατυχημάτων μεταξύ του συνολικού στόλου και των επιβατηγών , 1992-2005.....	49
Σχήμα 5.3 : Σύγκριση πορείας συχνότητας ναυτικών ατυχημάτων μεταξύ του συνολικού στόλου και των επιβατηγών , 1992-2005.....	50
Σχήμα 5.4 : Διαχωρισμός ατυχημάτων ελληνικών επιβατηγών πλοίων με βάση την αιτία πρόκλησης , 1992-2005.....	51
Σχήμα 5.5 : Κατανομή ανθρώπινου λάθους πάνω στο πλοίο.....	52
Σχήμα 5.6 : Καταμερισμός του ανθρώπινου παράγοντα στα μέλη του πληρώματος με βάση το πόρισμα του ΑΣΝΑ για τα Ε/Γ στην Ελλάδα , 1992-2005.....	53
Σχήμα 5.7 : Κατανομή των ατυχημάτων των Ε/Γ στην Ελλάδα με βάση τις συνέπειες σε τραυματισμό ή θάνατο, 1992-2005.....	55
Σχήμα 6.1 : Συχνότητα ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων ως συνάρτηση της ηλικίας (ανά 100 πλοία) , Ελλάδα, 1992-2005.....	58
Σχήμα 6.2 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για το ρίξιμο ενός ζαριού.....	60
Σχήμα 6.3 : Κανονική Κατανομή.....	61
Σχήμα 6.4 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για την ηλικία των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005.....	62
Σχήμα 6.5 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για την ηλικία των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια, 1992-2005.....	63
Σχήμα 6.6 : Means plot “Ηλικία – Αιτία ατυχήματος”.....	64
Σχήμα 6.7 : Error bar chart “Ηλικία – Αιτία ατυχήματος”.....	65
Σχήμα 6.8 : Side-by-side box plot “Ηλικία – Αιτία ατυχήματος”.....	66
Σχήμα 6.9 : Means plot “Αιτία ατυχήματος – Ηλικία”.....	71

Σχήμα 6.10 : <i>Side-by-side box plot</i> “Αιτία ατυχήματος - Ηλικία”	72
Σχήμα 7.1 : Συνχρότητα ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων ως συνάρτηση του μεγέθους (ανά 100 πλοία) , Ελλάδα, 1992-2005	74
Σχήμα 7.2 : Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης σ.π.π.	75
Σχήμα 7.3 : Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για την χωρητικότητα των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005	77
Σχήμα 7.4 : Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για την χωρητικότητα των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια, 1992-2005	78
Σχήμα 7.5 : Means plot “Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος”	79
Σχήμα 7.6 : Error bar chart “Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος”	80
Σχήμα 7.7 : <i>Side-by-side box plot</i> “Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος”	81
Σχήμα 7.8 : Means plot “Αιτία ατυχήματος – Μέγεθος”	85
Σχήμα 7.9 : <i>Side-by-side box plot</i> “Αιτία ατυχήματος – Μέγεθος”	86
Σχήμα 7.10 : Εκθετική κατανομή προσέγγισης της θεωρητικής κατανομής των τιμών χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια	90
Σχήμα 7.11 : Εκθετική κατανομή προσέγγισης της θεωρητικής κατανομής των τιμών χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια	92
Σχήμα 7.12 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για τον αριθμό προσωπικού καταστρώματος των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005	95
Σχήμα 7.13 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για τον αριθμό προσωπικού καταστρώματος και μηχανής των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005	96
Σχήμα 8.1 : Καταμερισμός ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων με βάση το είδος ατυχήματος, Ελλάδα, 1992-2005	98
Σχήμα 8.2 : Καταμερισμός ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων από ανθρώπινο παράγοντα με βάση το είδος ατυχήματος , Ελλάδα, 1992 - 2005	99
Σχήμα 8.3 : Καταμερισμός ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων από άλλα αίτια με βάση το είδος ατυχήματος , Ελλάδα, 1992 - 2005	100
Σχήμα 8.4 : Means plot “Αιτία ατυχήματος – Είδος ατυχήματος”	102

Σχήμα 8.5 : Side-by-side box plot “Αιτία ατυχήματος – Είδος ατυχήματος”	103
Σχήμα 9.1 : Η βασική δομή της μεθόδου FSA από τον IMO	107

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 3.1 : Παράδειγμα ANOVA.....	36
Πίνακας 3.2 : Πίνακας 2x2 για τον υπολογισμό του odd's ratio.....	40
Πίνακας 4.1 : Δύναμη Ε/Γ και διακινηθέντων επιβατών στην Ελλάδα την περίοδο 1992-2005.....	46
Πίνακας 6.1 : Βασικές παράμετροι των σ.μ.π. για τις ηλικίες των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρ.αμέλεια και από άλλα αίτια, Ελλάδα, 1992-2005.....	67
Πίνακας 6.2 : Contingency table “Ηλικία - Αιτία ατυχήματος”.....	68
Πίνακας 6.3 : Αποτελέσματα Chi-Square Test για “Ηλικία - Αιτία ατυχήματος”.....	68
Πίνακας 6.4 : Odds ratio, 95% confidence interval και ln(OR) για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια με βάση την ηλικία επιβατηγού πλοίου.....	70
Πίνακας 7.1 : Βασικές παράμετροι των σ.π.π. για τις χωρητικότητες των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρ.αμέλεια και από άλλα αίτια, Ελλάδα, 1992-2005.....	81
Πίνακας 7.2 : Contingency table “Μέγεθος - Αιτία ατυχήματος”.....	82
Πίνακας 7.3 : Αποτελέσματα Chi-Square Test για “Μέγεθος - Αιτία ατυχήματος”.....	83
Πίνακας 7.4 : Odds ratio, 95% confidence interval και ln(OR) για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια με βάση το μέγεθος επιβατηγού πλοίου.....	84
Πίνακας 7.5 : Σημαντικές παράμετροι της εμπειρικής και της εκθετικής κατανομής για την χωρητικότητα των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα.....	91
Πίνακας 7.6 : Σημαντικές παράμετροι της εμπειρικής και της εκθετικής κατανομής για την χωρητικότητα των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία.....	93
Πίνακας 7.7 : Καθορισμός προσωπικού καταστρώματος.....	94
Πίνακας 7.8 : Καθορισμός προσωπικού μηχανής.....	94
Πίνακας 8.1 : Contingency table “Είδος ατυχήματος - Αιτία ατυχήματος”.....	100
Πίνακας 8.2 : Αποτελέσματα Chi-Square Test για “Είδος ατυχήματος – Αιτία ατυχήματος”.....	101
Πίνακας 8.3 : <i>Post-hoc test (Tukey)</i> “Είδος ατυχήματος”.....	104

Πίνακας 9.1 : Τιμές ρίσκου ελληνικής ακτοπλοΐας, 1992-2005.....	110
Πίνακας 9.2 Αριθμός ατυχημάτων, θανάτων και τραυματισμών στα Ε/Γ πλοία, Ελλάδα, 1992-2005.....	112
Πίνακας 9.3 : Οι τιμές του IR και του PLL με και χωρίς το ατύχημα του Express Samina.....	113
Πίνακας 9.4 : Κριτήρια <i>Individual Risk</i>	114
Πίνακας 9.5 : Ποσοτικά κριτήρια τιμής ρίσκου (HSE, 1999).....	114
Πίνακας 9.6 : Ρίσκο αεροπορικών πτήσεων.....	115
Πίνακας 9.7 : Σύγκριση τιμής ατομικού ρίσκου ελληνικής ακτοπλοΐας με άλλα μέσα μεταφοράς.....	116
Πίνακας 9.8 : Σύγκριση τιμής κοινωνικού ρίσκου ελληνικής ακτοπλοΐας με τιμές επιβατηγών πλοίων άλλων βάσεων ναυτικών ατυχημάτων.....	117

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σύνοψη.....	i
Synopsis.....	iii
Λίστα των Σχημάτων.....	v
Λίστα των Πινάκων.....	viii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	x

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ – ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

2.1 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΦΑΛΜΑ.....	6
2.2 ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ.....	7
2.3 ΌΡΙΑ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ.....	8
2.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ.....	11
2.4.1 Σχεδιασμός Συστήματος.....	13
2.4.2 Αγωγή Ασφάλειας.....	16
2.5 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	19
2.5.1 Όραμα.....	19
2.5.2 Αρχές.....	20
2.5.3 Στόχοι.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	23
3.2 ΜΗ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	23
3.2.1 Chi-Square Tests.....	24
3.2.2 RANK-ORDER TESTS.....	29
3.2.2.1 The Wilcoxon Signed-Rank Test.....	29
3.2.2.2 The Mann-Whitney U Test for Independent Samples.....	30
3.3 STUDENT'S T-TEST.....	32
3.4 ONE-WAY ANOVA (ANalysis Of VAriance).....	35
3.5 ODD'S RATIO.....	40
3.6 TREND ANALYSIS.....	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ Υ.Ε.Ν.....	45
4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ Υ.Ε.Ν.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΓΕΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	48
5.2	ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	48
5.3	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1992 – 2005.....	49
5.4	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ.....	51
5.5	ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ.....	53
5.6	ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ/ΘΑΝΑΤΟΣ.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

6.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	57
6.2	ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	59
6.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΗΛΙΚΙΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	61
6.4	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ – ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ.....	67
6.5	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΚΙΩΝ.....	69
6.5.1	Απεικόνιση τάσης προς ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΛΟΙΟΥ

7.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	74
7.2	ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΣΥΝΕΧΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	75
7.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΛΟΙΩΝ.....	77
7.4	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ-ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΠΛΟΙΟΥ.....	82
7.5	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ.....	83
7.5.1	Απεικόνιση τάσης προς ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα.....	85
7.6	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ (“ <i>DISTRIBUTION FITTING</i> ”).....	86
7.6.1	Παρουσίαση προγράμματος “Best Fit Version 4.5”.....	87
7.6.2	Επιλογή κατάλληλων ειδικών κατανομών.....	89
7.7	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ.....	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΕΙΔΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

8.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	98
8.2	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ – ΕΙΔΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ.....	99
8.3	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΑΣΗΣ ΠΡΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑ ΑΠΟ	
8.4	ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ.....	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ – ΡΙΣΚΟΥ

9.1	FSA – ΓΕΝΙΚΑ.....	106
9.2	ΤΟ ΡΙΣΚΟ ΚΑΙ ΟΙ ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ.....	108
9.3	ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΡΙΣΚΟΥ.....	109
9.3.1	Express Samina και τα υπόλοιπα ατυχήματα.....	111
9.4	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΗΣ ΡΙΣΚΟΥ.....	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

10.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	119
10.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	122

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α –

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ (Critical Values) ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΤΕΣΤ.....	124
--	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β –

ΔΕΙΓΜΑ ΛΙΣΤΑΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ Δ.Α.Ν.....	129
--	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ –

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ <i>MATLAB</i>	131
--	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	133
-------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μία από τις βασικότερες ανησυχίες στο χώρο της ναυτιλίας ήταν, και θα είναι για πάντα, η ασφάλεια των πλοίων στη θάλασσα. Η βελτίωσή της, καθώς για πλήρη εξασφάλισή της δεν δύναται να γίνεται λόγος, αποτελεί πάντοτε στόχο όλων των εμπλεκομένων στο χώρο. Δυσaréσκεια προκαλεί, όμως, το γεγονός ότι οι ενέργειες αυτές είναι, τις περισσότερες φορές, σπασμωδικές και γίνονται, συνήθως, μετά από κάποιο μεγάλο ατύχημα με κύριο σκοπό να μετριάσουν τις αντιδράσεις της κοινής γνώμης.

Έτσι, η ναυτιλία, στον τομέα της ασφάλειας, είναι ένα βήμα πίσω από άλλους, όπως η πυρηνική και η αεροπορική βιομηχανία, με αποτέλεσμα να βρίσκεται συχνά στη δύσκολη θέση να απαριθμεί ζημιές είτε στο περιβάλλον και το φορτίο είτε, χειρότερα ακόμα, σε ανθρώπινες ζωές, εκεί όπου οι επιπτώσεις και οι αντιδράσεις είναι πολύ μεγαλύτερες, κάτι το οποίο είναι απολύτως δικαιολογημένο.

Για το λόγο αυτό, η ασφάλεια, ειδικά, των επιβατηγών πλοίων, που αποδεικνύονται ως τα πλέον επιρρεπή για ατύχημα (Ψαραύτης et.al., 1998), αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία και η βελτίωσή της είναι θέμα ζωτικής σημασίας. Ιδιαίτερα για μια χώρα όπως η Ελλάδα, με τα πολλά νησιά και την αναπτυγμένη ακτοπλοΐα που μεταφέρει ετησίως μέχρι και 50,000,000 επιβάτες, είναι αδύνατο να αδιαφορήσει κανείς μπροστά σε οποιαδήποτε προοπτική θωράκισης της ασφάλειας.

Η αντιμετώπιση κάθε προβλήματος ξεκινά με την αναζήτηση της γενεσιουργούς και κύριας αιτίας. Στην περίπτωση των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο υπάρχει μία βασική αιτία που ευθύνεται για δύο στα τρία ατυχήματα. Είναι η ίδια στην οποία οφείλονται περίπου το 85% των ατυχημάτων σε κάθε λογής εργασιακό χώρο (Sanders & McCormick, 1987), και η αιτία αυτή είναι ο ανθρώπινος παράγοντας.

Λέξεις-κλειδιά : ανθρώπινος παράγοντας, ναυτικό ατύχημα, Ελληνική ακτοπλοΐα, ανθρώπινη αξιοπιστία

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Ο βασικός σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάδειξη της σημαντικής επίδρασης του ανθρώπινου παράγοντα στην πρόκληση ναυτικών ατυχημάτων και η παρουσίαση της παλυεπίπεδης και καταλυτικής επιρροής του. Κύριο θέμα της εργασίας είναι η εξέταση, με τη βοήθεια της στατιστικής ανάλυσης, της πιθανής συσχέτισης του ανθρώπινου παράγοντα ως αιτίας ενός ατυχήματος με άλλους παράγοντες που αποδεδειγμένα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια ενός πλοίου. Τέτοιου είδους παράγοντες είναι η ηλικία του πλοίου, το μέγεθος του πλοίου και το είδος του ατυχήματος.

Μέσα από τη διαδικασία αυτή γίνεται προσπάθεια άντλησης σημαντικών συμπερασμάτων για την επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα στην πρόκληση ναυτικών ατυχημάτων στα ελληνικά επιβατηγά πλοία. Επίσης, επιχειρείται η εστίαση της προσοχής στα διάφορα σημεία που καταμαρτυρούν με έκδηλο τρόπο τη σπουδαιότητα του παράγοντα αυτού, αποκαλύπτοντας, έτσι, τις πραγματικές απειλές για την ελληνική ακτοπλοΐα.

Η εργασία αποτελείται από 10 κεφάλαια. Το Κεφάλαιο 2 εισχωρεί στη θεωρητική ανάλυση του ανθρώπινου παράγοντα και των βασικών χαρακτηριστικών του, καθώς και στη σύνδεσή του με τις θαλάσσιες μεταφορές.

Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει και εξηγεί τις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στο κύριο μέρος της εργασίας, ενώ το Κεφάλαιο 4 αναφέρεται στις πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων.

Μια πρώτη γενική στατιστική ανάλυση που αναδεικνύει, εξ αρχής, κάποια σημαντικά σημεία που εκμαιεύονται από τα στοιχεία, παρουσιάζεται και σχολιάζεται στο Κεφάλαιο 5.

Στα Κεφάλαια 6 έως 8 επιχειρείται η αναζήτηση και ανάλυση της πιθανής συσχέτισης της αιτίας ενός ατυχήματος με άλλους παράγοντες που αφορούν άμεσα το πλοίο που εμπλέκεται (μέγεθος, ηλικία) αλλά και το ίδιο το ατύχημα (είδος ατυχήματος). Στο Κεφάλαιο 9 γίνεται

μια προσπάθεια προσέγγισης του ρίσκου που αφορά την ελληνική ακτοπλοΐα, αλλά και πως αποτυπώνεται η αιτία ενός ατυχήματος σε αυτό.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 10 συγκεντρώνονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας και γίνεται η σύνδεση αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

2.1 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΛΑΘΟΣ

2.2 ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ

2.3 ΟΡΙΑ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

2.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

2.4.1 Σχεδιασμός Συστήματος (System design)

2.4.2 Αγωγή Ασφάλειας (Safety Culture)

2.5 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ - ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

2.5.1 Όραμα

2.5.2 Αρχές

2.5.3 Στόχοι

2.1 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΦΑΛΜΑ

Υπάρχει η τάση να γίνεται ένας διαχωρισμός μεταξύ του όρου ανθρώπινος παράγοντας (human factor) και ανθρώπινο σφάλμα (human error). Μάλιστα, έχουν επικρατήσει δύο διαφορετικοί ορισμοί για τους δύο αυτούς όρους. Έτσι ο ορισμός για τον ανθρώπινο παράγοντα είναι (Health and Safety Executive (HSE), 1999) :

Ο όρος ανθρώπινος παράγοντας καλύπτει ένα μεγάλο εύρος από θέματα: περιβαλλοντικούς, οργανωτικούς και εργασιακούς παράγοντες, τον σχεδιασμό του συστήματος, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του έργου και του ανθρώπου που επιδρούν στη συμπεριφορά και επηρεάζουν υγεία και ασφάλεια.

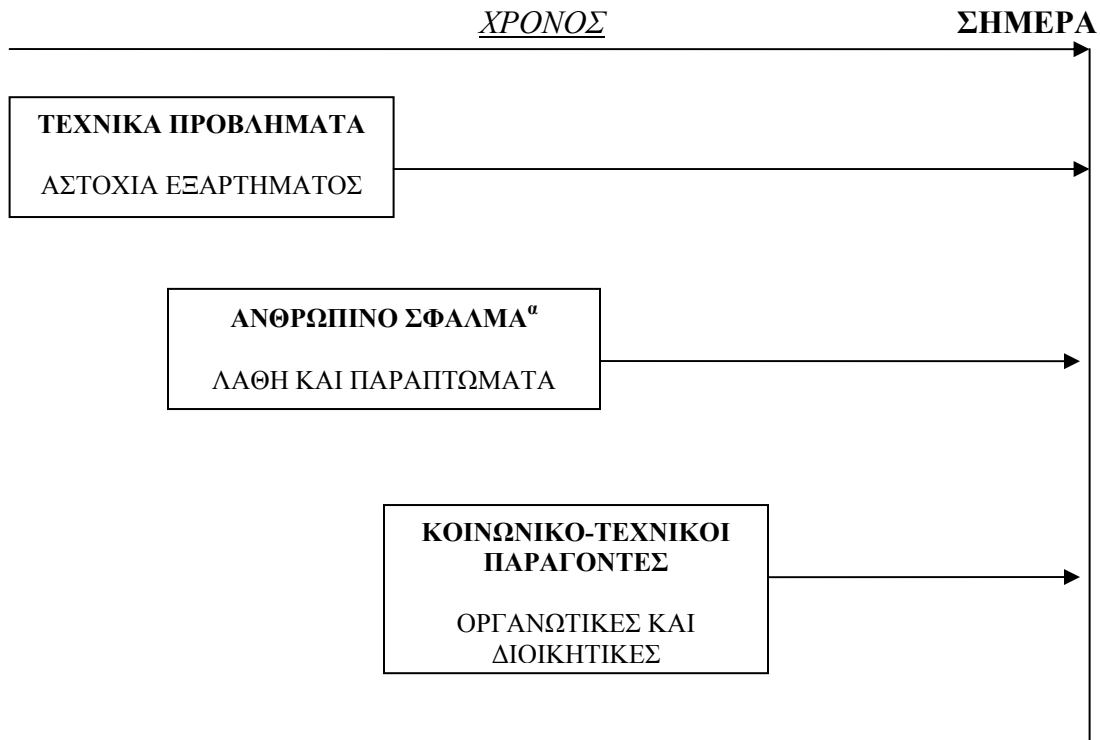
Ο ορισμός του ανθρώπινου σφάλματος, είτε αυτό είναι εκούσιο είτε ακούσιο, καθορίζεται ως εξής (Lorenzo, 1990) :

Ως ανθρώπινο σφάλμα θεωρείται κάθε ανθρώπινη ενέργεια ή απουσία της, που ξεπερνά ή αποτυγχάνει να φθάσει ένα επίπεδο αποδοχής, όπου τα όρια της ανθρώπινης συμπεριφοράς είναι καθορισμένα από το σύστημα.

Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από τη σύγκριση των δύο ορισμών είναι ότι ο όρος ανθρώπινος παράγοντας είναι πιο γενικός από τον όρο ανθρώπινο σφάλμα και περιλαμβάνει όλες τις τυχούσες παραλείψεις στο σχεδιασμό και την οργάνωση μιας επιχείρησης ή ενός έργου. Όμως τα όρια ανάμεσά τους δεν είναι πλήρως καθορισμένα και πολλές φορές ο διαχωρισμός τους είναι πολύ δύσκολος. Το γεγονός αυτό, μαζί με την έλλειψη ακριβών στοιχείων από τη βάση δεδομένων, όσον αφορά την αιτία ενός ατυχήματος, οδήγησε στην απόφαση να θεωρηθούν οι δύο αυτοί όροι σχεδόν ταυτόσημοι για τη συνέχεια της εργασίας, χωρίς αυτό να επηρεάζει την έρευνα. Σε περίπτωση που ο διαχωρισμός των δύο όρων είναι απαραίτητος θα σημειώνεται.

2.2 ΠΡΟΙΣΤΟΡΙΑ

Το ανθρώπινο σφάλμα ήταν ο παράγοντας πρόκλησης των περισσότερων ευρέως γνωστών δυσάρεστων περιστατικών στην σύγχρονη ιστορία και όχι μόνο, συμπεριλαμβανομένου της έκρηξης στο εργοστάσιο φυτοφαρμάκων στο Bhopal, την πολύνεκρη τραγωδία στο ποδοσφαιρικό γήπεδο του Hillsborough, τα σιδηροδρομικά ατυχήματα του Paddington και Southall, το ναυάγιο του Herald of Free Enterprise, οι πυρηνικές καταστροφές στο Chernobyl και στο Three-Mile Island, το δυστύχημα του Challenger Shuttle, αλλά για να αναφερθούμε και στα δικά μας, στη ναυτική τραγωδία του Express Samina. Εκτός από αυτές τις μεγάλες καταστροφές, κάθε εργασιακός χώρος είναι εκτεθειμένος καθημερινά και συχνά πλήττεται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Το τίμημα όσον αφορά την ανθρώπινη ζωή, κατά κύριο λόγο, αλλά φυσικά και το χρηματικό κόστος είναι πραγματικά πολύ βαρύ. Έτσι, δίνοντας έμφαση στον περιορισμό του ανθρωπίνου σφάλματος, έχουμε όφελος και στους δύο τομείς παράλληλα.



Σχήμα 2.1 : Τρεις εποχές για τη βελτίωση της ασφάλειας

^α Στην περίπτωση αυτή το ανθρώπινο σφάλμα διαχωρίζεται από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος για την εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα στα ατυχήματα φαίνεται χαρακτηριστικά στο **Σχήμα 2.1**. Αρχικά, η προσοχή ήταν εστιασμένη στα τεχνικά προβλήματα, σημείο που δεν έχει πάψει, φυσικά, να απασχολεί ακόμα και σήμερα. Ωστόσο, καθώς με το πέρασμα του χρόνου τα τεχνικά συστήματα άρχισαν να γίνονται όλο και πιο αξιόπιστα, το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στα ανθρώπινα αίτια και πολλά ατυχήματα αποδόθηκαν εξ'ολοκλήρου σε άτομα με άμεση πρόσβαση στο χειρισμό. Αργότερα, έρευνες πάνω σε σοβαρά ατυχήματα αναγνώρισαν ότι για την αστοχία του εξοπλισμού και των χειριστών, η αιτία είχε τις ρίζες της βαθύτερα στη διαχείριση και την αγωγή της ασφάλειας.

Αναλύσεις στα αίτια των ατυχημάτων αποκαλύπτουν ότι έως και στο 80% των ατυχημάτων, υπάρχει η εξ'ολοκλήρου, ή έστω εν μέρει, εμπλοκή του ανθρώπου (HSE, 1999). Για παράδειγμα, υπολογίστηκε ότι το ανθρώπινο σφάλμα κρύβεται πίσω από το περίπου 60% του συνόλου των ναυτικών ατυχημάτων, με τις οργανωτικές και διοικητικές παραλείψεις να αποτελούν το 15%, ενώ το υπόλοιπο 25% αποδίδεται στα τεχνικά προβλήματα (Tangen, 1987). Επιπροσθέτως, από τις περιπτώσεις ανθρωπίνου σφάλματος, μόνο το 20% προκλήθηκε από καθαρά ατομικό λάθος του χειριστή. Το υπόλοιπο 80% αποδίδεται σε παράγοντες όπου η διοίκηση είχε άμεση σχέση.

2.3 ΟΡΙΑ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Προτού γίνει λόγος για τον ανθρώπινο παράγοντα και τον ρόλο του στην ασφάλεια στον εργασιακό χώρο, θα ήταν φρόνιμο να αναλυθούν και, κυρίως, να κατανοηθούν τα όρια και οι ανθρώπινες δυνατότητες. Το σύγχρονο εργασιακό περιβάλλον είναι πολύ διαφορετικό από τις συνθήκες που ένας ανθρώπινος οργανισμός έχει συνηθίσει να αντιμετωπίζει. Το παρόν κομμάτι έχει ως σκοπό να εξετάσει τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά που σε συνάρτηση, πάντα, με το εργασιακό περιβάλλον, μπορούν να οδηγήσουν σε δυσκολίες, άρα και σε λάθη. Τα κύρια αυτά χαρακτηριστικά είναι :

➤ Προσοχή

Ο σύγχρονος χώρος εργασίας μπορεί να «υπερφορτώσει» την ανθρώπινη προσοχή με τεράστιο αριθμό πληροφοριών, πολύ περισσότερες από αυτές που ένας άνθρωπος καλείται να αντιμετωπίσει στο φυσικό περιβάλλον που ζει. Ο τρόπος, με τον οποίο, καθένας αφομοιώνει πληροφορίες μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της απαιτούμενης προσοχής, μπορεί, όμως, μερικές φορές να δημιουργήσει περαιτέρω προβλήματα.

Ο άνθρωπος μπορεί να έχει επισταμένη την προσοχή του πάνω σε ένα θέμα μόνο για ένα αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα, το οποίο, φυσικά, εξαρτάται από τις προδιαγραφές και τις ιδιαιτερότητες του θέματος. Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται γύρω στα 20 λεπτά, μετά το πέρας των οποίων εμφανίζεται η κούραση και η πιθανότητα για λάθος είναι πιο αυξημένη. Ωστόσο, η ανθρώπινη προσοχή και συγκέντρωση είναι υπεύθυνη για τυχόν λάθη και για άλλους λόγους, όπως :

- *Information bottleneck* – ένας άνθρωπος είναι εφικτό να έχει στραμμένη την προσοχή του μόνο σε ένα μικρό αριθμό θεμάτων. Αν προσπαθήσει να παρακολουθήσει περισσότερες ενέργειες ταυτόχρονα, η πιθανότητα λάθους αυξάνεται, καθώς η προσοχή του αποσπάται.
- *Habit forming* – αν μια ενέργεια επαναλαμβάνεται πολύ συχνά, προκαλείται στον άνθρωπο που την εκτελεί η αίσθηση ότι μπορεί να την φέρει εις πέρας χωρίς να έχει όλη του την προσοχή στραμμένη εκεί αλλά εκτελώντας τη, όπως συνηθίζεται να αποκαλείται, «μηχανικά». Αυτή, ακριβώς, η αυτοματοποίηση των πράξεων σε μία, κατά τα άλλα, συνηθισμένη και επαναλαμβανόμενη ενέργεια, μπορεί να οδηγήσει σε λάθος.

➤ Αντίληψη

Για να ζει κανείς αρμονικά και να αλληλεπιδρά σωστά με το περιβάλλον γύρω του, πρέπει να το αντιλαμβάνεται σωστά και να αναγνωρίζει τους κινδύνους του. Το εργασιακό περιβάλλον συχνά δοκιμάζει την ανθρώπινη αντίληψη και οι πληροφορίες που μας παρέχει μπορεί συχνά να εκληφθούν με λάθος τρόπο. Οι τομείς που πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα είναι :

- *Ερμηνεία των ερεθισμάτων* – ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια που καλείται να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος στην αντίληψη του περιβάλλοντος είναι ότι είναι

αναγκασμένος να *ερμηνεύσει* τις πληροφορίες που του παρέχει, και όχι να έχει απλά μία άμεση πρόσβαση σε αυτές. Όσο πιο απτές είναι οι πληροφορίες που προσφέρονται στον άνθρωπο, τόσο μειώνεται η πιθανότητα για ένα ενδεχόμενο λάθος από αυτόν. Με βάση αυτό, τα συστήματα που παρέχουν πληθώρα άμεσα αντιληπτών πληροφοριών κατά το σχεδιασμό τους, συνήθως βοηθούν στη μείωση των ατυχημάτων.

- *Ανίχνευση σήματος* – όσο πιο έντονο είναι το ερέθισμα (όπως ένα φως ή ένας ήχος), τόσο πιο δραστική είναι η ανταπόκριση που προκαλείται (όπως η εγκεφαλική ενεργοποίηση ή μία ενστικτώδης κίνηση του σώματος). Αυτό έχει άμεση συνέπεια στον τρόπο με τον οποίο γίνονται αντιληπτά τα σήματα κινδύνου στο χώρο εργασίας.

➤ *Μνήμη*

Η ικανότητά μας να θυμόμαστε πράγματα και οι μέθοδοι που επιβάλλουμε στον εαυτό μας για να έχουμε πρόσβαση σε κάθε λογής πληροφορία, συχνά μας επιφέρει υπερβολική πίεση. Ο εμπλουτισμός των γνώσεων πάνω σε ένα θέμα ή μια διαδικασία, επιτρέπει στον άνθρωπο να διατηρεί περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτό. Χαρακτηριστικά στοιχεία της μνήμης είναι :

- *Χωρητικότητα* – η βραχυπρόθεσμη μνήμη έχει εξαιρετικά περιορισμένη χωρητικότητα. Γενικά, ένας άνθρωπος δεν μπορεί να ανακαλέσει από τη μνήμη του παραπάνω από επτά ξεχωριστά αντικείμενα κάθε φορά. Αυτό το στοιχείο είναι σημαντικό σε περιπτώσεις νέων εργαζομένων που πρέπει από μνήμης να ακολουθήσουν ένα σύνολο από οδηγίες ή εισαγωγής στην εργασία μιας καινούριας μεθόδου που θα πρέπει οι εργαζόμενοι να θυμούνται τη σωστή σειρά διεργασιών της. Επίσης, παρατηρείται ότι οι εμπειρότεροι και καλύτερα εκπαιδευμένοι είναι σε θέση να ανακάλεσουν από τη μνήμη τους μεγαλύτερο αριθμό πληροφοριών.
- *Προσπελασιμότητα* – ακόμα και στην περίπτωση που κάποιες πληροφορίες είναι «αποθηκευμένες» στη μνήμη μας, είναι, μερικές φορές, δύσκολο να έχουμε πρόσβαση σε αυτές. Αποτελούν σημαντικό στοιχείο έρευνας οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να βελτιωθεί η ανάκληση πληροφοριών από τη μνήμη μας. Για παράδειγμα, έρευνες έδειξαν ότι είναι πιο πιθανό να φέρουμε στο μυαλό μας πληροφορίες όταν βρισκόμαστε σε παρόμοιες συνθήκες και, γενικότερα, παρόμοιο

περιβάλλον με αυτό στο οποίο δεχτήκαμε αυτές τις πληροφορίες. Αυτό έχει άμεσες επιπτώσεις σε εκπαιδευτικά προγράμματα που όταν λαμβάνουν χώρα σε χώρο και συνθήκες εργασίας έχουν πάντα καλύτερα αποτελέσματα.

- *Επίπεδα επεξεργασίας* – ένας άλλος τρόπος με τον οποίο οι πληροφορίες μπορούν να ανακληθούν με μεγαλύτερη αξιοπιστία είναι να εμβαθύνουμε περισσότερο σε αυτές κατά την εκμάθησή τους. Η «επιφανειακή» γνώση αυξάνει την πιθανότητα αυτές οι πληροφορίες να χαθούν από τη μνήμη μας.

➤ *Αναλυτική σκέψη*

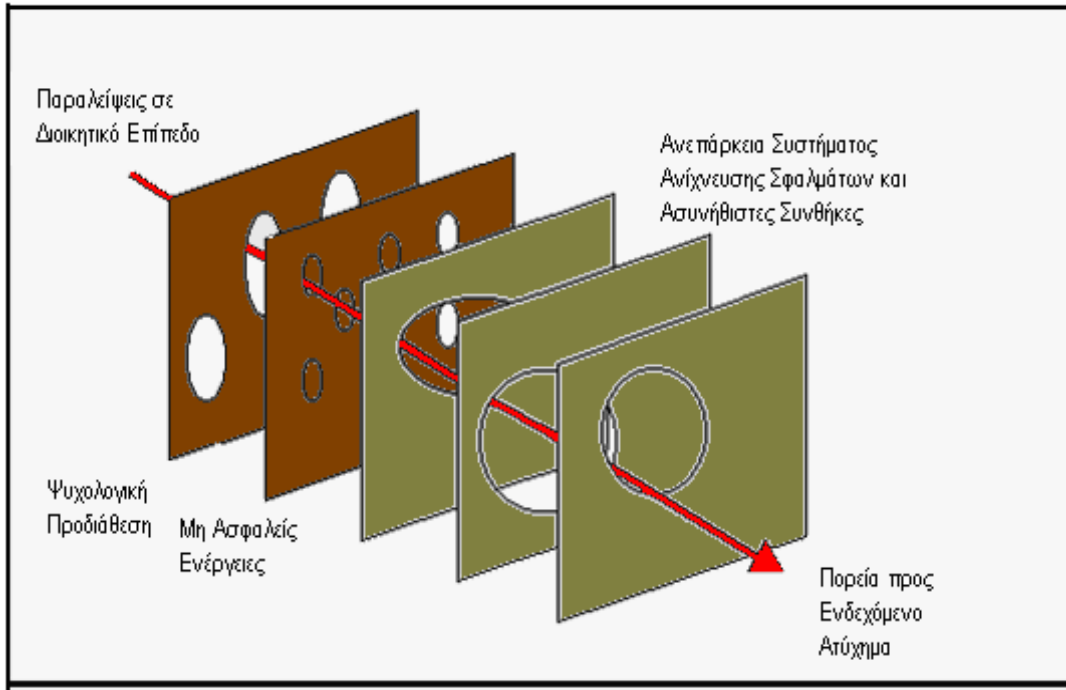
Τα λάθη στον συλλογισμό και στη λήψη αποφάσεων μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις σε πολύπλοκα συστήματα και ειδικά σε περιπτώσεις συντήρησης και σχεδιασμού. Παρ'όλο που δεν αποτελεί δυνατό στοιχείο για τον άνθρωπο, η αναλυτική σκέψη είναι συχνά απαραίτητη σε τεχνολογικές διαδικασίες (για παράδειγμα στον εντοπισμό της βλάβης σε ένα πολύπλοκο σύστημα που έχει βγει εκτός λειτουργίας). Τα λάθη σε τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν συχνή πηγή ζημιών στον εργασιακό χώρο.

2.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

Τα προβλήματα που προκαλούνται από αυτόν τον παράγοντα είναι συχνά αναπόφευκτα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι άνθρωποι θα κάνουν πάντα λάθος, και υπάρχει ένα όριο στο τι μπορούμε να κάνουμε για να αλλάξουμε τη δεδομένη αυτή κατάσταση. Ωστόσο, υπάρχουν άλλες μέθοδοι για να αντιμετωπιστεί η συμπεριφορά αυτή και αυτές, ακριβώς, θα αναλυθούν σε αυτό το κομμάτι.

Από τη στιγμή που είναι αναπόφευκτο το γεγονός ότι θα υπάρξουν λάθη, η προσοχή μας εστιάζεται στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης αυτών των λαθών και στην ελαχιστοποίηση των συνεπειών που μπορούν να προκαλέσουν. Σε εκτεταμένες καταστροφές, η αναφερόμενη αιτία ως “*ανθρώπινο σφάλμα*” ταυτίζεται συνήθως με λάθος ενέργεια του εκάστοτε εμπλεκόμενου εργαζόμενου, όμως ένα μερίδιο ευθύνης συχνά επιβαρύνει τους σχεδιαστές - κατασκευαστές του συστήματος.

Το μοντέλο «Ελβετικού τυριού» για την πρόκληση ατυχημάτων



Σχήμα 2.2 : Πορεία προς ατύχημα

Το σχήμα δείχνει την πορεία ενός λάθους ή μιας αβλεψίας που θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα ατύχημα και την διεύθυνσή του διαμέσου ενός αριθμού «αμυντικών συστημάτων». Η πιθανότητα ύπαρξης ενός ατυχήματος είναι πολύ μικρή, καθώς απαιτείται παράταξη σε σειρά όλων των κενών των «αμυντικών συστημάτων». Μερικά λάθη είναι προφανή, όπως είναι ένα άμεσο ανθρώπινο λάθος ή μια μηχανική δυσλειτουργία, και άλλα υποβόσκουν μέσα στο επίπεδο διοίκησης ή στο λανθασμένο σχεδιασμό του συστήματος. Ωστόσο, είναι ξεκάθαρο πως ο σταδιακός περιορισμός των κενών θα οδηγήσει στη δραματική μείωση της ολικής πιθανότητας για ατύχημα. Ο μελετημένος προγραμματισμός μπορεί να μειώσει τις παραλείψεις που κρύβονται στο διοικητικό επίπεδο, η προσοχή στις ανάγκες των εργαζομένων μπορεί να περιορίσει τα λάθη που έχουν ως αιτία τον ψυχολογικό τομέα και η καλύτερη συνεργασία σχεδιασμού - ασφάλειας μπορεί να απομακρύνει σε μεγάλο βαθμό τις μη ασφαλείς ενέργειες που είναι δυνατό να οδηγήσουν σε ατύχημα.

Πρόσφατες μελέτες ασχολήθηκαν με το πρόβλημα σχεδίασης συστημάτων για βελτιωμένη ασφάλεια. Στους εργασιακούς χώρους με αυστηρά κριτήρια ασφάλειας γίνεται ένας μεγάλος αριθμός ελέγχων και επιθεωρήσεων. Για να συμβεί ένα ατύχημα, θα πρέπει να υπάρξει ένας συνδυασμός από αβλεψίες και λάθη διαμέσου όλων των

διαφορετικών επιπέδων ασφάλειας και οργάνωσης. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στο **Σχήμα 2.2**, όπου είναι ξεκάθαρο ότι οι πιθανότητες να συμβεί ένα ατύχημα μπορούν να ελαττωθούν αν ακριβώς περιοριστούν τα κενά που υπάρχουν σε κάθε στάδιο μιας διαδικασίας. Η συνεχής εκπαίδευση, η σωστή κατάρτιση, η άρτια διαχείριση των ωρών και του όγκου της εργασίας είναι κάποιοι από τους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν στην εξάλειψη μερικών λαθών. Όμως, τα λάθη που έχουν ως πηγή τους τα όρια των ανθρώπινων δυνατοτήτων και/ή το απροσδόκητο του περιβάλλοντος μειώνονται καλύτερα βελτιώνοντας την αλληλεπίδραση του σχεδιασμού του συστήματος (*system design*) με την αγωγή ασφάλειας (*safety culture*).

2.4.1 Σχεδιασμός Συστήματος (System design)

Ένα καλό σύστημα δεν θα πρέπει να επιτρέπει στον άνθρωπο να κάνει εύκολα λάθος. Αυτό μπορεί να ακούγεται προφανές, αλλά δεν συμβαίνει πάντα στην πράξη και ένας από τους βασικούς λόγους είναι η απουσία των καθ'όλα αρμόδιων από τους σχεδιασμούς. Αυτοί δεν είναι άλλοι από τους πιθανούς μελλοντικούς χρήστες των συστημάτων και αυτή, ακριβώς, η απουσία τους καθιστά πολλές φορές δύσκολη και προβληματική την εξοικείωσή τους με το σύστημα. Μια σειρά από κανόνες έχουν προταθεί, οι οποίοι έχουν ως στόχο την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας σφάλματος. Αυτές οι προτάσεις είναι :

- Ακριβή νοητικά μοντέλα

Υπάρχει συχνά μία ασυμφωνία μεταξύ της κατάστασης του συστήματος και του μοντέλου που έχουν στο μυαλό τους οι χρήστες του. Η συχνή αιτία της λανθασμένης συμπεριφοράς και αντιμετώπισης απέναντι στο σύστημα από τους χρήστες, είναι ότι οι ίδιοι είναι πολύ σπάνια οι εμπνευστές του. Οι σχεδιαστές πρέπει να κατορθώνουν να βρίσκουν ισορροπία ανάμεσα στο σύστημα και τις προσδοκίες και τη βούληση των χρηστών.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της σπουδαιότητας της εξοικείωσης του χρήστη με το σύστημα εργασίας αποδεικνύεται από την έρευνα ενός εργαστηρίου που εξέτασε κατά πόσο είναι χρήσιμο να δίνεται στο προσωπικό μια γενική επισκόπηση της δομής του εξοπλισμού και της καθημερινής λειτουργίας του εργαστηρίου. Στη μία ομάδα εργαζομένων δόθηκαν οδηγίες απλά για το ποια κουμπιά να πατήσουν αν παρουσιαστεί

μια επικίνδυνη κατάσταση, ενώ στην άλλη ομάδα, πέρα από της οδηγίες, τους έγινε μια ανάλυση για τη λειτουργία του εργαστηρίου. Αμφότερες οι ομάδες αντιμετώπισαν με την ίδια ευκολία τα αναμενόμενα προβλήματα, όταν, όμως, νέες δυσκολίες έκαναν την εμφάνισή τους, μόνο η δεύτερη ομάδα ήταν σε θέση να τις αντιμετωπίσει.

- Διαχείριση πληροφοριών

Καθώς η προσοχή του ανθρώπου μπορεί εύκολα να αποσπαστεί και αυτό να οδηγήσει στην παράληψη σημαντικών σταδίων ενός έργου, είναι λογικό να παρέχονται πληροφορίες μέσα στο περιβάλλον εργασίας, κάτι το οποίο αποτελεί αρωγό στην εκπλήρωση πολύπλοκων θεμάτων. Για παράδειγμα, η παράλειψη κάποιων σταδίων κατά τη συντήρηση θεωρείται η κύρια αιτία των ατυχημάτων σε πυρηνικά εργοστάσια, καθώς κάτω από την πίεση του χρόνου, οι τεχνικοί είναι πιθανό να ξεχάσουν κάποιο από τα βήματα της εργασίας τους. Μία πολύ απλή λύση για το πρόβλημα αυτό θα ήταν ο εφοδιασμός των τεχνικών με ηλεκτρονικούς υπολογιστές χειρός με σκοπό να επαληθεύουν ηλεκτρονικά την ολοκλήρωση κάθε σταδίου. Αυτή η κίνηση θα βοηθούσε, επίσης, στη μείωση της γραφειοκρατικής δουλειάς (χαρτιά, αρχείο) και άρα στην εξοικονόμηση χρόνου.

- Περιορισμός πολυπλοκότητας

Απλοποιώντας τη δομή των συστημάτων, όσο περισσότερο γίνεται, μπορεί να αποφευχθεί η «υπερφόρτωση» της ψυχολογικής διαδικασίας και των δυνατοτήτων του ανθρώπου που αναλύθηκαν παραπάνω. Όσο πιο πολύπλοκες είναι οι ιδιότητες του συστήματος, τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες για ανθρώπινο σφάλμα.

- Ορατότητα

Ο χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει ποιες ενέργειες είναι πραγματοποιήσιμες σε ένα σύστημα και, επιπρόσθετα, ποιες ενέργειες είναι επιθυμητές. Αυτό μειώνει τις απαιτήσεις για αναλυτική σκέψη στην επιλογή ανάμεσα σε ένα εύρος από πιθανές ενέργειες. Ίσως ακόμα πιο σημαντική να είναι η καλή ποιότητα της ανάδρασης που επιτρέπει στους χρήστες να κρίνουν πόσο αποτελεσματικές ήταν οι κινήσεις που έκαναν και ποια είναι η νέα κατάσταση του συστήματος ως αποτέλεσμα των κινήσεων αυτών.

- Περιορισμός ενεργειών

Αν ένα σύστημα είχε τη δυνατότητα να αποτρέψει οποιαδήποτε επικίνδυνη ενέργεια του χρήστη, τότε δεν θα γινόταν κανένα ατύχημα. Φυσικά, αυτό αποτελεί μια ουτοπία για τα σημερινά πολύπλοκα εργασιακά συστήματα. Άλλωστε, μια διαδικασία που μπορεί να είναι καταστροφική σε μια φάση, θα μπορούσε να είναι σωτήρια σε μια άλλη. Εντούτοις, είναι πιθανό να περιστούν τα ανθρώπινα σφάλματα, με επιμελημένη εφαρμογή των «εξαναγκασμένων ενεργειών». Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εφαρμογή στα μηχανήματα αυτόματης ανάληψης μετρητών της «εξαναγκασμένης ενέργειας» της εξόδου της κάρτας από το μηχάνημα πριν από την έξοδο των μετρητών, προστατεύοντας έτσι τους χρήστες από τη συχνή τους συνήθεια να ξεχνούν την κάρτα τους στο μηχάνημα. Τέτοιου είδους περιορισμοί απαλλάσσουν, ουσιαστικά, τον χρήστη από την ευθύνη της απόφασης: *“ποιες ενέργειες πρέπει να ακολουθήσω για να αλληλεπιδράσω σωστά με το σύστημα;”* και, κυρίως, αποτρέπουν, αποφασιστικά, ανεπιθύμητες ενέργειες.

- Χειρισμοί σφαλμάτων

Στους περισσότερους εργασιακούς χώρους με αυστηρά κριτήρια ασφάλειας ένας μεγάλος αριθμός από συστήματα ασφαλείας τοποθετείται με σκοπό να εμποδίσει τα ατυχήματα. Μια προσέγγιση είναι *“άμυνα σε βάθος”* (εφαρμόζοντας πολλά ανεξάρτητα συστήματα ταυτόχρονα), μία άλλη είναι *“μετάβαση σε ασφαλή κατάσταση μετά από αστοχία”*. Ωστόσο, οι εμπνευστές των συστημάτων πρέπει, κατά το σχεδιασμό τους, να θεωρούν ως δεδομένο ότι λάθη και παραλείψεις θα συμβούν, και έτσι για να είναι ένα σύστημα ωφέλιμο πρέπει να έχει γίνει η μέριμνα για την επαναφορά του, μετά από αυτά τα λάθη, σε κατάσταση σωστής λειτουργίας. Μία άλλη θεώρηση είναι ότι το σύστημα θα πρέπει να αποτρέπει μη αναστρέψιμες ενέργειες. Παρ'όλο που αυτό αποτελεί μια από τις βασικές αρχές του σχεδιασμού, χρειάζεται να επισημαίνεται και να εφαρμόζεται με μεγάλη προσοχή.

-Τυποποίηση

Όταν τα συστήματα είναι -αναγκαστικά- πολύπλοκα, αλλά έχουν καταστεί όσο το δυνατόν πιο προσιτά και εύχρηστα και, παρ'όλα αυτά, τα λάθη εξακολουθούν να γίνονται, τότε η τυποποίηση χρησιμοποιείται με σκόπο να τα περιορίσει, κάνοντας την

κατάσταση του συστήματος πιο προβλέψιμη. Ένα πρόβλημα που υπάρχει με την τυποποίηση είναι ότι αν, όντως, η καθιέρωσή της φέρει ευεργετικά αποτελέσματα, τότε ο επανασχεδιασμός ολόκληρου του συστήματος ή, έστω, η αντικατάσταση κάποιων μηχανημάτων είναι, συνήθως, μια εξαιρετικά δαπανηρή διαδικασία. Επίσης, η τυποποίηση μπορεί πολλές φορές να αποδειχθεί ιδανική για έναν τομέα του συστήματος, αλλά αντίθετα ανεπαρκή για έναν άλλο. Τέτοιου είδους πρακτικοί, άλλα σημαντικοί, λόγοι τείνουν να περιορίσουν την εφαρμογή της τυποποίησης ως μέσου περιορισμού του ανθρώπινου σφάλματος.

- Σχεδιασμός με βάση το χρήστη

Μία άλλη βασική αρχή του σχεδιασμού είναι ότι θα πρέπει να έχει ως επίκεντρο τον χρήστη σε όλα, ανεξαιρέτως, τα στάδια - από την αρχική σύλληψη ως την εκπλήρωση-μέσα από την εξέλιξη και τις συνεχείς δοκιμές. Στην πράξη, ωστόσο, τα πράγματα είναι, συχνά, πολύ διαφορετικά. Οι εμπνευστές των συστημάτων, με τη βοήθεια μιας συνοπτικής αναφοράς, δημιουργούν το σύστημα και, ουσιαστικά, το επιβάλλουν στους χρήστες του χωρίς την κατάλληλη ανατροφοδότηση από αυτούς. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μια απρόβλεπτη συμπεριφορά του συστήματος και μια υπερ-εμπιστοσύνη στα εγχειρίδια, που και αυτά γράφτηκαν κάτω από την σκοπιά των δημιουργών του συστήματος. Τα συστήματα που σχεδιάστηκαν κάτω από αυτές τις συνθήκες θα αποδειχθούν “θαμπά” για τον τελικό χρήστη και αυτό θα εμποδίσει σίγουρα την αποτελεσματική αλληλεπίδρασή τους με αυτά.

2.4.2 Αγωγή Ασφάλειας (Safety Culture)

Η αναφορά στα ατυχήματα από τα ανθρώπινα σφάλματα στην «αιχμή του δόρατος» μιας επιχείρησης ή, γενικότερα, ενός εργασιακού τομέα δεν αποδίδουν την πλήρη εικόνα όλων των παραγόντων που εμπλέκονται. Η οργάνωση και η διαχείριση έχουν, επίσης, ευθύνη για αποφάσεις οι οποίες επηρεάζουν την ασφαλή λειτουργία ολόκληρου του μηχανισμού. Λανθασμένοι χειρισμοί σε αυτό το πρώιμο στάδιο δύσκολα συνδέονται άμεσα με ένα ατύχημα, καθώς συνήθως λαμβάνουν χώρα αρκετά πριν τη δημιουργία του ατυχήματος και έτσι δεν γίνεται αισθητή η συμβολή τους σε αυτό. Αντίθετα, οι σωστές αποφάσεις σε αυτό το επίπεδο μπορούν να δημιουργήσουν ένα αίσθημα ασφάλειας το

οποίο μπορεί να απομακρύνει την προδιάθεση και όλες εκείνες τις καταστάσεις που ενδέχεται να οδηγήσουν σε ατύχημα.

Ο όρος *Safety Culture* έκανε για πρώτη φορά την εμφανισή του μετά το ατύχημα στο Chernobyl το 1986. Η αγωγή ασφάλειας στη δομή μια οργάνωσης είναι αποτέλεσμα των ατομικών και ομαδικών αξιών, ιδεών, ικανοτήτων και προτύπων συμπεριφοράς που καθορίζουν τον τύπο και την επάρκεια της άρτιας οργάνωσης και του προγραμματισμού για την ασφάλεια. Η θετική αγωγή ασφάλειας θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους αρωγούς για την επιτυχία όλων των προληπτικών μέτρων που εφαρμόζονται για την ασφάλεια σε κάθε επίπεδο οργάνωσης. Σύμφωνα με το *HSE (Health and Safety Executive, το θεσμοθετημένο σώμα που διασφαλίζει ότι οι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια στον εργασιακό χώρο είναι κατάλληλα ελεγμένοι και περιορισμένοι)*, οι παράγοντες που δημιουργούν αυτή τη θετική αγωγή περιλαμβάνουν:

- σωστή διεύθυνση και προσήλωση από τον αρμόδιο προϊστάμενο
- κατάλληλη καθοδήγηση
- υποστήριξη από όλους τους εργαζόμενους
- αποτελεσματική επικοινωνία και εφικτοί στόχοι
- προθυμία για επιμόρφωση και αλλαγή
- εμφανή διάθεση για ασφάλεια και υγεία στο χώρο εργασίας
- κριτική διάθεση και υπεύθυνη στάση από όλους

Αν ένας ή περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες απουσιάζουν, μία οργάνωση μπορεί να είναι επιρρεπής σε παραλείψεις, ελλιπής σε ελέγχους ασφάλειας και ανεπαρκής στην ενημέρωση σε θέματα ασφάλειας. Σε τέτοιες περιπτώσεις τα σφάλματα είναι πιο συχνά και τα ατυχήματα πιθανότερα. Έχει, επίσης, παρατηρηθεί ότι σε χώρους με ανεπαρκή αγωγή ασφάλειας, οι εργαζόμενοι εμφανίζουν μια ανεύθυνη και “αφ’ υψηλού” συμπεριφορά απέναντι στους κανονισμούς ασφαλείας και συνηθίζουν να ρίχνουν τις ευθύνες για την ασφάλεια στους άλλους.

Αποτίμηση αγωγής ασφάλειας

Η αποτίμηση αγωγής ασφάλειας βασίζεται πάνω σε ένα ελεγκτικό σύστημα της ασφάλειας. Ωστόσο, τέτοιου είδους προσεγγίσεις είναι απλά λίστες που συνοψίζουν τις

ήδη εγκαταστημένες μεθόδους, χωρίς απαραίτητα να γίνεται εκτίμηση της αποτελεσματικότητάς τους. Είναι, επίσης, δυνατό να χρησιμοποιηθούν δείκτες απόδοσης, με τους ειδικούς προιστάμενους να θέτουν τους στόχους (η εκπλήρωση των οποίων να συνδέονται συνήθως με χρηματικά ή άλλου είδους πριμ), κάτι το οποίο ίσως επηρεάσει αρνητικά την πλήρη καταγραφή και έκθεση των σφαλμάτων. Τέτοιου είδους μέτρα δεν δίνουν πάντα μια σαφή εικόνα της ασφάλειας σε έναν εργασιακό χώρο. Οι μελέτες προτείνουν την μέθοδο της λίστας με τα ληφθείσα μέτρα με την προσθήκη της αξιολόγησης της στάσης του προσωπικού απέναντι στη ασφάλεια, καθώς αυτή είναι ακριβώς που καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας και την επιτυχία της αγωγής ασφάλειας.

Για πολλές βιομηχανίες και εργασιακούς χώρους έχει αποδειχθεί ότι η επίτευξη μιας θετικής αγωγής ασφάλειας, μέσα από καταγεγραμμένα ατυχήματα και εξέταση των λαθών, προσέφερε οφέλη τόσο στην αποδοτικότητα όσο και στον οικονομικό τομέα. Η σωστή και αμερόληπτη έκθεση των σφαλμάτων βασίζεται στην εμπιστοσύνη και καλή συνεργασία μεταξύ των επιπέδων στην ιεραρχία μιας οργάνωσης, ενώ αποτελεί και μία ένδειξη για την επιτυχία ή μη της διεύθυνσης να περάσει στη νοοτροπία του προσωπικού τη σημασία της ασφάλειας.

Τέλος, ένα ζήτημα που τίθεται είναι κατά πόσο τα παθήματα γίνονται μαθήματα, δηλαδή κατά πόσο εξασφαλίζεται ότι τα σφάλματα που έγιναν κατά το παρελθόν και οδήγησαν σε κάποιο ατύχημα δεν θα ξανασυμβούν. Κάτι τέτοιο είναι δύσκολο καθώς με την πάροδο του χρόνου πολλά μέλη του προσωπικού φεύγουν ή συνταξιοδοτούνται. Ένας τρόπος για να διατηρηθεί αυτή η πολύ χρήσιμη εμπειρία με το πέρασμα των ετών είναι η συγκέντρωση όλων αυτών των πληροφοριών και η ένταξή τους σε βάσεις δεδομένων, όπου θα μπορούν να αναζητηθούν με λέξεις κλειδιά, σαν ένα μέρος της εκτίμησης του ρίσκου.

Μερικά σύντομα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τα παραπάνω είναι :

- * Το ανθρώπινο σφάλμα είναι αναπόφευκτο.
- * Η ελάττωση των ατυχημάτων και η ελαχιστοποίηση των συνεπειών που απορρέουν από αυτά επιτυγχάνεται καλύτερα μαθαίνοντας από παλιότερα λάθη, παρά με την απλή απόδοση ευθυνών.

- * Η σωστή αξιοποίηση των πληροφοριών που συγκεντρώνονται από ατυχήματα, σφάλματα και αστοχίες στον σχεδιασμό και τη διαχείριση μπορούν να μειώσει δραστικά τις πιθανότητες για την πραγματοποίηση μελλοντικών ατυχημάτων.
- * Η μελέτη του ανθρώπινου παράγοντα μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο στην αποφυγή καταστροφών.

2.5 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ - ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα, το θαλάσσιο περιβάλλον και πάνω από το 80% του παγκόσμιου εμπορίου βασίζονται στον επαγγελματισμό και την ικανότητα των ναυτικών (IMO, International Maritime Organization). Η φράση αυτή από μόνη της συνοψίζει τον θεμελιώδη ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα στις θαλάσσιες μεταφορές.

Η σημασία που έδειξε ο IMO στον ανθρώπινο παράγοντα φανερώθηκε έμπρακτα από το 1978 με την θέσπιση του STCW (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) που αποτέλεσε την πρώτη διεθνή σύμβαση για τον καθορισμό κριτηρίων για την εκπαίδευση, την πιστοποίηση και τον έλεγχο όλων όσων επάνδρωναν τα πλοία.

Το 1997, ο IMO εξέθεσε το όραμα, τις αρχές και τους στόχους του πάνω στα οποία αξιόλογησε ότι πρέπει να κινηθούν οι θαλάσσιες μεταφορές όσον αφορά το θέμα του ανθρώπινου παράγοντα.

2.5.1 Όραμα

Η σημαντική βελτίωση της θαλάσσιας ασφάλειας και της ποιότητας του θαλασσιού περιβάλλοντος στηριζόμενη στην πρόοδο της συμπεριφοράς του ανθρώπινου παράγοντα.

2.5.2 Αρχές

- ο Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ένα περίπλοκο και πολυδιάστατο θέμα που επηρεάζει την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του θαλασσιού

περιβάλλοντος. Περικλείει όλο το φάσμα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων : των πληρωμάτων πάνω στα πλοία, της διαχείρισης και διοίκησης από τη στεριά, των αναγνωρισμένων οργανισμών, των ναυπηγείων, γενικά, δηλαδή, όλων όσων συμβάλλουν στη διευθέτηση των θεμάτων που έχουν να κάνουν με το ανθρώπινο στοιχείο.

- Οι ρυθμίσεις που καθορίζει ο ΙΜΟ πρέπει να να σέβονται τις απόψεις των άμεσα ενδιαφερόμενων, δηλαδή των ανθρώπων των πληρωμάτων των πλοίων.
- Οι αποτελεσματικές διορθωτικές κινήσεις μετά από ναυτικά ατυχήματα απαιτούν την σωστή αντίληψη της εμπλοκής του ανθρωπίνου παράγοντα. Αυτό πραγματοποιείται μόνο με διεξοδική έρευνα και συστηματική ανάλυση των ατυχημάτων για να ανγνωριστούν οι συντελεστές και η αλυσίδα των γεγονότων που οδήγησαν σε αυτά.
- Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των κανονισμών, πρέπει να τοποθετούνται δικλείδες ασφαλείας που θα εμποδίσουν την δημιουργία ενός ατυχήματος από “ένα απλό προσωπικό λάθος”.
- Οι κανονισμοί και οι οδηγίες που απευθύνονται στους ναυτικούς πρέπει να είναι απλοί, ξεκάθαροι και πλήρως κατατοπιστικοί.
- Η άρτια λειτουργία του πληρώματος έγκειται στις ατομικές ικανότητες, στην σωστή διεύθυνση, στην εμπειρία, στην εκπαίδευση, στο εργασιακό περιβάλλον και σε αμέτρητους άλλους παράγοντες.
- Η διάδοση πληροφοριών μέσω της ουσιαστικής επικοινωνίας είναι απαραίτητο στοιχείο μιας ορθής διαχείρισης και λειτουργικών αποφάσεων.
- Η μελέτη του ανθρωπίνου παράγοντα πρέπει να έχει ως επιδίωξη την μείωση της πιθανότητας του ανθρωπίνου λάθους όσο το δυνατόν περισσότερο.

2.5.3 Στόχοι

⇒ Η θέσπιση κανονισμών και οδηγιών από όλες τις επιτροπές να γίνεται με γνώμονα μια συγκροτημένη προσέγγιση που θα πηγάζει από τη σωστή μελέτη των θεμάτων που άπτονται του ανθρωπίνου παράγοντα.

⇒ Η πλήρης επανεξέταση μερικών εκ των ήδη επιλεγμένων κανονισμών από τα ήδη υπάρχοντα όργανα του ΙΜΟ κάτω από τη σκοπιά του ανθρωπίνου παράγοντα.

⇒ Η προώθηση και πληροφόρηση, διαμέσου ανθρωπιστικών αρχών, της ναυτικής αγωγής ασφάλειας και της περιβαντολογικής συνείδησης για το θαλάσσιο περιβάλλον.

⇒ Η παροχή πλαισίου για παρότρυνση της εφαρμογής μη-ρυθμιστικών μεθόδων που απαιτούν αναλυτική σκέψη και η αποτίμηση των ενεργειών αυτών με βάση τις αρχές του ανθρώπινου παράγοντα.

⇒ Η διενέργεια μελετών και η διάδοση πληροφοριών πάνω στον ανθρώπινο παράγοντα συμπεριλαμβανομένου και πορισμάτων από ναυτικά και μη ατυχήματα.

⇒ Η παροχή υλικού για την εκπαίδευση των ναυτικών έτσι ώστε να εμπλουτιστεί η γνώση και ενημέρωσή τους πάνω στην επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα στην ασφάλεια του πλοίου, έτσι ώστε να λειτουργούν με το σωστό τρόπο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

3.2 ΜΗ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.2.1 Chi-Square Tests

3.2.2 RANK-ORDER TESTS

3.2.2.1 The Wilcoxon Signed-Rank Test

3.2.2.2 The Mann-Whitney U Test for Independent Samples

3.3 STUDENT'S TEST

3.4 ONE-WAY ANOVA (ANalysis Of Variance)

3.5 ODD'S RATIO

3.6 TREND ANALYSIS

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρωγός στην προσπάθεια ανίχνευσης πιθανής συσχέτισης της αιτίας ενός ατυχηματός επιβατηγού πλοίου με άλλους παράγοντες θα είναι η στατιστική, και πιο συγκεκριμένα μερικά τεστ στατιστικής σημαντικότητας που παρουσιάζονται και αναλύονται παρακάτω. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μια ανάλυση στατιστικής σημαντικότητας, γενικά, δεν μπορεί ν' αποδείξει μια σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος, είναι σε θέση όμως να δείξει και ν' αναδείξει το κατά πόσο οι διάφορες μεταβολές στους ρυθμούς ατυχημάτων είναι συστηματικές ή αποκλειστικά τυχαίες.

3.2 ΜΗ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μη-παραμετρικές μέθοδοι παρέχουν μερικά *hypothesis tests*, που δίνουν την δυνατότητα να εξεταστεί η συσχέτιση δύο μεταβλητών, χωρίς να απαιτείται οι τιμές των μεταβλητών αυτών να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή, όπως για παράδειγμα η κατανομή γάμμα. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο στην περίπτωση μας, όπου οι τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές μας - όπως για παράδειγμα η ηλικία ή η χωρητικότητα των πλοίων - είναι καθαρά τυχαίες, καθώς προέρχονται από παρατήρηση. Μερικά από αυτά τα *hypothesis tests* που θα χρησιμοποιήσουμε και στην έρευνα μας είναι : *Chi-Square Tests*, *The Wilcoxon Signed-Rank Test*, *The Mann-Whitney U Test for Independent Samples*.

Hypothesis test - Αρχική Υπόθεση H_0 : Η αρχική υπόθεση (null hypothesis), που συμβολίζεται ως H_0 , είναι μία υπόθεση για μια παράμετρο του δείγματος. Ο σκοπός ενός hypothesis test είναι να ελέγξει την ισχύ της αρχικής υπόθεσης με βάση τις τιμές του δείγματος. Ανάλογα με τις τιμές, η αρχική υπόθεση μπορεί είναι γίνει αποδεκτή είτε να απορριφθεί.

Έστω ότι εξετάζεται αν ο χρόνος αντίδρασης ενός ανθρώπου σε έναν ήχο εξαρτάται από την κατανάλωση αλκοόλ. Η αρχική υπόθεση θα ήταν ότι $\mu_1 - \mu_2 = 0$, όπου μ_1 ο μέσος όρος του χρόνου αντίδρασης μετά την κατανάλωση αλκοόλ και μ_2 ο μέσος όρος του χρόνου αντίδρασης πριν την κατανάλωση αλκοόλ. Δηλαδή, εδώ, η αρχική υπόθεση αναφέρεται στον μέσο όρο (παράμετρος) και αυτή η αρχική υπόθεση είναι ότι η διαφορά των μέσων όρων είναι μηδέν.

Αντίθετα, η εναλλακτική υπόθεση H_1 θα ήταν ότι η διαφορά των δύο μέσων όρων δεν είναι μηδέν.

3.2.1 Chi-Square Tests

Τα Chi-Square Tests είναι κατάλληλα για περιπτώσεις όπου έχουμε διακριτές τιμές οι οποίες δύναται να ταξινομηθούν σε διαφορετικές κατηγορίες. Για παράδειγμα, τα πλοία που έπαθαν ατύχημα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το αν η ηλικία τους είναι μεταξύ 1-10 ετών, 11-20 ετών, 21-30 ετών, 31-35 ετών.

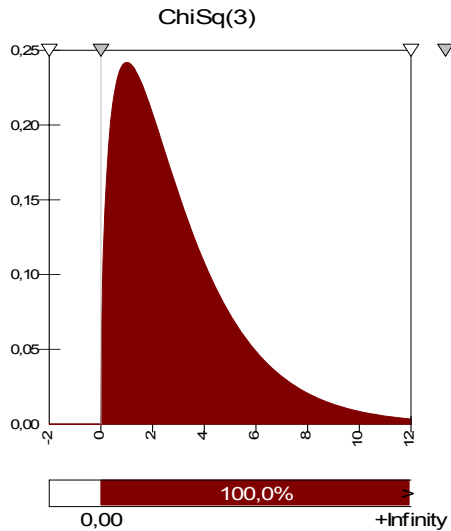
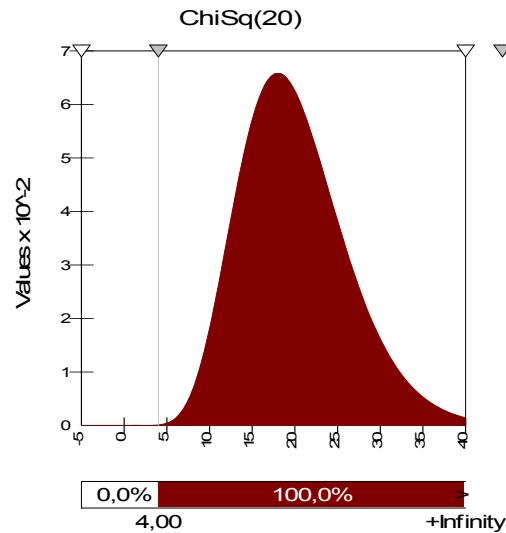
Τα Chi-Square Tests υπολογίζουν αν οι συχνότητες (τιμές) του δειγματικού χώρου ταξινομημένες στις διάφορες κατηγορίες διαφέρουν σημαντικά από τις συχνότητες που θα περιμέναμε κάτω από μια σειρά συγκεκριμένων υποθέσεων και θεωρήσεων. Για ένα τέτοιο τεστ, χρησιμοποιούμε το chi-square test statistic :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (\text{Σχέση 3.1})$$

Όπου O_i (observed number) : το πλήθος των τιμών από παρατήρηση για την κατηγορία i
 E_i (expected number) : το πλήθος των θεωρητικών (αναμενόμενων) τιμών για την κατηγορία i

Το άθροισμα είναι για όλες τις k κατηγορίες στις οποίες ταξινομήσαμε τα δεδομένα. Σημειώνεται ότι το *test statistic* βασίζεται στο τετράγωνο των διαφορών, άρα οι τιμές που παίρνει είναι πάντα θετικές.

Όταν οι τιμές των δεδομένων σε κάθε κατηγορία είναι παρόμοιες με τις θεωρητικές (αναμενόμενες), τότε η κατανομή του δείγματος προσεγγίζει την chi-square (X^2) κατανομή, που ανήκει στην οικογένεια κατανομών με μια μόνο παράμετρο, τον βαθμό ελευθερίας (degrees of freedom) ν . Για μικρούς βαθμούς ελευθερίας ($\nu < 10$), η X^2 κατανομή παρουσιάζει ασυμμετρία (κατανομή μετατοπισμένη προς το 0) (Σχήμα 3.1), όσο, όμως, το ν αυξάνεται η X^2 κατανομή προσεγγίζει την κανονική κατανομή (Σχήμα 3.2).

Σχήμα 3.1: χ^2 -κατανομή με $\nu=3$ Σχήμα 3.2: χ^2 -κατανομή με $\nu=20$

Στο Chi-Square Test, οι βαθμοί ελευθερίας καθορίζονται από τον αριθμό των κατηγοριών και όχι από το πλήθος των τιμών του δειγματικού χώρου. Το πλήθος των τιμών, ωστόσο, παίζει σημαντικό ρόλο στο να καθορίσει το κατά πόσο η chi-square κατανομή προσεγγίζει την κατανομή του δείγματος : όσο μεγαλύτερο το δείγμα, τόσο καλύτερη προσέγγιση.

Παρατηρήσεις – Προϋποθέσεις για τα Chi-Square Tests :

- Ανεξάρτητος δειγματικός χώρος
- Φανερά διακριτές κατηγορίες (δηλαδή καθεμιά τιμή του δείγματος να αντιστοιχεί σε μία και μόνο κατηγορία)
- Πλήρης λίστα κατηγοριών (δηλαδή οι k κατηγορίες να περιλαμβάνουν όλες τις τιμές του δειγματικού χώρου)
- Όλες οι k κατηγορίες πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον μια τιμή του δειγματικού χώρου
- Ελάχιστες θεωρητικές τιμες :
 - για 1×2 ή 2×2 πίνακες πρέπει E (expected frequencies) ≥ 5
 - για 2×3 πίνακες πρέπει $E \geq 2$
 - για 2×4 ή 3×3 ή μεγαλύτερους πίνακες αν όλες οι τιμές του E , εκτός από μία, είναι μεγαλύτερες ή ίσες από 5 και αν η μικρότερη τιμή είναι μεγαλύτερη ή ίση της μονάδας, τότε έχουμε καλή προσέγγιση μέσω του Chi-Square Test.

Η γενική διαδικασία του Chi-Square Test περιλαμβάνει λήψη τιμών από παρατήρηση (*observed values*), υπολογισμό των θεωρητικών τιμών (*expected values*) και, εν συνεχεία, τη χρήση του *chi-square test statistic* (**Σχέση 3.1**). Αυτή, ακριβώς, η τιμή που υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο τίθεται σε σύγκριση με την τιμή της X^2 -κατανομής. Η υπόθεση H_0 (null hypothesis) απορρίπτεται όταν $\chi^2 > \chi^2_{\alpha, \nu}$, όπου χ^2 είναι η τιμή που υπολογίζεται από το chi-square statistic test, και $\chi^2_{\alpha, \nu}$ είναι η *critical value* για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας (level of significance) α και βαθμούς ελευθερίας ν .

Παρακάτω, θα παρουσιαστούν οι διαδικασίες του *chi-square test* για την εξέταση δύο τύπων υποθέσεων : *goodness-of-fit*, *independence of variables*. Το *goodness-of-fit test* ασχολείται με μία μεταβλητή που χωρίζεται σε δύο ή περισσότερες κατηγορίες, και το ερώτημα που καλείται το τεστ να απαντήσει είναι : Είναι οι συχνότητες της μεταβλητής στις εκάστοτε κατηγορίες ίδιες με τις συχνότητες που αναμένουμε από κάποιο προκαθορισμένο θεωρητικό μοντέλο; Το *independence of variables test* ασχολείται με δύο μεταβλητές και το ερώτημα που καλείται να απαντήσει είναι : Είναι οι δύο αυτές μεταβλητές ανεξάρτητες μεταξύ τους;

- Chi-Square Test For Goodness-Of-Fit

Το chi-square test for goodness of fit αξιολογεί το αν η κατανομή των συχνοτήτων στις k κατηγορίες μιας μεταβλητής είναι ίδια με την θεωρητική κατανομή. Ο όρος “goodness-of-fit” αναφέρεται στο κατα πόσο καλά “ταιριάζουν” (“fit”) οι *observed (sample) frequencies* με τις *expected (theoretical) frequencies*. Η εξίσωση του στατιστικού τεστ είναι η **Σχέση 3.1** με βαθμούς ελευθερίας $\nu = k-1$, όπου k το πλήθος των κατηγοριών.

Οι υποθέσεις του goodness-of-fit test είναι :

$$H_0 : \text{Κατανομή}_{\text{sample}} = \text{Κατανομή}_{\text{theory}}$$

$$H_1 : \text{Κατανομή}_{\text{sample}} \neq \text{Κατανομή}_{\text{theory}}$$

Η κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου είναι μία διακριτή κατανομή, καθώς όλες οι τιμές (συχνότητες) είναι θετικοί ακέραιοι (δηλ. 1, 4, 20, . . .), ενώ η θεωρητική κατανομή είναι συνεχής κατανομή. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα από την chi-square ανάλυση είναι απλώς προσεγγίσεις της θεωρητικής κατανομής.

- Chi-Square Test For Independence : Contingency Table Analysis

Μια *contingency table analysis* αξιολογεί αν δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους ή αν υφίσταται μια πιθανή συσχέτιση. Οι κατηγορίες της μίας μεταβλητής είναι τοποθετημένες σε στήλες και οι κατηγορίες της άλλης μεταβλητής σε σειρές. Η διασταύρωση μιας σειράς με μία στήλη καλείται κελί και το μέγεθος του πίνακα υποδηλώνεται ως $r \times c$, όπου το r υποδεικνύει τον αριθμό των γραμμών και το c τον αριθμό των στηλών. Οι υποθέσεις που εξετάζονται από μια *contingency table analysis* είναι :

H_0 : Οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους

H_1 : Οι δύο μεταβλητές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους

Ένας πίνακας ενδεχομένων (*contingency table*) παρουσιάζει τις *observed* και τις *expected frequencies* για τις κατηγορίες των δύο μεταβλητών. Οι *observed frequencies* προέρχονται από το δειγματικό χώρο. Οι *expected frequencies* υπολογίζονται ως εξής :

$$E_{ij} = (\text{άθροισμα σειράς}_i)(\text{άθροισμα στήλης}_j) / n \quad (\text{Σχέση 3.2})$$

όπου E_{ij} είναι η *expected frequency* για το κελί της σειράς i και της στήλης j , και n είναι το συνολικό πλήθος των τιμών του δείγματος.

Observed και *expected frequencies* παρουσιάζονται στο ίδιο *contingency table*, στο οποίο κάθε κελί έχει δύο τιμές : *observed frequency* και *expected frequency*. Η *expected frequency* είναι συνήθως μέσα σε παρενθέσεις.

Μετά την κατασκευή του πίνακα, *observed* και *expected frequencies* συγκρίνονται με τη χρήση του *chi-square test statistic* (Σχέση 3.3) με διπλό δείκτη για να υποδηλώνονται οι κατηγορίες και των δύο μεταβλητών :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (\text{Σχέση 3.3})$$

όπου O_{ij} είναι η *observed frequency* και E_{ij} η *expected frequency* για το κελί στη σειρά i και τη στήλη j . Το άθροισμα αυτό είναι για όλα τα κελιά του πίνακα. Αυτό το *test statistic* έχει κατανομή που είναι κατά προσέγγιση μία *chi-square* κατανομή με βαθμούς ελευθερίας $\nu = (r-1)(c-1)$, όπου r το πλήθος των σειρών και c το πλήθος των στηλών του

πίνακα. Η τιμή χ^{2*} για το δειγματικό χώρο υπολογίζεται από τη **Σχέση 3.3** και στη συνέχεια συγκρίνεται με την κρίσιμη τιμή $\chi^2_{\alpha, \nu}$. Η υπόθεση H_0 απορρίπτεται όταν η τιμή χ^{2*} υπερβαίνει την τιμή $\chi^2_{\alpha, \nu}$. Οι κρίσιμες τιμές για το Chi-Square statistic test παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α. Συνήθως σε αυτήν την περίπτωση η τιμή της p-value είναι μικρότερη της τιμής α . Αν η p-value βρίσκεται μεταξύ των τιμών 0.050 και 0.100 (για $\alpha=0.05$) τότε έχουμε περίπτωση οριακής σημαντικότητας (*“borderline” significance*).

Στατιστική σημαντικότητα (Statistical Significance) : Τα τεστ σημαντικότητας (Significance tests) εκτελούνται για να φανεί αν η αρχική υπόθεση H_0 μπορεί να απορριφθεί. Αν η αρχική υπόθεση απορριφθεί, τότε το φαινόμενο που παρατηρείται από τις τιμές του δειγματικού χώρου λέμε ότι είναι στατιστικά σημαντικό. Αντίθετα, αν η αρχική υπόθεση δεν απορριφθεί, τότε το φαινόμενο δεν είναι στατιστικά σημαντικό. Κατά την εκτέλεση του τεστ εκλέγεται ένα επίπεδο σημαντικότητας (significance level) με βάση το οποίο εξετάζεται η απόρριψη ή μη της αρχικής πρότασης.

Αν, δηλαδή, με βάση το παραπάνω παράδειγμα, η αρχική υπόθεση απορριφθεί τότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι η αύξηση στο χρόνο αντίδρασης μετά την κατανάλωση αλκοόλ είναι στατιστικά σημαντική και αυτό θα οδηγούσε σε πιθανή συσχέτιση του χρόνου αντίδρασης με την κατανάλωση αλκοόλ.

Η τιμή p-value : Το βασικό κριτήριο για τη στατιστική σημαντικότητα είναι η τιμή του p-value, η οποία προκύπτει από τη σύγκριση της τιμής του τεστ με την κρίσιμη τιμή (critical value). Η τιμή p-value δείχνει την πιθανότητα να δημιουργηθεί μια διαφορά μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που προκύπτει από τις τιμές του δειγματικού χώρου, αν πραγματικά οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες. Δηλαδή, δείχνει την πιθανότητα η διαφορά μεταξύ του μ_1 και μ_2 να είναι ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που πραγματικά προκύπτει, αν ο χρόνος αντίδρασης του ανθρώπου και η κατανάλωση αλκοόλ είναι ανεξάρτητα. Θέτοντάς το διαφορετικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι μία πολύ μικρή τιμή της p-value αντιστοιχεί σε πολύ μικρή πιθανότητα λανθασμένου συμπεράσματος ότι ο χρόνος αντίδρασης και η κατανάλωση αλκοόλ δεν είναι ανεξάρτητα.

3.2.2 RANK-ORDER TESTS

Το Wilcoxon Signed-Rank Test και το Mann-Whitney U Test for Independent Samples ανήκουν στην κατηγορία των *Rank-Order Tests*, που αποτελούν τμήμα των μη-παραμετρικών μεθόδων. Τα Rank-Order Tests χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι παραμετρικές μέθοδοι είναι αδόκιμοι και δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίησή τους. Οι προϋποθέσεις που πρέπει να καλύπτονται για τη χρήση τους είναι :

i) Ανεξάρτητος δειγματικός χώρος και ii) Οι τιμές του δειγματικού χώρου να ακολουθούν συνεχή κατανομή.

3.2.2.1 The Wilcoxon Signed-Rank Test

Το Wilcoxon Sign-Rank Test καθορίζει αν η ενδιάμεση τιμή (median) του συνόλου των τιμών του δειγματικού χώρου είναι ίση με μία υποθετική τιμή ($H_0 : \tilde{\mu} = \tilde{\mu}_0$). Βασίζεται στον ορισμό της ενδιάμεσης τιμής : αν η ενδιάμεση τιμή είναι ίση με την υποθετική, τότε μισές τιμές του δειγματικού χώρου θα είναι μεγαλύτερες και μισές τιμές μικρότερες από την υποθετική τιμή. Για παράδειγμα, η ενδιάμεση τιμή του δειγματικού χώρου (2, 4, 7, 8, 11) είναι η τιμή 7 (σε αντιδιαστολή αναφέρεται ότι ο μέσος όρος (mean) του παραπάνω δειγματικού χώρου είναι 6.4, καθώς συχνά παραρμηνεύονται και συγχέονται οι δύο αυτοί ορισμοί). Το Wilcoxon Sign-Rank Test, στη συνέχεια, λειτουργεί με βάση τις διαφορές (difference scores) , που σχηματίζονται αφαιρώντας την υποθετική ενδιάμεση τιμή από τις τιμές του δειγματικού χώρου.

Η διαδικασία του *Wilcoxon Sign-Rank Test* είναι διαφορετική ανάλογα με το πλήθος των τιμών του δειγματικού χώρου που εξετάζεται. Για μικρούς δειγματικούς χώρους ($n < 30$), αφαιρείται η υποθετική ενδιάμεση τιμή από κάθε τιμή του δειγματικού χώρου. Οι απόλυτες τιμές των διαφορών αυτών βαθμονομούνται από το 1 ως το n, από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη απόλυτη τιμή. Στην περίπτωση που δυο διαφορές είναι ίσες, ο βαθμός τους είναι ο μέσος όρος (για παράδειγμα, αν δύο διαφορές βαθμονομούνται και οι δύο 4^{ες}, θα δίνεται σε καθεμία ο βαθμός $4\frac{1}{2}$, που είναι ο μέσος όρος των 4 και 5). Στη συνέχεια, το πρόσημο (θετικό ή αρνητικό) της αρχικής διαφοράς επαναφέρεται στην αντίστοιχο βαθμό. Το άθροισμα των θετικών βαθμών καλείται W_+ , και των αρνητικών βαθμών καλείται W_- . Αν η υπόθεση H_0 ισχύει, τότε κάθε βαθμός είναι

το ίδιο πιθανό να έχει θετικό ή αρνητικό πρόσημο, και η απόλυτη τιμή του W_+ θα είναι περίπου ίση με την απόλυτη τιμή του W_- .

Το στατιστικό τεστ W που χρησιμοποιούμε είναι η μικρότερη απόλυτη τιμή μεταξύ των W_+ και W_- . Αν η υπόθεση H_0 δεν ισχύει, τότε η μικρότερη από τις δύο απόλυτες τιμές θα είναι μικρότερη από την αναμενόμενη τιμή κάτω από τις πρυποθέσεις της υπόθεσης H_0 . Η κατανομή για αυτό το στατιστικό τεστ W έχει υπολογιστεί και οι κρίσιμες τιμές (*critical values*) για τα διάφορα επίπεδα σημαντικότητας (levels of confidence) α και για πλήθος δειγματικού χώρου n παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

Για μεγάλους δειγματικούς χώρους ($n \geq 25$), η κατανομή του στατιστικού τεστ W είναι, κατα κατά προσέγγιση, η κανονική κατανομή. Η τιμή του W υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στη συνέχεια, αυτή η τιμή του W , εισέρχεται στον ακόλουθο τύπο για έναν Z μετασχηματισμό :

$$Z = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} = z^* \quad (\text{Σχέση 3.4})$$

Το Wilcoxon Test αξιολογεί αν το μικρότερο από τα δύο αθροίσματα των βαθμών είναι μικρότερο από το αναμενόμενο υπό την υπόθεση H_0 . Κατά συνέπεια, το κριτήριο για την απόρριψη της υπόθεσης H_0 είναι όταν $z^* < -z_\alpha$ για *one-tailed test* ή $z^* < -z_{\alpha/2}$ για *two-tailed test*.

3.2.2.2 The Mann-Whitney U Test for Independent Samples

The Mann-Whitney U Test for Independent Samples είναι ένα μη-παραμετρικό τεστ που καθορίζει αν δύο ανεξάρτητοι δειγματικοί χώροι προέρχονται από το ίδιο σύνολο. Οι πρυποθέσεις για το τεστ αυτό είναι ότι οι δύο δειγματικοί χώροι είναι ανεξάρτητοι και ότι οι τιμές τους ακολουθούν συνεχείς κατανομές.

Η υπόθεση H_0 είναι ότι οι κατανομές των δύο συνόλων, από τα οποία προέρχονται οι δύο δειγματικοί χώροι, είναι ίδιες. Αν, για παράδειγμα, οι δύο δειγματικοί χώροι είναι οι τιμές της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια και

από άλλη αιτία, τότε η υπόθεση H_0 θα είναι ότι η κατανομή της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια είναι ίδια με την κατανομή της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία. Χαρακτηριστικό του *Mann-Whitney U Test for Independent Samples* είναι ότι δεν απαιτείται ίσος αριθμός τιμών για τους δύο δειγματικούς χώρους.

Το πρώτο βήμα στο τεστ αυτό είναι ο συνδυασμός των τιμών από τον δειγματικό χώρο 1 (n_1) και τον δειγματικό χώρο 2 (n_2), και στη συνέχεια η βαθμονόμηση της λίστας αυτής από το 1 για την μικρότερη τιμή μέχρι το n_1+n_2 για τη μεγαλύτερη τιμή. Σε περίπτωση ισοβαθμίας τιμών, οι τιμές αυτές παίρνουν το μέσο όρο των βαθμών που θα είχαν αν ήταν συνεχόμενες και όχι ισόβαθμες (δηλαδή αν 4 τιμές ισοβαθμίσουν στην 5^η θέση, τότε καθεμία από αυτές θα πάρει το βαθμό 6.5 (μέσος όρος των 5, 6, 7, 8). Ακολούθως, οι βαθμοί για κάθε δειγματικό χώρο αθροίζονται δίνοντας τα αντίστοιχα R_1 (άθροισμα των βαθμών του δειγματικού χώρου 1) και R_2 (άθροισμα των βαθμών του δειγματικού χώρου 2). Τα αθροίσματα αυτά χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό των τιμών U για τους δύο δειγματικούς χώρους :

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (\text{Σχέση 3.5})$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (\text{Σχέση 3.6})$$

όπου n_1 είναι το πλήθος των τιμών του δειγματικού χώρου 1 και n_2 είναι το πλήθος των τιμών του δειγματικού χώρου 2. Η μικρότερη από τις δύο αυτές τιμές, U_1 και U_2 , είναι το *Mann-Whitney test statistic U*.

Για μικρούς δειγματικούς χώρους ($n_1 \leq 20$ και $n_2 \leq 20$) οι κρίσιμες τιμές παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α. Αν η υπόθεση H_0 ισχύει, τότε η τιμή U_1 θα είναι περίπου ίση με την τιμή U_2 . Αν η υπόθεση H_0 δεν ισχύει, τότε η μικρότερη από αυτές τις δύο τιμές (το στατικό τεστ U) θα είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή.

Για μεγάλους δειγματικούς χώρους ($n_1 > 20$ ή $n_2 > 20$), η κατανομή του στατιστικού τεστ U προσεγγίζει την κανονική κατανομή, και έτσι η τιμή U μπορεί να μετασχηματισθεί σε μία Z τιμή :

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{(n_1)(n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{12}}} = z^* \quad (\text{Σχέση 3.7})$$

όπου U είναι η μικρότερη από τις τιμές U_1 και U_2 , n_1 είναι το πλήθος των τιμών του δειγματικού χώρου 1 και n_2 είναι το πλήθος των τιμών του δειγματικού χώρου 2.

Η υπόθεση H_0 απορρίπτεται όταν η τιμή z^* είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή της κανονικής κατανομής.

Όταν υπάρχουν αρκετές ισοβαθμίες μεταξύ των δύο δειγματικών χώρων, στην τιμή Z πρέπει να περιληφθεί ο συντελεστής διόρθωσης :

$$\sum T_i = \sum \frac{t_i^3 - t_i}{12} \quad (\text{Σχέση 3.8})$$

όπου t είναι ο αριθμός των τιμών που ισοβαθμούν σε μία συγκεκριμένη θέση. Αν, για παράδειγμα, υπάρχουν δύο τιμές με βαθμό 6, τρεις τιμές με βαθμό 10 και τέσσερις τιμές με βαθμό 7, τότε έχουμε για το t_i τις τιμές 2, 3, και 4. Αυτή η διόρθωση εισέρχεται στον υπολογισμό της τιμής Z ως εξής :

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\left(\frac{n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2 - (n_1 + n_2)}\right) \left(\frac{(n_1 + n_2)^3 - (n_1 + n_2)}{12} - \sum T\right)}} = z^* \quad (\text{Σχέση 3.9})$$

Αυτός ο συντελεστής διόρθωσης αυξάνει την τιμή του Z κατά ένα μικρό ποσοστό, το οποίο μπορεί να αποδειχθεί σημαντικό όταν η τιμή του στατιστικού τεστ είναι κοντά στην κρίσιμη τιμή.

3.3 STUDENT'S T-TEST

Η χρήση τους *Student's t-test* έχει ως σκοπό τη σύγκριση των μέσων τιμών ανάμεσα σε δύο υποκατηγορίες, ακόμα και αν ο αριθμός των τιμών σε κάθε κατηγορία είναι διαφορετικός. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να γίνει σύγκριση στο μέσο όρο του ύψους μιας ομάδας 10 ανδρών με το μέσο όρο του ύψους μιας ομάδας 12 γυναικών. Η

υποκατηγορία : *άνδρας ή γυναίκα* αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή και *το ύψος* αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή.

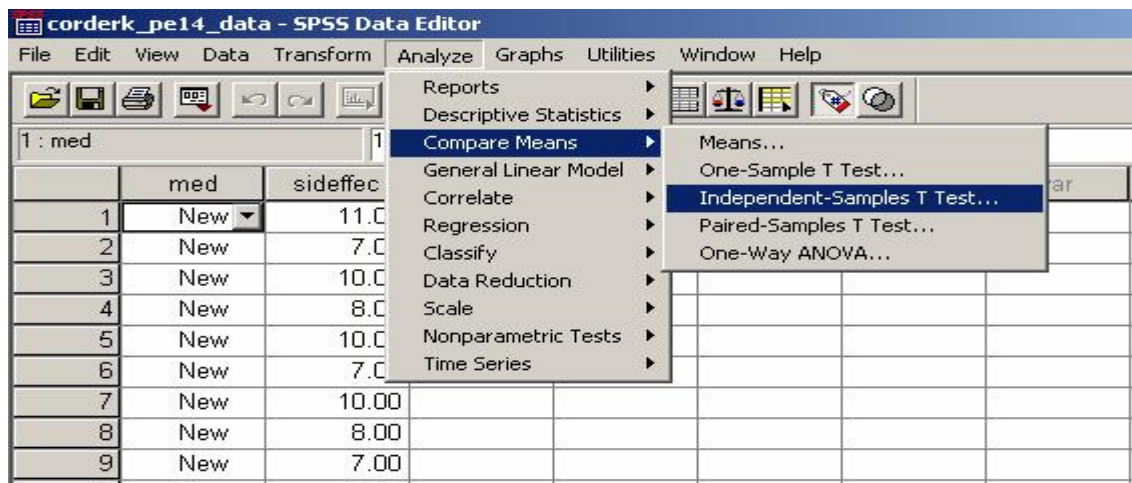
Προϋποθέσεις για το *Student's t-test* :

- Οι τιμές της συνεχούς μεταβλητής στις διάφορες υποκατηγορίες ακολουθούν κανονική κατανομή **Παρατήρηση : Ο, συνήθως, σχετικά μικρός αριθμός των τιμών της συνεχούς μεταβλητής είναι ανασταλτικός παράγοντας στην προσπάθεια για εξέταση της κανονικότητας των τιμών. Για το λόγο αυτό γίνεται αποδεκτή η συνήθης παραδοχή ότι οι παρατηρούμενες τιμές τείνουν να ακολουθούν την κανονική κατανομή.*
- Οι τυπικές αποκλίσεις (σ) για κάθε υποκατηγορία είναι περίπου ίσες. **Παρατήρηση : Κριτήριο για την τήρηση της προϋπόθεσης αυτής είναι ο λόγος της μεγαλύτερης τυπικής απόκλισης προς τη μικρότερη τυπική απόκλιση να μην ξεπερνά τον λόγο δύο προς ένα :*
$$\frac{\max(\sigma)}{\min(\sigma)} \leq 2$$
- Οι τιμές των δύο υποκατηγοριών είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

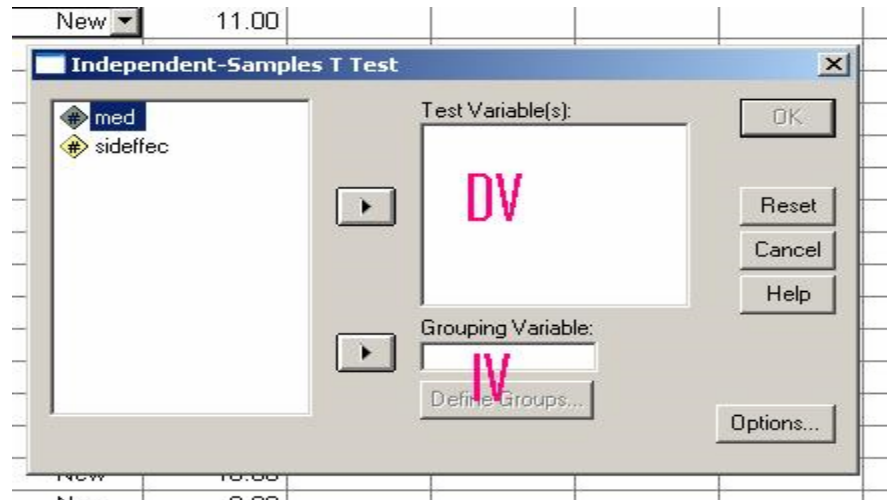
Για την εκτέλεση του *Student's t-test* έγινε η χρήση του στατιστικού προγράμματος *SPSS*. Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος εκτέλεσης του συγκεκριμένου test μέσω του προγράμματος και ο τρόπος εξαγωγής συμπερασμάτων.

1. Καταχώρηση των στοιχείων στον πίνακα του προγράμματος

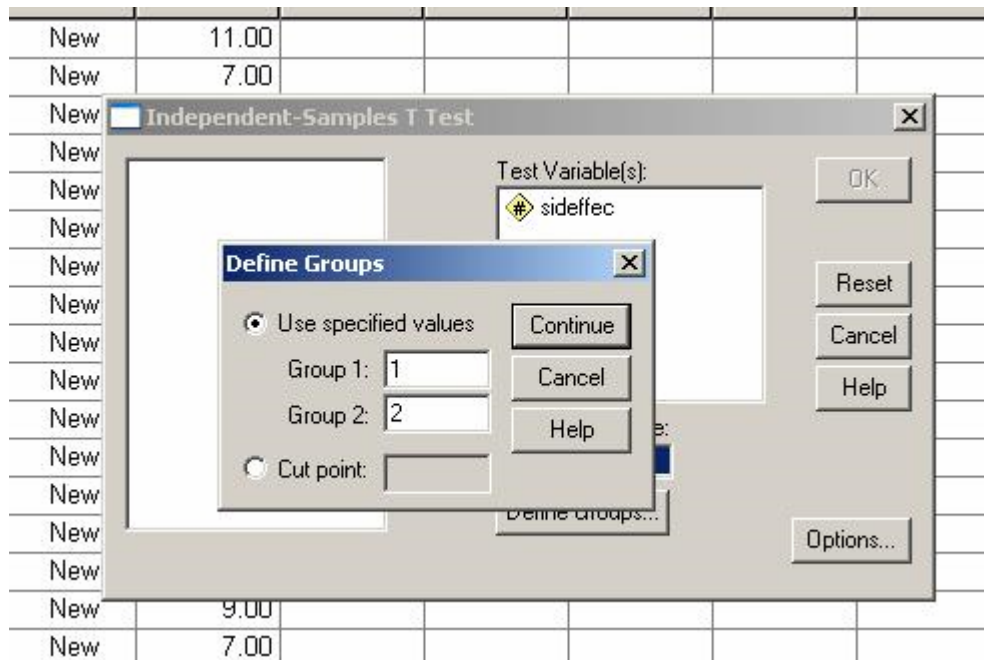
2. Επιλογή **Analyze > Compare Means > Independent-Samples T Test**



3. Τοποθέτηση της εξαρτημένης μεταβλητής [dependent variable (DV)] στο κουτί *Test Variable(s)* και της ανεξάρτητης μεταβλητής [independent variable (IV)] στο κουτί *Grouping Variable*.



4. Καθορισμός των υποκατηγοριών, για παράδειγμα 1 για το Group 1 και 2 για το Group 2.



- Έξοδος SPSS

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
writing score	Equal variances assumed	11.133	.001	-3.734	198	.000	-4.8699	1.30419	-7.44183	-2.29806
	Equal variances not assumed			-3.656	169.707	.000	-4.8699	1.33189	-7.49916	-2.24073

Αν η στατιστική σημαντικότητα (Sig.) για το Levene's Test είναι μικρότερη ή ίση με 0.05 τότε χρησιμοποιείται το "Equal Variances Not Assumed" test. Σε αντίθετη περίπτωση χρησιμοποιείται το "Equal Variances Assumed" test. Στη συνέχεια εξετάζουμε τη στατιστική σημαντικότητα για το *Student's t-test* (Sig.(2-tailed)) : αν είναι μικρότερη από 0.05 τότε η διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές των δύο υποκατηγοριών είναι στατιστικά σημαντική.

3.4 ONE-WAY ANOVA (ANalysis Of VAriance)

Η *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA) απαιτεί την ύπαρξη δύο μεταβλητών : **i)** μιας διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής και **ii)** μιας συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής. Οι τιμές της συνεχούς μεταβλητής ταξινομούνται σε υποκατηγορίες (groups) οι οποίες αποτελούν τις τιμές της διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής. Το βασικό ερώτημα στο οποίο καλείται να δώσει απάντηση το τεστ αυτό είναι στο αν οι μέσες τιμές της συνεχούς μεταβλητής είναι ίσες για όλες τις υποκατηγορίες – το οποίο αποτελεί και την υπόθεση H_0 - ή αν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Ουσιαστικά, είναι η εξέλιξη του STUDENT'S T-Test για 3 ή περισσότερες υποκατηγορίες. Για παράδειγμα, μπορεί να εξεταστεί αν υπάρχει σημαντική διαφορά στο χρόνο εκμάθησης (συνεχής μεταβλητή) χρησιμοποιώντας τέσσερις διαφορετικές μεθόδους διδασκαλίας (διακριτή ανεξάρτητη μεταβλητή) με δεδομένες μερικές τιμές από παρατήρηση για το χρόνο εκμάθησης (τιμές συνεχούς μεταβλητής) κάθε μεθόδου (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1 Παράδειγμα ANOVA

Μέθοδος 1	Μέθοδος 2	Μέθοδος 3	Μέθοδος 4
10	11	13	18
9	16	8	23
5	9	9	25

Η μέθοδος είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή και οι τιμές (10, 9, 5, 11, 16, ...) είναι οι τιμές του χρόνου εκμάθησης, δηλαδή της συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής.

Προϋποθέσεις για *One-way Analysis of Variance (ANOVA)* :

- Οι τιμές της συνεχούς μεταβλητής στις διάφορες υποκατηγορίες ακολουθούν κανονική κατανομή *Παρατήρηση : Ο, συνήθως, σχετικά μικρός αριθμός των τιμών της συνεχούς μεταβλητής είναι ανασταλτικός παράγοντας στην προσπάθεια για εξέταση της κανονικότητας των τιμών. Για το λόγο αυτό γίνεται αποδεκτή η συνήθης παραδοχή ότι οι παρατηρούμενες τιμές τείνουν να ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- Οι τυπικές αποκλίσεις (σ) για κάθε υποκατηγορία είναι περίπου ίσες. *Παρατήρηση : Κριτήριο για την τήρηση της προϋπόθεσης αυτής είναι ο λόγος της μεγαλύτερης τυπικής απόκλισης προς τη μικρότερη τυπική απόκλιση να μην ξεπερνά τον λόγο δύο προς ένα : $\frac{\max(\sigma)}{\min(\sigma)} \leq 2$

Αντικειμενικός σκοπός του τεστ αυτού είναι ο υπολογισμός του λόγου F , ο οποίος ορίζεται ως εξής :

$$F = \frac{(\tilde{x}_i - \tilde{x})^2}{(x_{ij} - \tilde{x}_i)^2} = \frac{Between}{Within} \quad (\text{Σχέση 3.10})$$

όπου \tilde{x}_i : ο μέσος όρος των τιμών της υποκατηγορίας i

\tilde{x} : ο μέσος όρος όλων των τιμών του δειγματικού χώρου

x_{ij} : η τιμή j για την υποκατηγορία i

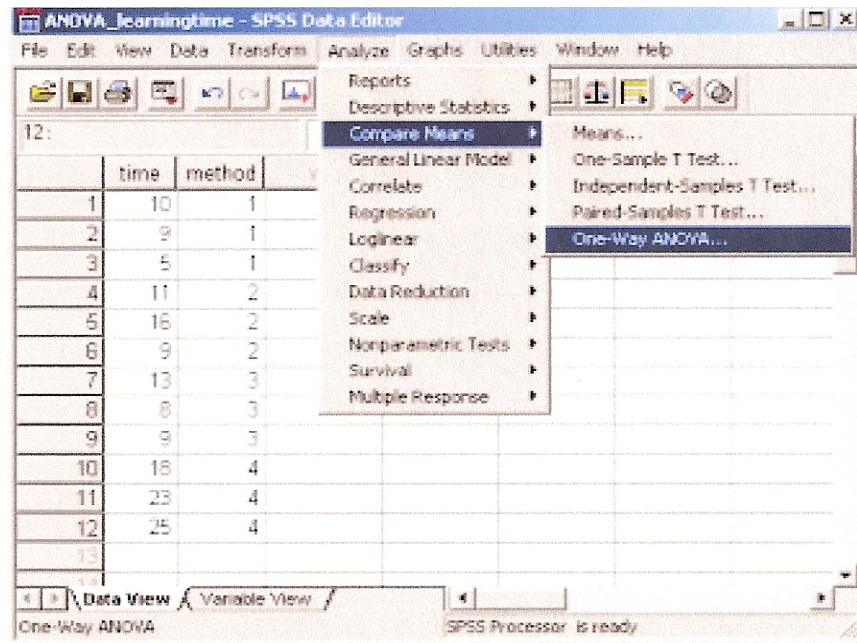
Αν η τιμή του λόγου F είναι 1 (μονάδα) , τότε η υπόθεση H_0 γίνεται αποδεκτή, δηλαδή οι μέσες τιμές των υποκατηγοριών είναι ίσες. Όταν η τιμή του λόγου F είναι διαφορετική

της μονάδας η αποδοχή ή όχι της υπόθεσης H_0 εξαρτάται από την τιμή της p-value. Αν η τιμή p-value είναι μικρότερη του 0,05 τότε η υπόθεση H_0 απορρίπτεται.

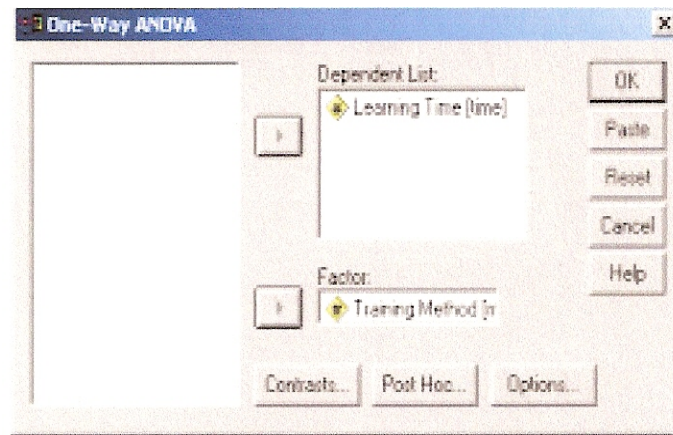
Για τον υπολογισμό της τιμής του p-value, καθώς και του λόγου F ενδείκνυται η χρησιμοποίηση του στατιστικού προγράμματος *SPSS* για πιο ακριβή και γρήγορα αποτελέσματα. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή του λόγου F εκτιμά αν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των διαφόρων υποκατηγοριών, αλλά όχι σε ποια ή ποιές υποκατηγορίες παρουσιάζεται η σημαντική διαφορά σε σχέση με τις άλλες. Το στατιστικό πρόγραμμα *SPSS* παρέχει τη δυνατότητα του καθορισμού των κατηγοριών που διαφέρουν σημαντικά από τις υπόλοιπες με τη χρήση μιας *post-hoc* σύγκρισης, όπως η μέθοδος *Tukey's*.

Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται το *One-Way ANOVA* τεστ με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος *SPSS* :

1. Καταχώρηση των στοιχείων στον πίνακα του προγράμματος
2. Επιλογή **Analyze > Compare Means > One-Way ANOVA**



3. Τοποθέτηση της συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής στο κουτί **Dependent List** και της διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής στο κουτί **Factor**.



- Έξοδος SPSS

ANOVA

Learning Time

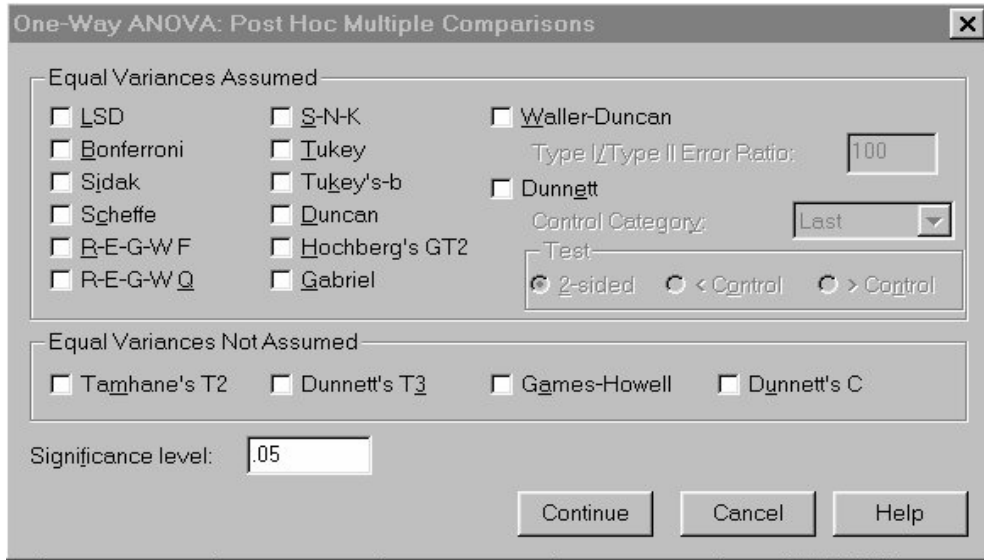
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	348.000	3	116.000	11.600	.003
Within Groups	80.000	8	10.000		
Total	428.000	11			

αριθμός υποκατηγοριών-1 αριθμός τιμών δ.χ. -αριθμός υποκατηγοριών

p-value : εξετάζει τη σημαντικότητα των διαφορών μεταξύ των υποκατηγοριών

- 4*. Επιλογή του πλήκτρου **Options**, επιλογή **Descriptive** , **Homogeneity-of-Variance box** και **Means plot** και στη συνέχεια **Continue**.

5*. Επιλογή του πλήκτρου **Post Hoc** και επιλογή **Tukey** ή κάποια άλλης μεθόδου και στη συνέχεια **Continue** και **OK**.



Σε αυτή την περίπτωση το στατιστικό πρόγραμμα SPSS εμφανίζει δύο πίνακες. Στον πρώτο πίνακα, η εμφάνιση του *95% confidence interval* είναι αρωγός στην προσπάθεια ανίχνευσης των διαφορών ανάμεσα σε κάθε ζευγάρι των μέσων όρων. Αν το διάστημα μεταξύ του κάτω ορίου (lower bound) και του πάνω ορίου (upper bound) δεν περικλείει το μηδέν, τότε αυτό συνεπάγεται ότι η διαφορά μεταξύ αυτού του ζεύγους των μέσων όρων είναι στατιστικά σημαντική.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Learning Time
Tukey HSD

(I) Training Method	(J) Training Method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
M1	M2	-4.00	2.58	.455	-12.27	4.27
	M3	-2.00	2.58	.864	-10.27	6.27
	M4	-14.00*	2.58	.003	-22.27	-5.73
M2	M1	4.00	2.58	.455	-4.27	12.27
	M3	2.00	2.58	.864	-6.27	10.27
	M4	-10.00*	2.58	.020	-18.27	-1.73
M3	M1	2.00	2.58	.864	-6.27	10.27
	M2	-2.00	2.58	.864	-10.27	6.27
	M4	-12.00*	2.58	.007	-20.27	-3.73
M4	M1	14.00*	2.58	.003	5.73	22.27
	M2	10.00*	2.58	.020	1.73	18.27
	M3	12.00*	2.58	.007	3.73	20.27

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Στον δεύτερο πίνακα γίνεται διαχωρισμός των υποκατηγοριών σε ομοιογενείς ομάδες. Σε κάθε ομάδα η διαφορά των μέσων όρων δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Για παράδειγμα, στην παρακάτω περίπτωση, η διαφορά των μέσων όρων των Μεθόδων 1, 2 και 3 δεν είναι στατιστικά σημαντική, ενώ αντίθετα ο μέσος όρος της Μεθόδου 4 έχει στατιστικά σημαντική διαφορά από τις άλλες τρεις.

Learning Time

Tukey HSD^a

Training Method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
M1	3	8.00	
M3	3	10.00	
M2	3	12.00	
M4	3		22.00
Sig.		.455	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

*Τα βήματα 4 και 5 μπορούν να θεωρηθούν προαιρετικά, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε περίπτωσης που εξετάζεται.

3.5 ODDS RATIO (OR)

Ο δείκτης *odds ratio* (γνωστός και ως *relative odds*) είναι ένας τρόπος σύγκρισης πιθανότητας ενός συγκεκριμένου γεγονότος ανάμεσα σε δύο ομάδες. Για παράδειγμα, μπορεί να συγκριθεί αν είναι το ίδιο πιθανό να συμβεί ένα *ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια* (γεγονός) σε ένα *πλοίο κάτω από 10 ετών* (πρώτη ομάδα) ή *πάνω από 10 ετών* (δεύτερη ομάδα). Όταν ο odds ratio παίρνει την τιμή 1 (μονάδα) σημαίνει ότι το γεγονός είναι το ίδιο πιθανό και για τις δύο ομάδες. Ένας odds ratio μεγαλύτερος της μονάδας υποδηλώνει ότι το γεγονός είναι πιο πιθανό για την πρώτη ομάδα. Αντίθετα, ένας odds ratio μικρότερος της μονάδας υποδηλώνει ότι το γεγονός είναι πιο πιθανό για τη δεύτερη ομάδα.

Πίνακας 3.2 : Πίνακας 2x2 για τον υπολογισμό του odd's ratio

	X^-	X^+	
Y^-	a	b	$a+b$
Y^+	c	d	$c+d$
	$a+c$	$b+d$	$n=a+b+c+d$

Παραπάνω φαίνεται ένας χαρακτηριστικός 2x2 πίνακας.

Ο ορισμός του *odds ratio* γίνεται καλύτερα αντιληπτός αν αναφερθούμε πρώτα στα *odds* κάθε ομάδας. Τα *odds* για τη ομάδα Y^- (πρώτη ομάδα) είναι a/b , ενώ τα *odds* για τη ομάδα Y^+ (δεύτερη ομάδα) είναι c/d . Ο δείκτης *odds ratio* (*OR*) είναι, αυτός ακριβώς, ο λόγος των δύο *odds* :

$$OR = \frac{a/b}{c/d} \quad (\text{Σχέση 3.11})$$

που μπορεί απλούστερα να αποδοθεί ως

$$OR = \frac{ad}{bc} \quad (\text{Σχέση 3.12})$$

Παρατηρήσεις για το odds ratio

- Όσο η τιμή του OR αποκλίνει της μονάδας, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα της πρώτης ομάδας (για $OR > 1$) ή της δεύτερης ομάδας (για $OR < 1$).
- Το πεδίο τιμών που παίρνει ο odds ratio είναι $[0, +\infty)$.
- Υπολογίζοντας το φυσικό λογάριθμο του odds ratio ($\ln(OR)$), γίνεται αντιληπτό ότι το αριστερό ακρό, δηλαδή το 0, τείνει στο $-\infty$, ενώ στο δεξί άκρο και πάλι στο $+\infty$. Με αυτόν τον τρόπο, το τεστ ανεξαρτησίας γίνεται με το να δούμε αν η τιμή του $\ln(OR)$ είναι 0 ή όχι. Παράλληλα, έτσι γίνεται φανερό ότι, για παράδειγμα, η τιμή odds ratio=10 ($\ln(OR)= 2.303$) με την τιμή odds ratio=0,1 ($\ln(OR)=-2.303$) υποδηλώνουν την ίδια πιθανότητα.
- Τέλος, με αυτόν αυτήν την μέθοδο, καταλήγουμε στο να έχει ο δείκτης $\ln(OR)$ μια ασυμπτωτική κανονική κατανομή όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του διαστήματος εμπιστοσύνης (*confidence interval*) του odds ratio.

Ο υπολογισμός γίνεται όπως φαίνεται παρακάτω :

$$95\% \text{ confidence interval} = \exp[\ln(OR) \pm 1, 96 \times SE(\log(OR))] \quad (\text{Σχέση 3.13})$$

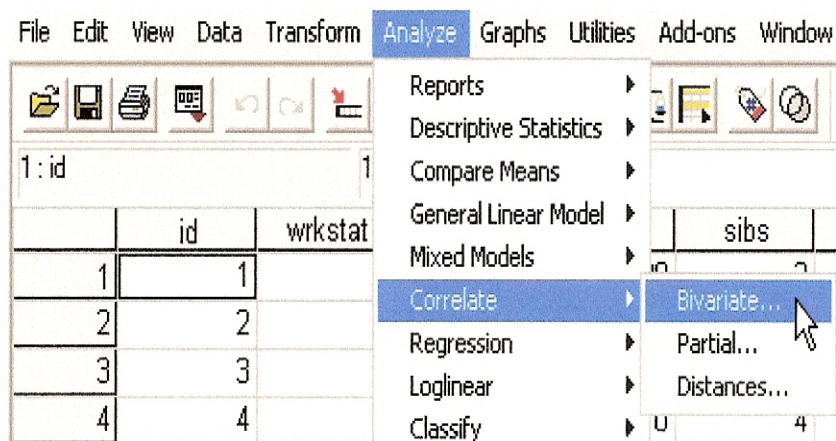
$$, \text{ όπου } SE(\log(OR)) = \sqrt{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}}$$

3.6 TREND ANALYSIS

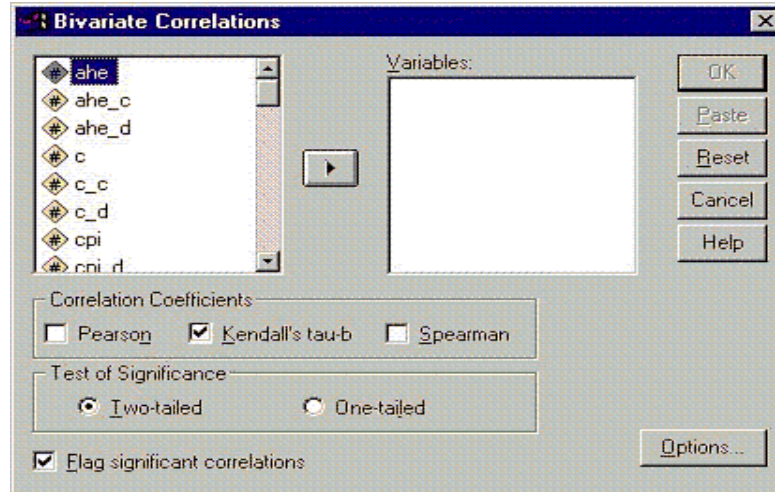
Η *Trend Analysis* χρησιμοποιείται για να εξεταστεί η συσχέτιση δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Αν, δηλαδή, η αύξηση των τιμών μίας εκ των μεταβλητών έχει επίδραση στις τιμές και των υπολοίπων μεταβλητών. Για διακριτές ή ταξινομημένες τιμές των μεταβλητών, επιλέγεται το *Kendall's tau-b test*. Το τεστ αυτό εκτιμά, με τη βοήθεια ενός συντελεστή, ποιοτικά και ποσοτικά την συσχέτιση των μεταβλητών. Οι τιμές του συντελεστή αυτού κυμαίνονται μεταξύ -1 (τέλεια αρνητική συσχέτιση) και +1 (τέλεια θετική συσχέτιση). Μια μηδενική τιμή για το συντελεστή υποδηλώνει τη μη συσχέτιση των μεταβλητών.

Ο υπολογισμός της τιμής του συντελεστή *Kendall's tau-b* πραγματοποιείται με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS, όπου εκτός από την τιμή του τεστ (τ), υπολογίζει και την *p-value*, που στη περίπτωση που είναι μικρότερο από το όριο σημαντικότητας (συνήθως 0.05), τότε η συσχέτιση που παρατηρείται είναι στατιστικά σημαντική. Παρακάτω παρατίθεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η τέλεση του τεστ μέσω του προγράμματος :

1. Καταχώρηση των στοιχείων στον πίνακα του προγράμματος
2. Επιλογή **Analyze > Correlate > Bivariate**



3. Τοποθέτηση των προς εξέταση μεταβλητών στο κουτί **Variables**, επιλογή **Kendall's tau-b** και **OK**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ Υ.Ε.Ν.

4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ Υ.Ε.Ν.

4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ Υ.Ε.Ν.

Κύρια πηγή στοιχείων για την ανάλυση και την έρευνα της εργασίας αποτέλεσαν τα στοιχεία περί ναυτικών ατυχημάτων που συλλέγησαν από το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας (ΥΕΝ) και συγκεκριμένα η λίστα που συνέταξε η Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ) για την χρονική περίοδο 1992-2005. Η λίστα αυτή αφορά τα ναυτικά ατυχήματα που συνέβησαν σε Ελληνικά εμπορικά πλοία άνω των 100 ΚΟΧ, και τα στοιχεία που παρέχει είναι :

- Αριθμός φακέλου
- Είδος πλοίου – Όνομα πλοίου – Λιμάνι - Αριθμός νηολογίου
- Διεθνές Διακριτικό Σήμα - Χωρητικότητα πλοίου (Κ.Ο.Χ.) - Έτος κατασκευής
- Ημερομηνία ατυχήματος - Περιοχή ατυχήματος
- Είδος – Αίτια ατυχήματος
- Αποτέλεσμα ατυχήματος
- Απώλειες ζωής - Τραυματισμοί
- Πόρισμα ΑΣΝΑ
- Αριθμός εκθέσεως

Το ΑΣΝΑ (Ανακριτικό Συμβούλιο Ναυτικών Ατυχημάτων) είναι το όργανο που διεξάγει την έρευνα για κάθε ατύχημα και, εν συνεχεία, συντάσσει την αντίστοιχη αναφορά. Η στελέχωση του οργάνου αυτού γίνεται από αξιωματικούς του Λιμενικού Σώματος, το οποίο υπάγεται διοικητικά στο Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας. Οι αναφορές που συντάσσονται είναι λεπτομερείς και, ανάλογα με την πολυπλοκότητα κάθε ατυχήματος, ενδέχεται να πάρουν χρόνο, καθώς τα συμπεράσματά τους χρησιμοποιούνται για τον καταλογισμό αστικών, αλλά ακόμα και ποινικών, ευθυνών στους αποδεδειγμένα υπαίτιους για την πρόκληση ενός ατυχήματος.

Από τη λίστα του ΥΕΝ έγινε επιλογή των επιβατηγών πλοίων, αποκλείοντας όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες, καθώς και τις περιπτώσεις που αφορούσαν επιβατηγά υδροπτερυγα, τουριστικά και κρουαζιερόπλοια. Η τελική λίστα περιελάμβανε 74 περιπτώσεις ναυτικών ατυχημάτων, αριθμός που κρίνεται ικανοποιητικός για τη διεξαγωγή της έρευνας.

4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ Υ.Ε.Ν.

Περαιτέρω σημαντικά στοιχεία για την δύναμη του Ελληνικού εμπορικού στόλου, καθώς και για την διακίνηση επιβατών την χρονική περίοδο 1992-2005 συλλέγησαν από την Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας. Ένα μέρος των στοιχείων αυτών φαίνονται αναλυτικά στον **Πίνακα 4.1**.

Πίνακας 4.1 : Δύναμη Ε/Γ και διακινηθέντων επιβατών στην Ελλάδα την περίοδο 1992-2005

	Δύναμη των Ε/Γ του ελληνικού εμπορικού στόλου	Διακινηθέντες επιβάτες (Ε/Γ,Ε/Γ-Ο/Γ,Πορθμεία)
<u>1992</u>	476	31.999.246
<u>1993</u>	495	33.709.583
<u>1994</u>	508	36.002.515
<u>1995</u>	519	37.880.050
<u>1996</u>	522	41.224.039
<u>1997</u>	524	43.183.444
<u>1998</u>	546	45.704.492
<u>1999</u>	551	49.207.006
<u>2000</u>	617	51.130.502
<u>2001</u>	678	49.704.000
<u>2002</u>	694	49.146.000
<u>2003</u>	704	49.788.000
<u>2004</u>	712	48.539.000
<u>2005</u>	476	48.421.000

* Δείγμα της τελικής λίστας (χωρίς διακριτικά στοιχεία) από τη ΔΑΝ παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΓΕΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

5.2 ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1992 – 2005

5.4 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

5.5 ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

5.6 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ / ΘΑΝΑΤΟΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προτού γίνει ανάφορά στο βασικό στόχο της εργασίας, που είναι η προσπάθεια εξακρίβωσης πιθανής συσχέτισης του ανθρώπινου παράγοντα με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια ενός πλοίου, θα ήταν ενδιαφέρον να παρουσιαστούν στατιστικά στοιχεία, καθώς και χρήσιμες πληροφορίες για τη συνέχεια της εργασίας.

5.2 ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Την περίοδο 1992-2005 καταγράφηκαν από τη Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ) του Υ.Ε.Ν. συνολικά 569 ναυτικά ατυχήματα πλοίων άνω των 100 ΚΟΧ, εκ των οποίων τα 74 (ποσοστό 13%) αφορούσαν περιπτώσεις επιβατηγών πλοίων (Σχήμα 5.1).



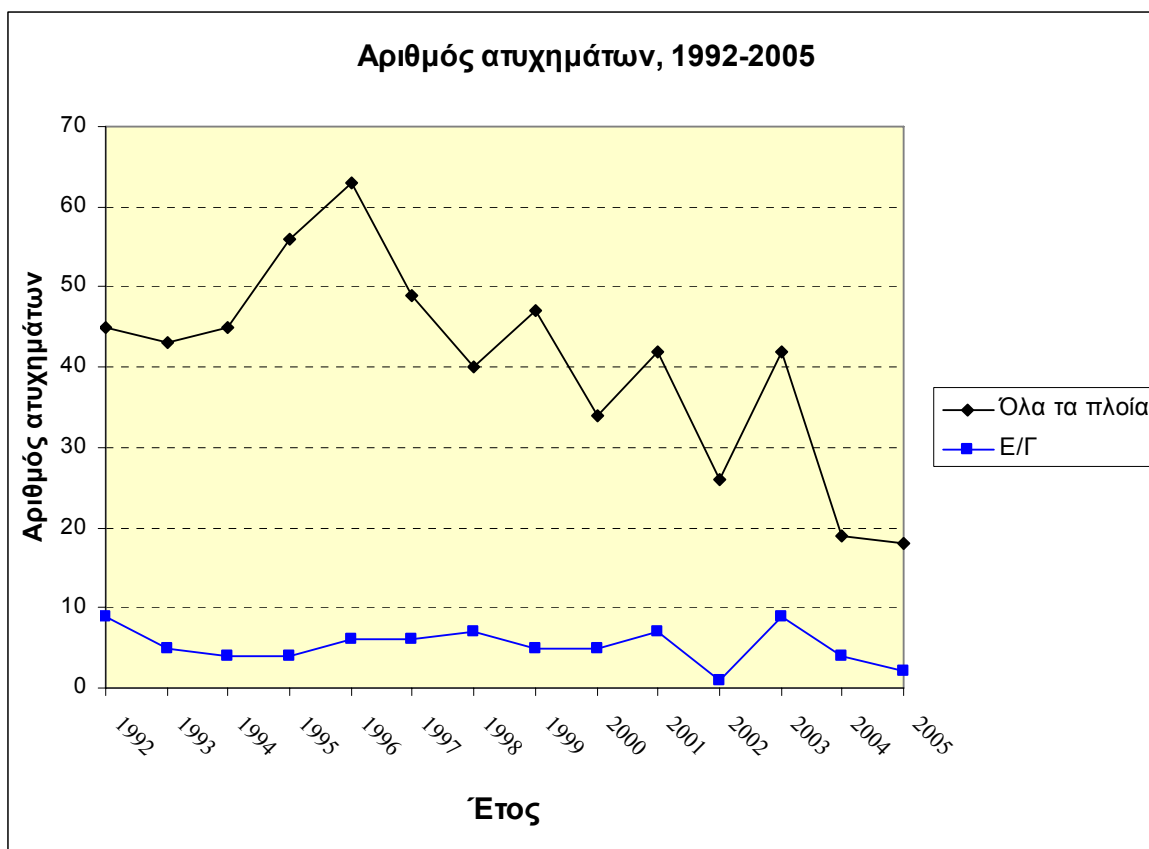
Σχήμα 5.1 : Σύγκριση αριθμού ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων με τα υπόλοιπα πλοία την περίοδο 1992-2005

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι αν και τα επιβατηγά και επιβατηγά-οχηματαγωγά πλοία στην κατανομή του ελληνικού στόλου με βάση τη χωρητικότητα (dwt) καταλαμβάνουν μόλις το 1% (Lloyd's, world fleet statistics, 2002), εντούτοις σε αριθμό πλοίων την χρονική περίοδο 1992-2005 αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη δύναμη μεταξύ των ελληνικών εμπορικών πλοίων, ευρισκόμενα πίσω μόνο από τα φορτηγά πλοία (dry cargo ships), καταλαμβάνοντας κατά μέσο όρο το 28% του συνολικού στόλου, ποσοστό

εξαιρετικά μεγάλο, αλλά παράλληλα και λογικό, λαμβάνοντας υπόψιν τον νησιώτικο χαρακτήρα της χώρας μας που επιβάλλει αυξημένη ακτοπλοΐα. Για να φανεί καλύτερα η σπουδαιότητα του μεγάλου ποσόστου που κατέχουν τα επιβατηγά πλοία στον Ελληνικό στόλο, αρκεί να αναφερθεί ότι σε παγκόσμια κλίμακα το ποσόστο που αναλογεί στα επιβατηγά πλοία δεν ξεπερνά το 12% επί του συνολικού στόλου (IMO,2005).

5.3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1992 - 2005

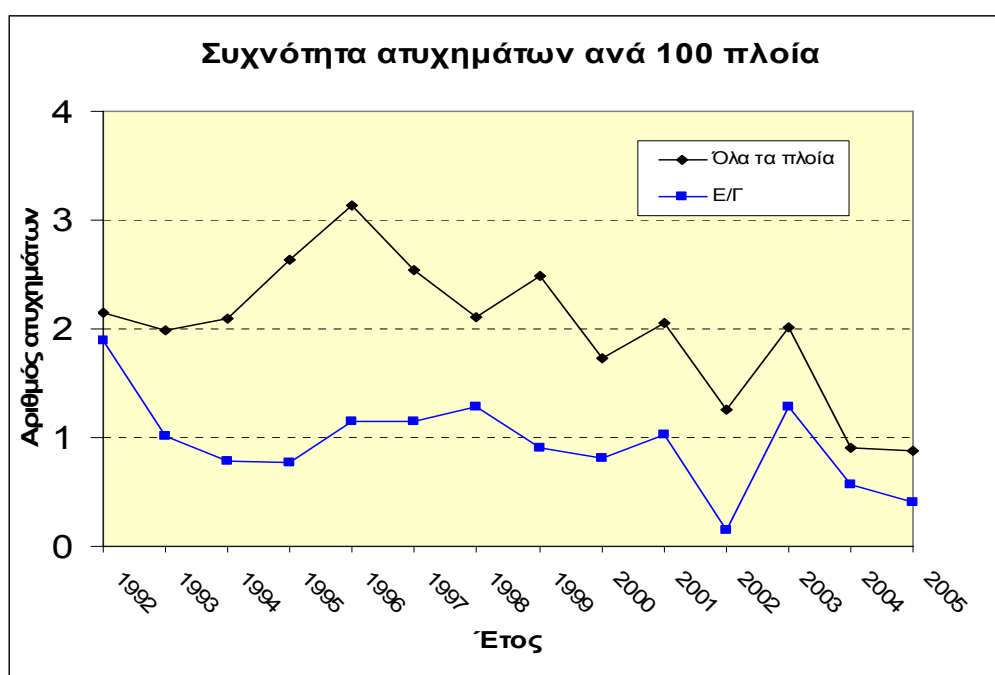
Η πορεία του αριθμού των ναυτικών ατυχημάτων ανά χρονιά την περίοδο 1992-2005 χαρακτηρίζεται από αστάθεια και οι διακυμάνσεις από χρόνο σε χρόνο είναι αρκετά σημαντικές. Όμως, είναι εμφανής η τάση μείωσης που παρουσιάζουν τα ναυτικά ατυχήματα στα ελληνικά εμπορικά πλοία απο το 1996 και μετά (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.2 : Σύγκριση πορείας αριθμού ναυτικών ατυχημάτων μεταξύ του συνολικού στόλου και των επιβατηγών , 1992-2005

Αντίθετα, ο αριθμός των ναυτικών ατυχημάτων που αφορούν μόνο τα επιβατηγά πλοία παρουσιάζει μία, εν γένει, σταθερότητα στο ίδιο χρονικό διάστημα, με εξαίρεση το 2002 όπου είναι καταγεγραμμένο ένα μόνο περιστατικό για επιβατηγό πλοίο.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνονται από τα αποτελέσματα του Kendall's tau-b test (βλέπε §3.6), όπου καταδεικνύουν την τάση μείωσης που παρουσιάζει η πορεία των ναυτικών ατυχημάτων όλων των ελληνικών πλοίων ($\tau = -0.544$, $p = 0.007$), σε αντίθεση με τη –σε μεγάλο βαθμό– σταθερή πορεία των ναυτικών ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων ($\tau = -0.162$, $p = 0.436$).

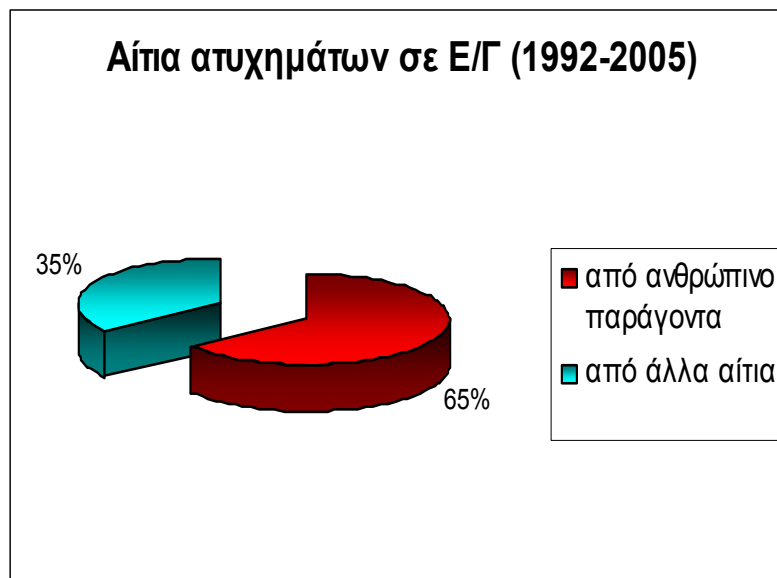


Σχήμα 5.3 : Σύγκριση πορείας συχνότητας ναυτικών ατυχημάτων μεταξύ του συνολικού στόλου και των επιβατηγών , 1992-2005

Μάλιστα, για καλύτερη τεκμηρίωση του παραπάνω συμπεράσματος εξετάστηκε η τάση μείωσης της συχνότητας ατυχημάτων ανά 100 πλοία τόσο για το σύνολο του Ελληνικού εμπορικού στόλου, όσο και, ξεχωριστά για τα Ελληνικά επιβατηγά πλοία. (Σχήμα 5.3). Τα αποτελέσματα του στατιστικού τεστ δείχνουν ότι η μείωση στη συχνότητα των ατυχημάτων όλων των πλοίων είναι στατιστικά σημαντική ($\tau = -0.516$, $p = 0.010$), ενώ αντίθετα η συχνότητα των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων, παρά τις μειωτικές τάσεις που δείχνει να παρουσιάζει με το πέρασμα των ετών, είναι μακριά από το να

χαρακτηριστεί στατιστικά σημαντική και να προσεγγίσει τη συνολική πτώση της συχνότητας των ατυχημάτων ($\tau = -0.319$, $p = 0.112$).

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η δραστική μείωση των ναυτικών ατυχημάτων τις δύο τελευταίες χρονιές (2004-2005), ενδέχεται να είναι, σε κάποιο βαθμό, πλασματική καθώς αποτελεί σύνθητες φαινόμενο οι λίστες των ναυτικών ατυχημάτων να εμπλουτίζονται ακόμα και μετά το πέρασμα μερικών ετών. Ο κύριος λόγος για το φαινόμενο αυτό είναι η καθυστέρηση που παρουσιάζεται συχνά στο πόρισμα του ΑΣΝΑ και ειδικά σε περιπτώσεις που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη δυσκολία και πολυπλοκότητα.



Σχήμα 5.4 : Διαχωρισμός ατυχημάτων ελληνικών επιβατηγών πλοίων με βάση την αιτία πρόκλησης, 1992-2005

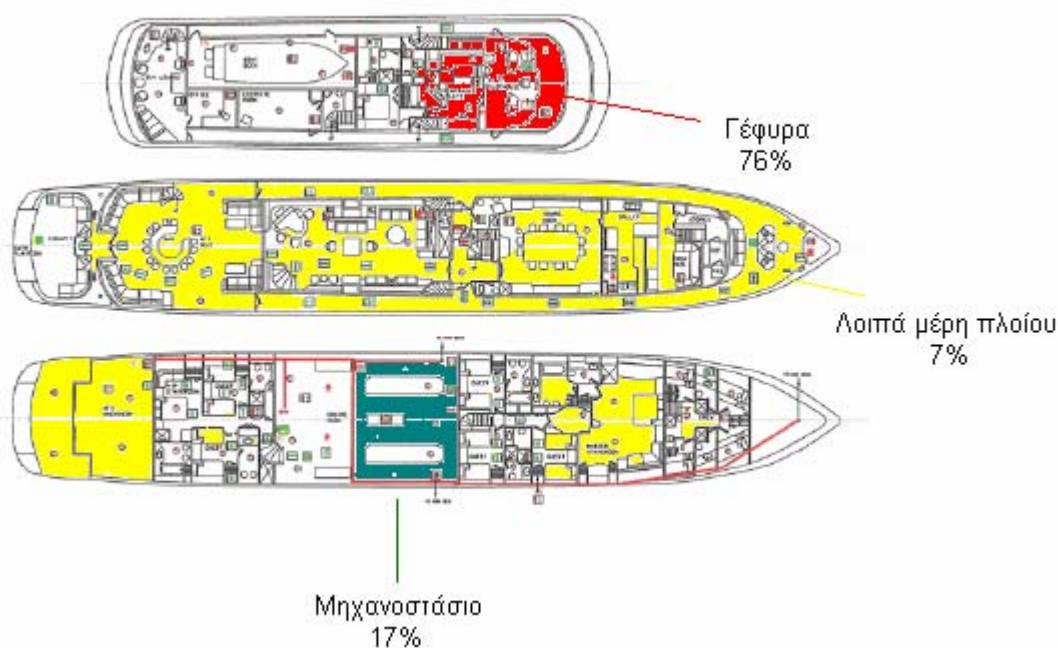
5.4 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

Ο διαχωρισμός των 74 καταγεγραμμένων ναυτικών ατυχημάτων επιβατηγών πλοίων την περίοδο 1992-2005, που έγινε με βάση την αιτία πρόκλησής τους έδειξε ότι τα 48 από αυτά είχαν ως αιτία πρόκλησης τον ανθρώπινο παράγοντα (ποσοστό 65%), ενώ τα υπόλοιπα 26 προκλήθηκαν από άλλα αίτια (Σχήμα 5.3). Ο χαρακτηρισμός “άλλα αίτια”

αφορά τα ναυτικά ατυχήματα που σύμφωνα με το πόρισμα του ΑΣΝΑ αποδίδονται είτε σε ανεξακρίβωτα αίτια είτε σε τυχαίο γεγονός είτε σε ανωτέρα βία.

Το ποσοστό που καταλαμβάνει ο ανθρώπινος παράγοντας ως αιτία πρόκλησης ναυτικών ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα μαρτυρά από μόνο του τη σπουδαιότητά του, καθώς και το ότι η αντιμετώπισή του δεν χωρά αναβολή. *Μάλιστα, κάποιοι παράγοντες μας οδηγούν στη θεώρηση ότι αυτό το ποσοστό ενδέχεται να παρουσιάσει αυξητικές τάσεις τα επόμενα χρόνια.*

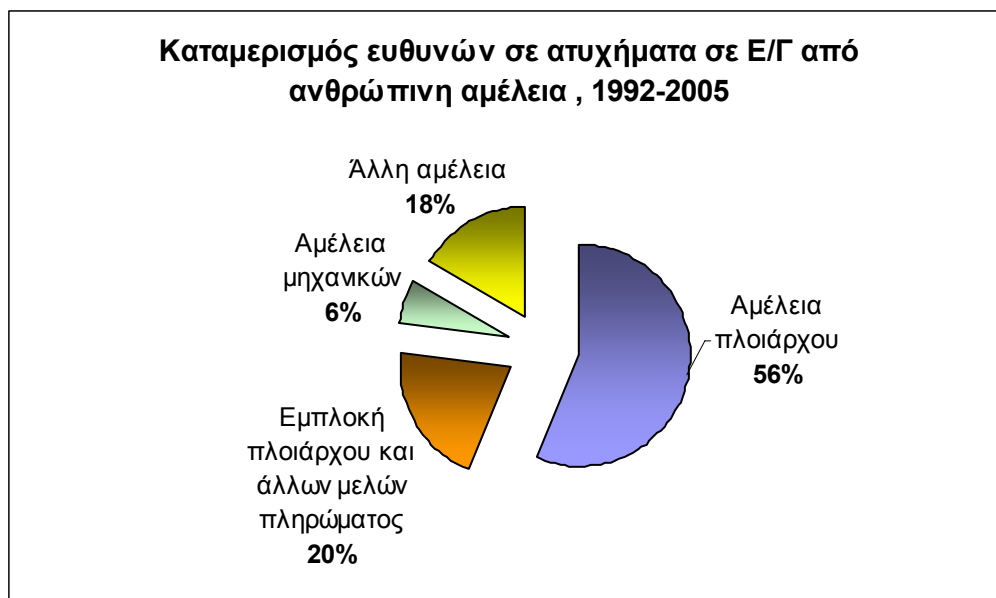
Τι όμως μας οδηγεί σε αυτές τις σκέψεις ; Η εικασία - πρόβλεψη για ενδεχόμενη αύξηση του ποσοστού εμπλοκής του ανθρώπου στην πρόκληση ναυτικών ατυχημάτων βασίζεται κυρίως στο γεγονός του εφοδιασμού των πλοίων με ολοένα και αρτιότερο και τελευταίας τεχνολογίας εξοπλισμό, που πέρα από τις υπηρεσίες που προσφέρει, γίνεται προσπάθεια για να συντελεί, όσο το δυνατόν περισσότερο, και στην αύξηση του επιπέδου της ασφάλειας, κυρίως μέσα από τη διασφάλιση της αξιοπιστίας του.



Σχήμα 5.5 : Κατανομή ανθρώπινου σφάλματος πάνω στο πλοίο

Στο σημείο αυτό, θεωρείται σκόπιμο να γίνει αναφορά σε μία περίπτωση προσωπικής εμπειρίας από την ξενάγηση στη γέφυρα ενός σύγχρονου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου που έχει ως έτος κατασκευής το 2000. Η συζήτηση με έμπειρους χειριστές του εξοπλισμού ανέδειξε τη ραγδαία βελτίωση του με το πέρασμα των χρόνων και τη βοήθεια που προσφέρει στον τομέα της ασφάλειας. Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι επίσης η ύπαρξη αρκετών εφεδρικών συστημάτων (back-up systems) σε νευράλγικα συστήματα για την ασφαλή ναυσιπλοΐα, όπως η πυξίδα και το τιμόνι.

Η ανάφορα και έρευνα σχετικά με τη γέφυρα του πλοίου δεν έγινε τυχαία. Για τα ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων που είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα τη χρονική περίοδο 1992-2005, σε ποσοστό 76% το λάθος ή η αμέλεια που οδήγησε στο ατύχημα είχε ως αφετηρία τη γέφυρα του πλοίου. Τα λάθη στο μηχανοστάσιο κάλυπταν το 17% το ατυχημάτων, ενώ τα ατυχήματα από ανθρώπινα λάθη στα υπόλοιπα μέρη του πλοίου (όπως, για παράδειγμα εκδήλωση πυρκαγιάς στο γκαράζ ή σε δωμάτιο πληρώματος) καταλαμβάνουν το εναπομένον 7% (Σχήμα 5.4).



Σχήμα 5.6 : Καταμερισμός του ανθρώπινου παράγοντα στα μέλη του πληρώματος με βάση το πόρισμα του ΑΣΝΑ για τα Ε/Γ στην Ελλάδα , 1992-2005

5.5 ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

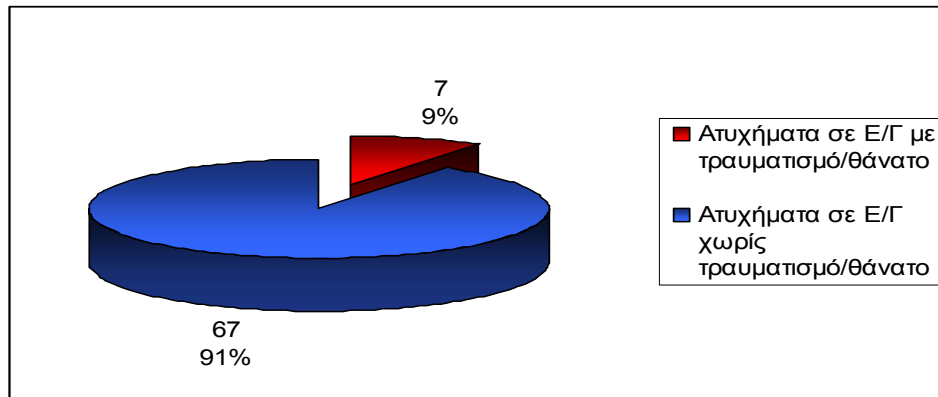
Ο πλοίαρχος αποτελεί πάντα τον υπ' αριθμόν ένα υπεύθυνο για την λειτουργία του πλοίου. Ειδικότερα μετά την εφαρμογή του κώδικα **ISM (International Safety Management)** οι αρμοδιότητες και οι δικαιοδοσίες του έχουν αυξηθεί αρκετά. Παράλληλα, όμως, αυξάνονται και οι υποχρεώσεις και οι ευθύνες του σε όλους τους τομείς, άρα μοιραία και στον τομέα της ασφάλειας.

Τα παραπάνω αποτυπώνονται ξεκάθαρα όταν το Ανακριτικό Συμβούλιο Ναυτικών Ατυχημάτων (ΑΣΝΑ) καλείται να αποδώσει ευθύνες για την πρόκληση ενός ναυτικού ατυχήματος. Για την περίοδο 1992-2005, σε ποσοστό 76% των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο που αποδόθηκαν στον ανθρώπινο παράγοντα, αποδείχθηκε η πλήρη ή εν μέρει ευθύνη του πλοιάρχου του εκάστοτε πλοίου. Συγκεκριμένα, το 56% των ατυχημάτων αποδόθηκαν αποκλειστικά σε αμέλεια του πλοιάρχου, ενώ για το υπόλοιπο 20% το ΑΣΝΑ αποφάσισε ότι ήταν από κοινού η ευθύνη τόσο του πλοιάρχου, όσο και κάποιου άλλου ή κάποιων άλλων εκ των μελών του πληρώματος (**Σχήμα 5.5**). Σε 6% των περιπτώσεων η ευθύνη αποδόθηκε αποκλειστικά στους μηχανικούς του πλοίου. Στο υπόλοιπο 18% ανήκουν οι περιπτώσεις που αναφέρονται σε αμέλεια άλλων μελών του πληρώματος πλην του πλοιάρχου και των μηχανικών, καθώς και οι περιπτώσεις που αναγράφονται απλά ως αμέλεια, χωρίς να γίνεται συγκεκριμένη αναφορά σε κάποιο μέλος του πληρώματος.

5.6 ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ / ΘΑΝΑΤΟΣ

Η ιδιαίτερη σημασία που δίνεται (και που θα πρέπει να δοθεί σε μεγαλύτερο βαθμό στο εγγύς μέλλον) στην ασφάλεια των επιβατηγών πλοίων δεν μπορεί παρά να συνδέεται άμεσα με το μεγάλο αριθμό ανθρώπινων ζωών που μεταφέρονται με τα πλοία τέτοιου τύπου. Η απώλεια ανθρώπινης ζωής, ή ακόμα και ένας τραυματισμός, πέρα από τις

προφανείς συνέπειες στον παθόντα και την οικογένειά του, δημιουργεί και αλγεινές εντυπώσεις για το χώρο της ακτοπλοΐας εν γένει.



Σχήμα 5.7 : Κατανομή των ατυχημάτων των Ε/Γ στην Ελλάδα με βάση τις συνέπειες σε τραυματισμό ή θάνατο, 1992-2005

Την περίοδο 1992-2005 από τα συνολικά 74 ναυτικά ατυχήματα με επιβατηγά πλοία στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, τα 7 (ποσοστό 9.5%) είχαν ως συνέπεια κάποιο τραυματισμό ή θάνατο (Σχήμα 5.6). Η επίδραση του ανθρωπίνου παράγοντα είναι και εδώ καταλυτική, καθώς από τα 7 αυτά ναυτικά ατυχήματα τα 6 είχαν ως αιτία πρόκλησης τον ανθρωπίνου παράγοντα, με προεξέχον περιστατικό το ατύχημα του Ε/Γ-Ο/Γ ΕΞΠΡΕΣ ΣΑΜΙΝΑ το Σεπτέμβριο του 2000 που οδήγησε στο θάνατο 80 ανθρώπινες ζωές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

6.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΗΛΙΚΙΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

6.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ – ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

6.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΚΙΩΝ

6.5.1 Απεικόνιση τάσης προς ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα

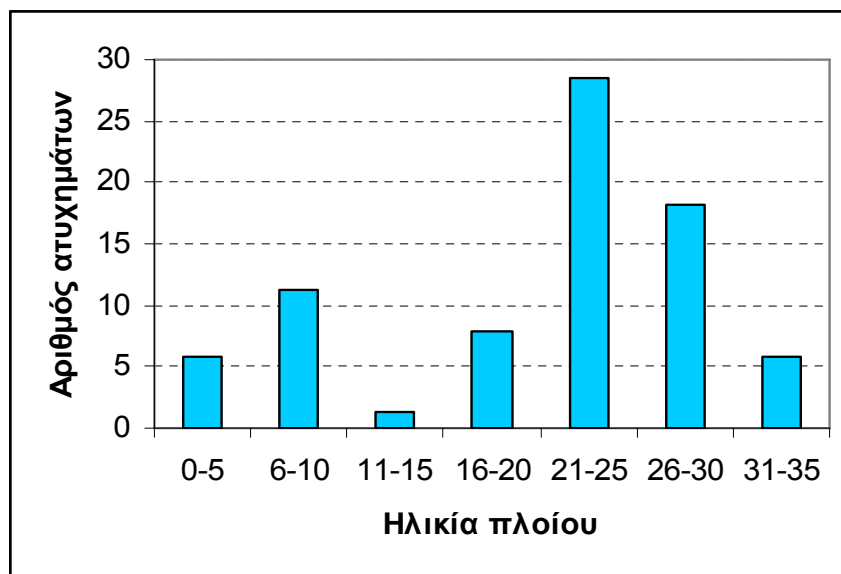
6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ηλικία του ελληνικού στόλου, και ιδιαίτερα των επιβατηγών πλοίων, αποτελούσε ανέκαθεν σημείο τριβής και συζήτησης μεταξύ των πλοιοκτητών, του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας και, κυρίως, της κοινωνίας. Η πίεση της κοινής γνώμης για απόσυρση των «γερασμένων» πλοίων - των «σαπιοκάραβων» (“*rust buckets*”), όπως συχνά αποκαλούνται - γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη μετά από κάποιο ατύχημα. Χαρακτηριστική περίπτωση ο νόμος 2932/2001, ο οποίος μείωσε το όριο της 35ετίας σταδιακά στα 30 έτη, με ορίζοντα τελικής εφαρμογής το τέλος του 2008. Αυτό που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι ότι η διάταξη αυτή υιοθετήθηκε μερικώς μήνες μετά την τραγωδία του Express Samina, τον Σεπτέμβριο του 2000, που - σημειωτέον - βρισκόταν στο 34^ο έτος της ηλικίας του, κάτι το οποίο μόνο συμπτωματικό δεν μπορεί να θεωρηθεί.

Τα παράπανω δείχνουν να ανατρέπονται μετά τις τελευταίες εξελίξεις. Σύμφωνα με τη Συνθήκη της Στοκχόλμης, τον Ιούνιο του 2002, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες καλούνται να υιοθετήσουν πρόσθετους τεχνικούς κανόνες με σκοπό την ενίσχυση της ευστάθειας και της ασφάλειας των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων. Όριο ηλικίας προβλέπεται μόνο για τα πλοία που δεν θα συμμορφωθούν με τις αυστηρές διατάξεις της συνθήκης και αυτό είναι τα 30 χρόνια.

Έτσι, η Ελλάδα σε μια προσπάθεια να εναρμονιστεί με το Κοινοτικό Δίκαιο και τη Συνθήκη της Στοκχόλμης γυρίζει σελίδα στον τομέα της ελληνικής ακτοπλοΐας και με το προεδρικό διάταγμα 124/6.7.2006 προχωρά ουσιαστικά στην κατάργηση των ορίων ηλικίας των πλοίων της ακτοπλοΐας και στην χώρα μας.

Χρήσιμα συμπεράσματα θα μπορούσαν να εξαχθούν από την παρατήρηση του **Σχήματος 6.1** που παρουσιάζει τα ατυχήματα που έλαβαν χώρα την περίοδο 1992-2005 στα επιβατηγά πλοία της Ελλάδας σε σχέση με την ηλικία τους



Σχήμα 6.1 : Συχνότητα ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων ως συνάρτηση της ηλικίας (ανά 100 πλοία) , Ελλάδα, 1992-2005

Τα πλοία ηλικίας 21-25 ετών παρουσιάζουν με διαφορά την μεγαλύτερη συχνότητα ατυχημάτων, σε αντίθεση με τα πλοία ηλικίας 11-15 ετών που φαντάζουν ως τα πιο ασφαλή. Αυτό, όμως, το οποίο χρήζει προσοχής είναι η μείωση της συχνότητας ατυχημάτων με την αύξηση της ηλικίας μετά τα 25 έτη. Μία πιθανή εξήγηση σε αυτό είναι ότι όποια προβλήματα - μηχανικής και δομικής φύσεως - που θα ήταν δυνατό να οδηγήσουν σε ατύχημα, εμφανίζονται μέχρι κάποια ηλικία στη ζωή ενός πλοίου. Ένα άλλο στοιχείο που προκαλεί εντύπωση είναι ότι παρουσιάζεται πιο πιθανό να παρουσιαστεί ατύχημα σε πλοίο ηλικίας 6-10 ετών σε σχέση με ένα πλοίο ηλικίας 31-35 ετών.

Τα παράπανω αποτελούν μια σοβαρή ένδειξη, αν όχι απόδειξη, ότι η θέσπιση ορίου ηλικίας όχι μόνο δεν αποτελεί πανάκεια, αλλά πολλές φορές αποδεικνύεται και τροχοπέδη στην προσπάθεια για βελτίωση της ασφάλειας στην ακτοπλοΐα. Μάλιστα, η συνεχής επίκλησή του μετά από κάθε ατύχημα ή βλάβη και, γενικά, ο μεγάλος ντόρος που γίνεται για την ηλικία των πλοίων δεν επιτρέπουν να βγουν στην επιφάνεια οι πραγματικά μεγάλες απειλές για την ασφάλεια.

Εν κατακλείδει, χωρίς καμία διάθεση να κρατηθεί μια μετριοπαθής στάση, ούτε η θέσπιση χαμηλών ορίων ηλικίας ούτε η πλήρης απελευθέρωση είναι η λύση. Η ασφάλεια θα θωρακιστεί με την πλήρη και συνεχή συμμόρφωση των πλοίων με τους κανόνες και τις διατάξεις που ορίζει η Συνθήκη της Στοκχόλμης και που θα οριστούν στη συνέχεια και, πάνω από όλα, με αξιόπιστους και αδιάφθορους ελέγχους για την πραγματική και αποτελεσματική εφαρμογή τους.

6.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

- Η έννοια της διακριτής τυχαίας μεταβλητής

Έστω ότι ρίχνουμε ένα ζάρι. Αν X είναι το αποτέλεσμα, το X μπορεί να πάρει τις τιμές 1, 2, 3, 4, 5, 6. Η τυχαία μεταβλητή X παίρνει λοιπόν τιμές **διακεκριμένες μεταξύ τους**. Η τυχαία μεταβλητή X είναι μία **διακριτή μεταβλητή**.

- Συνάρτηση μάζας πιθανότητας

Η πιθανότητα P_k ώστε η τυχαία μεταβλητή X να πάρει την τιμή x_k , δηλαδή

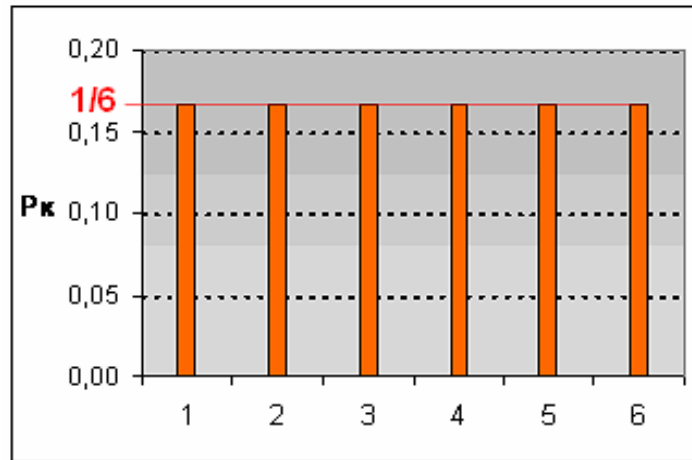
$$p_k = P(X = x_k)$$

είναι μια ακολουθία τιμών. Η ακολουθία P_k ονομάζεται “συνάρτηση μάζας πιθανότητας” ή σε συντομογραφία σ.μ.π.

Γενικά μία ακολουθία P_k αποτελεί συνάρτηση μάζας πιθανότητας (σ.μ.π.) όταν ισχύουν :

1. $p_k \geq 0$
2. $\sum_k p_k = 1$

Η γραφική παράσταση της σ.μ.π. δίνεται συνήθως με ένα ραβδόγραμμα, για το οποίο ισχύει ότι το άθροισμα των τεταγμένων είναι 1. Για παράδειγμα, στο **Σχήμα 6.2** φαίνεται η γραφική παράσταση της σ.μ.π. για το ρίξιμο ενός ζαριού, όπου το άθροισμα των τεταγμένων είναι $1 (= \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6})$.



Σχήμα 6.2 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για το ρίξιμο ενός ζαριού

-Σημαντικές παράμετροι κατανομών διακριτών τυχαίων μεταβλητών

i) **Κορυφή (Mode)** : Είναι η μέγιστη τιμή της συνάρτησης μάζας πιθανότητας. Μία σ.μ.π μπορεί να έχει παραπάνω από μία κορυφές.

ii) **Μέση τιμή (Mean)** : Είναι ο μέσος όρος των τιμών της συνάρτησης μάζας πιθανότητας.

Αν $p_k = P(X = x_k)$ είναι η σ.μ.π. της τυχαίας διακριτής μεταβλητής X , η μέση τιμή $E(X)$ της τ.μ. X είναι :

$$\mu = E(X) = \sum_k p_k x_k$$

iii) **Ενδιάμεση τιμή (Median)** : Είναι η τιμή για την οποία ισχύει ότι οι μισές τιμές της κατανομής είναι ίσες ή μικρότερες από αυτήν και οι άλλες μισές είναι ίσες ή μεγαλύτερες από αυτήν. Για παράδειγμα, για τον δειγματικό χώρο (2, 3, 7, 7, 15, 32, 45) η ενδιάμεση τιμή είναι το 7.

iv) **Διασπορά (Variance)** : Είναι ένα μέτρο για το πόσο διάσπαρτες είναι οι τιμές της τυχαίας μεταβλητής γύρω από τη μέση τιμή της.

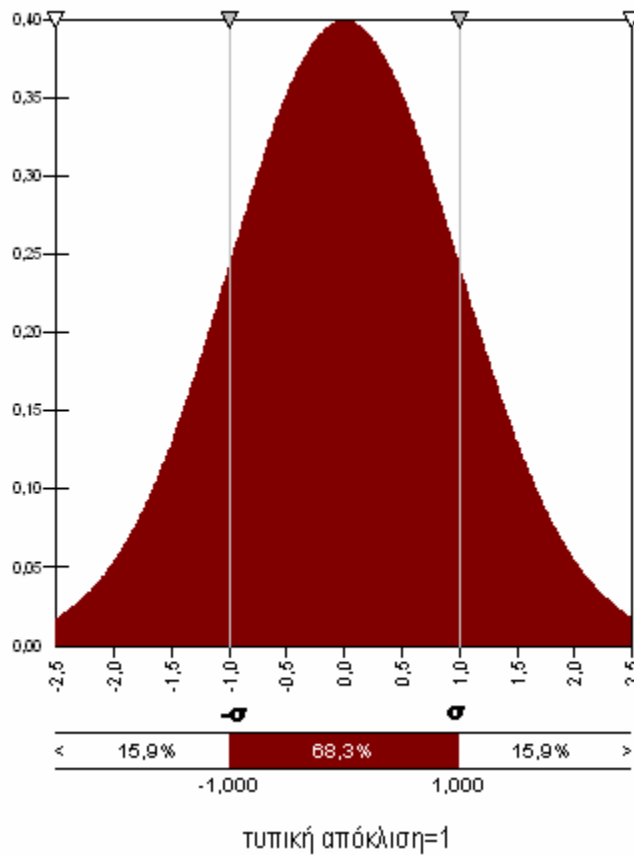
Αν $p_k = P(X = x_k)$ είναι η σ.μ.π. της τυχαίας διακριτής μεταβλητής X , η μέση τιμή $E(X)$ της τ.μ. X είναι :

$$\text{Var}(X) = V(X) = \sigma^2 = \sum_k p_k (x_k - \mu)^2$$

v) **Τυπική απόκλιση (Standard deviation)** : Είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο μέτρο για το πόσο διάσπαρτες είναι οι τιμές μιας τυχαίας μεταβλητής γύρω από τη μέση τιμή της. Είναι ίση με τη θετική τετραγωνική ρίζα της διασποράς :

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}(X)}$$

Η τυπική απόκλιση αναπαριστά τη μέση απόσταση μιας ομάδας τιμών από τη μέση τιμή. Για παράδειγμα, για την κανονική κατανομή (όπως για κάθε συμμετρική κατανομή) σε απόσταση ίση με την τυπική απόκλιση δεξιά και αριστερά από τη μέση τιμή, περιέχονται περίπου το 68% των τιμών της συνάρτησης (**Σχήμα 6.3**).



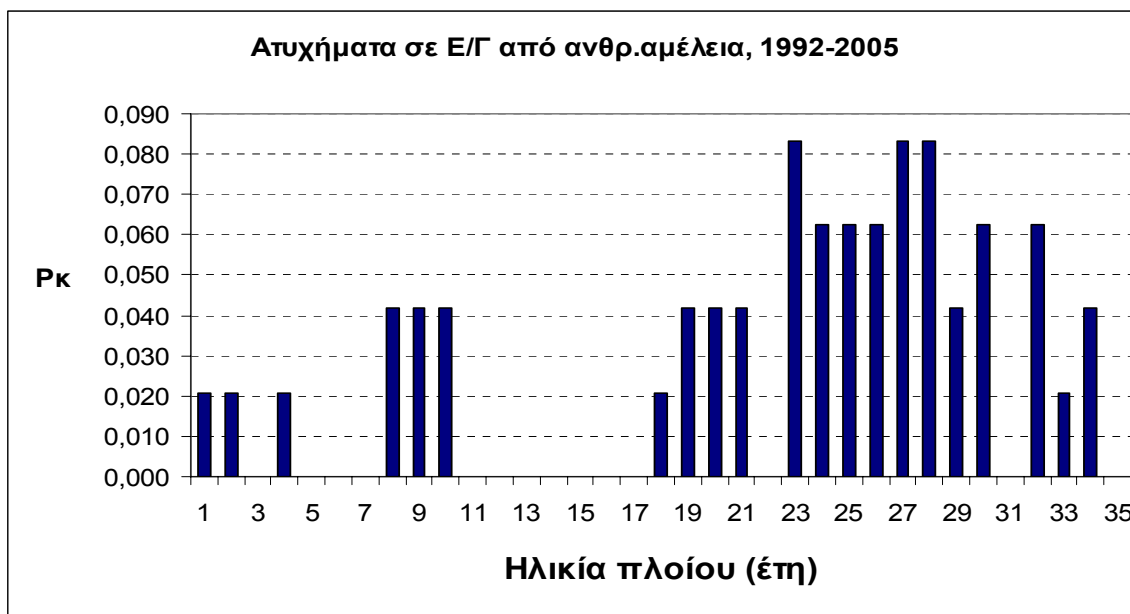
Σχήμα 6.3 : Κανονική Κατανομή

6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΗΛΙΚΙΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Προτού εξεταστεί η συσχέτιση ή μη της ηλικίας ενός πλοίου με το ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, θεωρήθηκε αναγκαίο να αναλυθούν οι κατανομές των τιμών που προκύπτουν από τις ηλικίες των εμπλεκομένων επιβατηγών πλοίων σε ατύχημα. Από την ανάλυση αυτή θα εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα που θα χρησιμοποιηθούν και στη συνέχεια.

Οι ηλικίες των πλοίων αποτελούν διακριτή κατανομή και οι τιμές που μπορούν να πάρουν είναι οι φυσικοί ακέραιοι από 1 έως 35 (οι τιμές ξεκινάνε από το 1 γιατί ένα πλοίο που κατασκευάστηκε, για παράδειγμα, πριν ένα μήνα θεωρείται ότι διανύει τον πρώτο έτος ζωής), καθώς την περίοδο 1992-2005 που εξετάζεται ίσχυε το ανώτατο όριο ηλικίας των 35 ετών για τα πλοία της ακτοπλοΐας στην Ελλάδα.

Παρατηρώντας την σ.μ.π για την ηλικία των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια (**Σχήμα 6.4**), είναι εμφανής η αυξημένη «πυκνότητα» που παρουσιάζεται για τα πλοία μεγαλύτερης ηλικίας. Μάλιστα, τα ατυχήματα στα πλοία 18-35 ετών καλύπτουν το 81% επί του συνόλου των ατυχημάτων από ανθρώπινη αμέλεια των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα αυτήν την περίοδο.

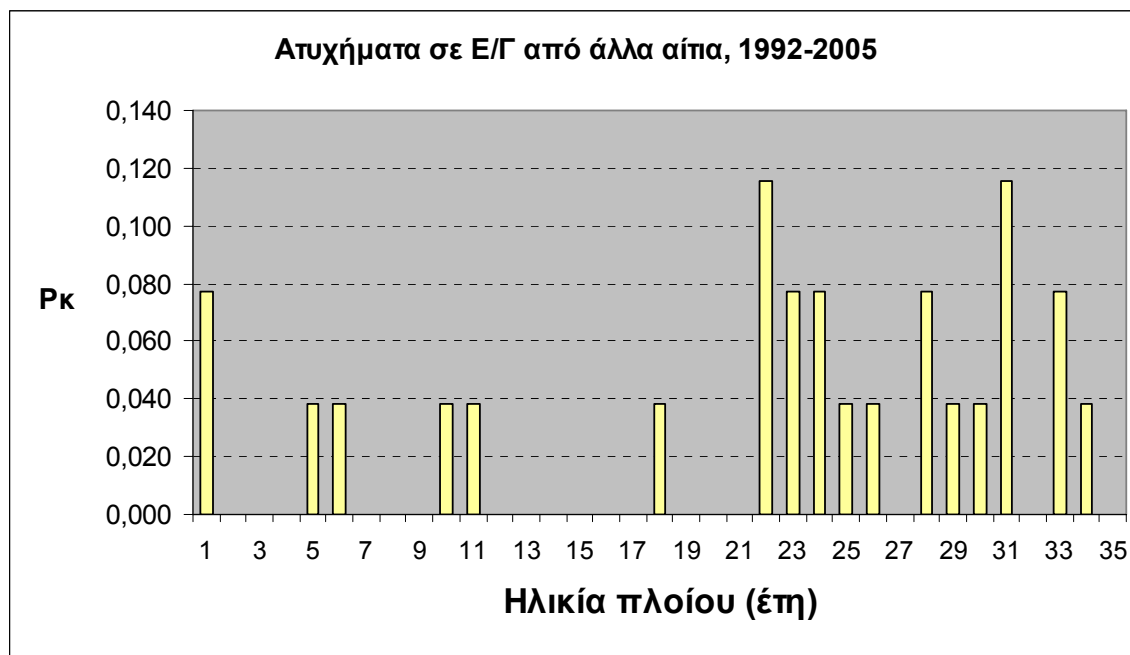


Σχήμα 6.4 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για την ηλικία των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005

Έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί η αντίστοιχη συνάρτηση για τα επιβατηγά πλοία που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία (**Σχήμα 6.5**). Και σε αυτή την περίπτωση τα πράγματα δεν είναι πολύ διαφορετικά. Η μετατόπιση της συνάρτησης προς τα πλοία μεγαλύτερης ηλικίας είναι και εδώ σημαντική. Τα ατυχήματα στα πλοία 18-35 ετών καλύπτουν το 77% επί του συνόλου των ατυχημάτων από άλλα αίτια των επιβατηγών πλοίων στην

Ελλάδα αυτήν την περίοδο. Αυτό που θα πρέπει να αναφερθεί είναι η μεγαλύτερη τιμή της τυπικής απόκλισης που παρατηρείται σε αυτήν περίπτωση, κάτι το οποίο σημαίνει ότι οι ηλικίες των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία είναι περισσότερο διάσπαρτες από τις αντίστοιχες αυτών που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια.

Αυτό φαίνεται και από το γεγονός ότι παρόλο που η τυπική απόκλιση σ είναι μεγαλύτερη για την περίπτωση των ατυχημάτων από άλλα αίτια, το ποσοστό των τιμών που περικλείονται στο διάστημα $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$ σε αυτή την περίπτωση είναι μικρότερο από το αυτό για τα ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια, 65.38% και 68.75% αντίστοιχα.

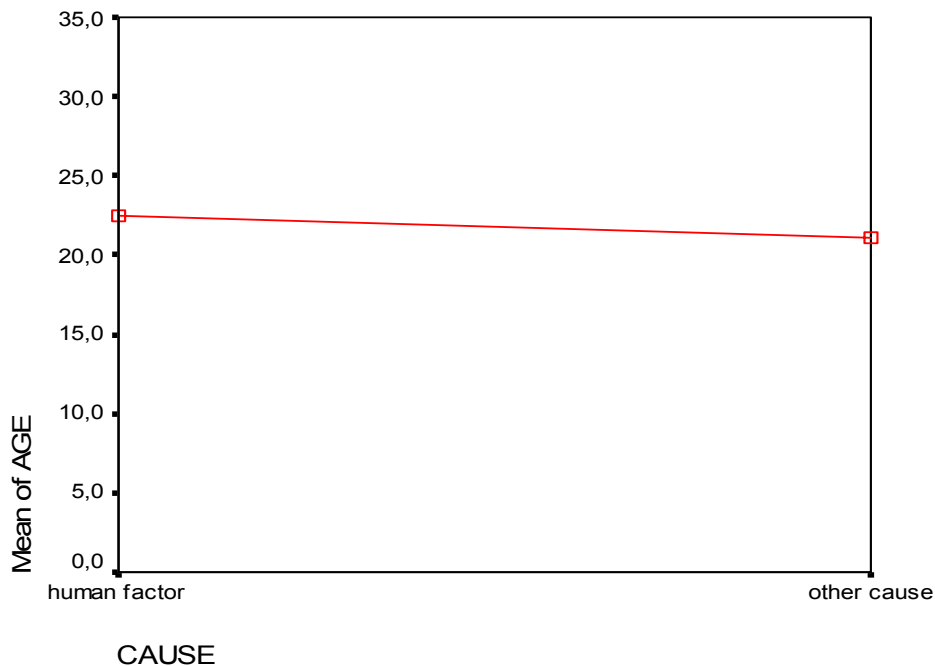


Σχήμα 6.5 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για την ηλικία των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια, 1992-2005

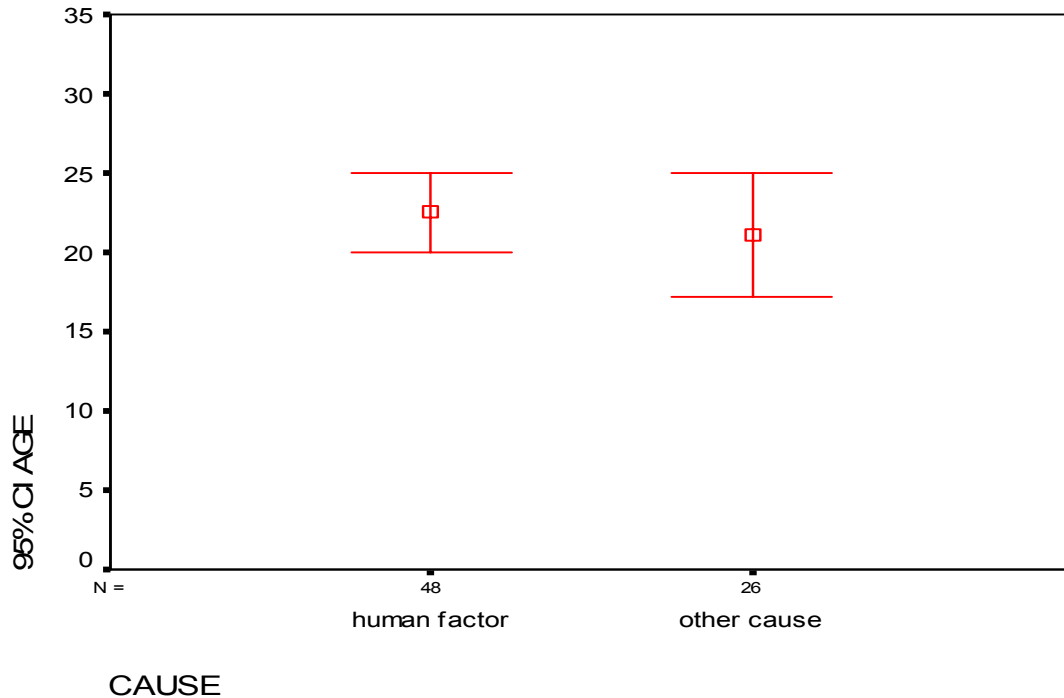
Αντίθετα, οι διαφορές τόσο στις μέσες τιμές όσο και στις ενδιάμεσες τιμές των δύο κατανομών δεν φαντάζουν σημαντικές. Μάλιστα με τη βοήθεια του Student's t-test (βλέπε §3.3) γίνεται σύγκριση του μέσου όρου της ηλικίας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια και εκείνων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία. Η ηλικία των Ε/Γ πλοίων που παθαίνουν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια είναι κατά μέσο όρο περίπου μισό χρόνο γηραιότερα από εκείνα που παθαίνουν ατύχημα από άλλη αιτία.

Αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική όπως αποδεικνύεται και από τα αποτελέσματα του τεστ ($t=0.638$, $p\text{-value}=0.525 > 0.05$), κάτι που επιβεβαιώνει την αρχική παρατήρηση.

Η παραπάνω διαπίστωση μπορεί να αποτυπωθεί πολύ καλά και γραφικά μέσω του **Σχήματος 6.6**, όπου φαίνεται ξεκάθαρα η μικρή διαφορά των μέσων τιμών, αλλά και με τη βοήθεια του *error bar chart* (**Σχήμα 6.7**) ,όπου πέρα από τη μέση τιμή, διακρίνονται τα άκρα του διαστήματος εμπιστοσύνης (95% confidence interval), που σημαίνει ότι σε αυτό το διάστημα θα βρίσκεται με πιθανότητα 0,95 η μέση τιμή της ηλικίας σε κάθε περίπτωση. Το διάστημα αυτό για την περίπτωση του ατυχήματος από άλλα αίτια είναι μεγαλύτερο αφού και η τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη σε αυτή την περίπτωση σε σχέση με τα ατυχήματα από ανθρώπινο παράγοντα.



Σχήμα 6.6 : Means plot “Ηλικία – Αιτία ατυχήματος”

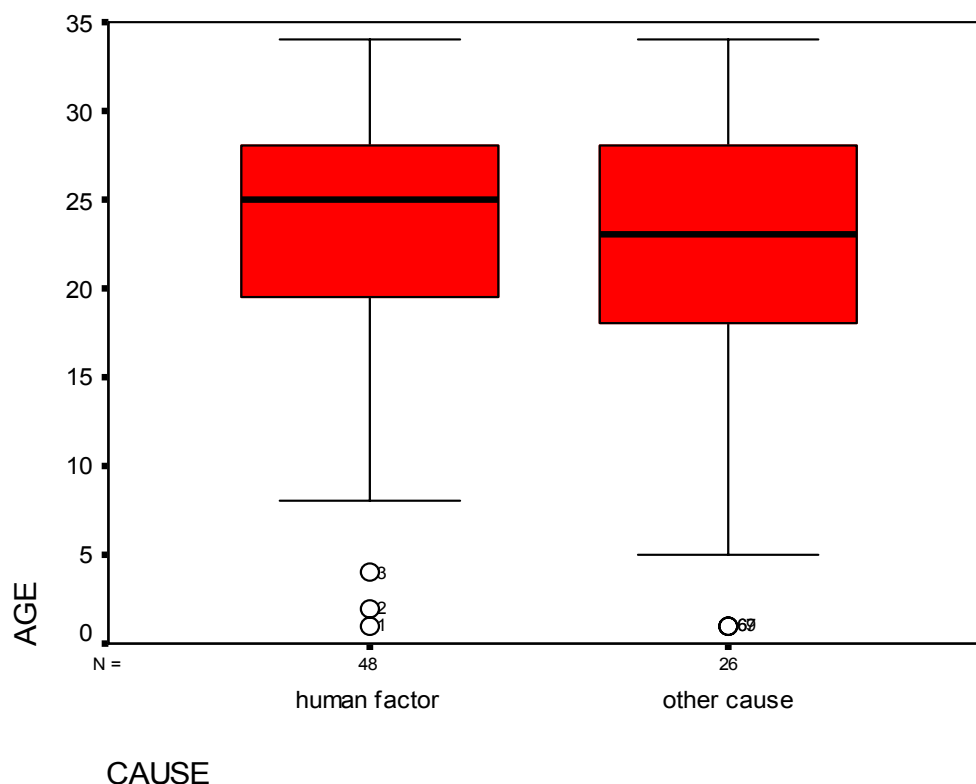


Σχήμα 6.7 : Error bar chart “Ηλικία – Αιτία ατυχήματος”

Παράλληλα, με τη βοήθεια του *side-by-side box plot* (Σχήμα 6.8) δύναται να παρατηρηθεί από άλλη οπτική η κατανομή μια μεταβλητής.

Για την εύκολη ανάγνωση του *side-by-side box plot* παρατίθενται τα παρακάτω στοιχεία:

- Το κουτί περιέχει το 50% των τιμών, καθώς το άνω όριο του κουτιού είναι το 75% των τιμών του δειγματικού χώρου και το κάτω όριο το 25%. Το διάστημα μεταξύ των δύο αυτών τιμών είναι γνωστό ως *interquartile range*.
- Η γραμμή μέσα στο κουτί δείχνει την ενδιάμεση τιμή της κατανομής
- Αν η γραμμή της ενδιάμεσης τιμής δεν ισαπέχει από τα δύο άκρα του κουτιού, τότε η κατανομή παρουσιάζει ασυμμετρία.
- Η άκρη των κάθετων γραμμών υποδηλώνει την μέγιστη και ελάχιστη τιμή, εξαιρουμένου των τιμών που θεωρούνται ακραίες. Το μήκος των κάθετων γραμμών δεν μπορεί να ξεπερνά 1.5 φορά το *interquartile range*.
- Οι “ακραίες τιμές” σημειώνονται ως ξεχωριστά σημεία.



Σχήμα 6.8 : *Side-by-side box plot* “Ηλικία – Αιτία ατυχήματος”

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 6.8 ο κύριος όγκος των ατυχημάτων και στις δύο περιπτώσεις αφορά τα πλοία ηλικίας άνω των 18 ετών, ενώ τα ατυχήματα των πλοίων κάτω των 6 ετών θεωρούνται “ακραίες περιπτώσεις”. Η κατανομή των ηλικιών των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια παρουσιάζει μεγαλύτερη ασυμμετρία, αλλά μεγαλύτερη “συνοχή” (μικρότερο interquartile range) από εκείνη που αφορά τα ατυχήματα από άλλα αίτια, καθώς συγκεντρώνονται σε μικρότερο εύρος ηλικιών.

Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές παράμετροι κατανομών των δύο διακριτών τυχαίων μεταβλητών..

Πίνακας 6.1 : Βασικές παράμετροι των σ.μ.π. για τις ηλικίες των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρ.αμέλεια και από άλλα αίτια, Ελλάδα, 1992-2005

	Ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια	Ατυχήματα από άλλα αίτια
Μέση τιμή (έτη)	22.52	21.96
Κορυφή (έτη)	23, 27, 28	22, 31
Ενδιάμεση τιμή (έτη)	25	24
Διασπορά (έτη ²)	73.92	98.34
Τυπική απόκλιση (έτη)	8.60	9.92
25% percentile (έτη)	19.75	18.5
75% percentile (έτη)	28	28
Interquartile range (έτη)	8.25	9.5
Ποσοστό τιμών επί του συνόλου στο διάστημα (μ-σ, μ+σ)	68.75%	65.38%

6.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ – ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

Όπως φάνηκε και από την παρουσίαση των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν, η εξέταση της συσχέτισης του ανθρωπίνου παράγοντα με την ηλικία του πλοίου (αλλά και με την χωρητικότητα και το είδος του ατυχήματος που ακολουθούν) θα πραγματοποιηθεί με παραπάνω από μία μεθόδους για να αυξηθεί έτσι η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, αλλά και για να εξαχθούν περαιτέρω ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Με τη βοήθεια του *Chi-Square Test For Independence : Contingency Table Analysis* (βλέπε §3.2.1) θα εξεταστεί η εν γένει ανεξαρτησία ή μη της ηλικίας ενός επιβατηγού πλοίου με την αιτία του ατυχήματος. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζεται ο πίνακας ενδεχομένων (*contingency table*) με τις παρατηρούμενες και τις αναμενόμενες τιμές.

Πίνακας 6.2 : Contingency table “Ηλικία - Αιτία ατυχήματος”

Ηλικία – Αιτία ατυχήματος	1992-2005				
	0-10 ετών	11-20 ετών	21-30 ετών	31-35 ετών	
Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια	9 (9.08)	5 (4.54)	28 (26.59)	6 (7.78)	48
Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία	5 (4.92)	2 (2.46)	13 (14.41)	6 (4.22)	26
	14	7	41	12	74

Για τις ανάγκες του τεστ τα πλοία που έπαθαν ατύχημα ταξινομήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες (0-10 ετών , 11-20 ετών , 21-30 ετών, 31-35 ετών). Το πλήθος των τιμών είναι αρκετά ικανοποιητικό για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του τεστ.

Οι υποθέσεις που εξετάζονται είναι :

H_0 : Η ηλικία του πλοίου και η αιτία του ατυχήματος είναι ανεξάρτητα

H_1 : Η ηλικία του πλοίου και η αιτία του ατυχήματος δεν είναι ανεξάρτητα

Πίνακας 6.3 : Αποτελέσματα Chi-Square Test για “Ηλικία - Αιτία ατυχήματος”

χ^2*	1.51
degrees of freedom	3
p-value	0.1 < p < 0.5

* $\chi^2_{0.05,3} = 7.82$

** $\alpha = 0.05$

Τα αποτελέσματα του τεστ (Πίνακας 6.3) δείχνουν ότι θα πρέπει να γίνει αποδεκτή η υπόθεση H_0 , άρα μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ηλικία ενός πλοίου δεν παίζει ρόλο στο αν ένα ατύχημα θα έχει ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα ή κάποια άλλη αιτία.

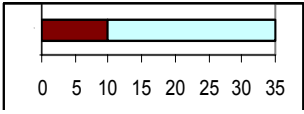
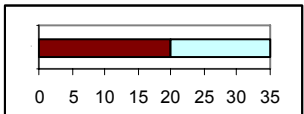
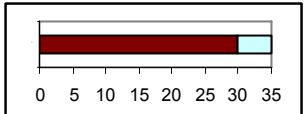
6.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΚΙΩΝ

Όλα τα μέχρι τώρα στοιχεία μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ηλικία ενός επιβατηγού πλοίου δεν αποτελεί παράγοντα που επηράζει την αιτία που θα προκαλέσει το ατύχημα, και πιο συγκεκριμένα αν αυτό θα είναι αποτέλεσμα ανθρωπίνου σφάλματος ή άλλων αιτιών. Παρακάτω, θα γίνει προσπάθεια να εξεταστούν πιο ενδελεχώς οι τυχούσες διαφορές που μπορούν να παρουσιαστούν ανάμεσα σε κατηγορίες πλοίων ανάλογα με την ηλικία τους και, κυρίως, ποιες ηλικίες πλοίων παρουσιάζονται πιο επιρρεπείς για εμπλοκή σε ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια.

Όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 6.4** - που παρουσιάζει τον δείκτη *odds ratio* συγκρίνοντας κάθε φορά δυο κατηγορίες πλοίων ανάλογα με την ηλικία - η πιθανότητα για ένα πλοίο έως 10 ετών να εμπλακεί σε ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια είναι σχεδόν ίδια (OR = 0.97) με την αντίστοιχη πιθανότητα για ένα πλοίο άνω των 10 ετών. Σχεδόν ίδια πιθανότητα για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια (OR = 1.12) παρουσιάζεται και για τα πλοία έως 20 ετών και άνω των 20 ετών αντίστοιχα.

Εκεί που τα πράγματα παρουσιάζουν μια μικρή διαφοροποίηση είναι κατά τη σύγκριση των επιβατηγών πλοίων έως 30 ετών και εκείνων άνω των 30 ετών, ουσιαστικά, δηλαδή, από 31 έως 35 ετών. Σε αυτή την περίπτωση τα πλοία ηλικίας έως 30 ετών παρουσιάζουν περίπου διπλάσια πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια σε σύγκριση με τα πλοία ηλικίας 31-35 ετών. Έτσι, ασχέτως με το γεγονός ότι η συχνότητα των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων ηλικίας 31-35 ετών είναι σχετικά χαμηλή, όπως είδαμε παραπάνω (**Σχήμα 6.1**), τα ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα σε αυτά τα πλοία παρουσιάζουν υποδιπλάσια τάση να έχουν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα σε σχέση με τα υπόλοιπα πλοία. Φυσικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται και από την ελάχιστη τιμή του διαστήματος εμπιστοσύνης (lower value of 95% confidence interval) που βρίσκεται κάτω από τη μονάδα (0.67), η τάση αυτή δεν είναι αρκετή ώστε να αποδειχθεί στατιστικά σημαντική, δηλαδή να θεωρηθούν η ηλικία του πλοίου και η αιτία του ατυχήματος μη ανεξάρτητα.

Πίνακας 6.4 : Odds ratio, 95% confidence interval και ln(OR) για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια με βάση την ηλικία επιβατηγού πλοίου

		Odds ratio (OR)	95% CI for OR	ln(OR)
	Ε/Γ ηλικίας μέχρι 10 ετών	0.97	0.29 – 3.24	-0.03
	Ε/Γ ηλικίας μέχρι 20 ετών	1.12	0.39 – 3.21	0.11
	Ε/Γ ηλικίας μέχρι 30 ετών	2.10	0.67 – 6.60	0.74

Μιλώντας με συγκεκριμένους αριθμούς, την περίοδο 1992-2005 καταμετρήθηκαν 12 ατυχήματα επιβατηγών πλοίων στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο για πλοία ηλικίας 31-35 ετών, από τα οποία τα μισά, έξι δηλαδή, είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα και τα υπόλοιπα μισά άλλα αίτια, ποσοστό 50%. Αντίθετα, για τα επιβατηγά πλοία 0-30 ετών το ποσοστό των ατυχημάτων από ανθρώπινο παράγοντα σε σχέση με εκείνα από άλλα αίτια ήταν 68%. Μια πιθανή εξήγηση για το φαινόμενο αυτό είναι, ίσως, η “χαλάρωση” των μέτρων που λαμβάνονταν για τη συντήρηση των πλοίων στις περιπτώσεις που εκείνα οδηγούνταν σύντομα σε παροπλισμό.

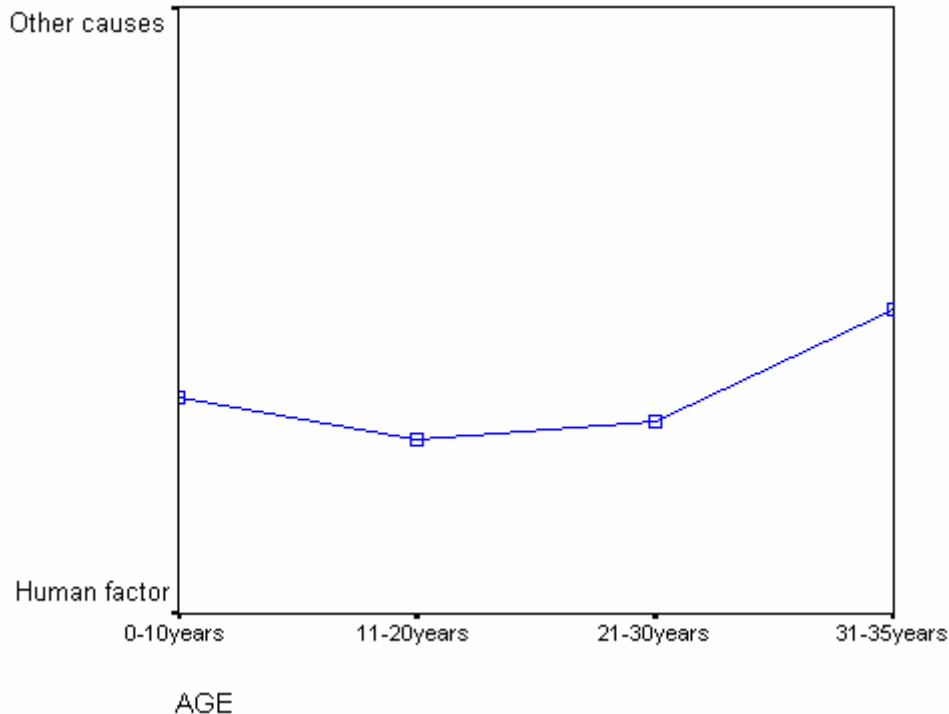
6.5.1 Απεικόνιση τάσης προς ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα

Η χρησιμοποίηση της αιτίας του ατυχήματος ως εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να φαντάζει αδόκιμη, όμως η γραφική απεικόνιση μέσω των παρακάτω διαγραμμάτων προσφέρεται για χρήσιμα και άμεσα συμπεράσματα, καθώς απεικονίζει εύγλωττα την τάση που παρουσιάζεται για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια ή άλλα αίτια με βάση την ηλικία του πλοίου. Ουσιαστικά, πρόκειται για χρήση της *fuzzy logic*, ή αλλιώς της ασαφούς λογικής

Η fuzzy logic αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο αντίληψης της κλασσικής διωνυμικής λογικής, όπως για παράδειγμα το “σωστό” ή “λάθος”. Με τη fuzzy logic το αντίστοιχο θέμα μπορεί να παρουσιαστεί με βαθμούς ελικρίνειας και ανακρίβειας. Για παράδειγμα η πρόταση : “ Σήμερα ο καιρός είναι ηλιόλουστος” μπορεί να είναι 100% σωστή αν δεν υπάρχουν καθόλου σύννεφα, 80% σωστή αν υπάρχουν λίγα σύννεφα, 50% σωστή αν έχει εμφανή συννεφιά και 0% σωστή αν βρέχει όλη μέρα.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της λογικής αυτής είναι :

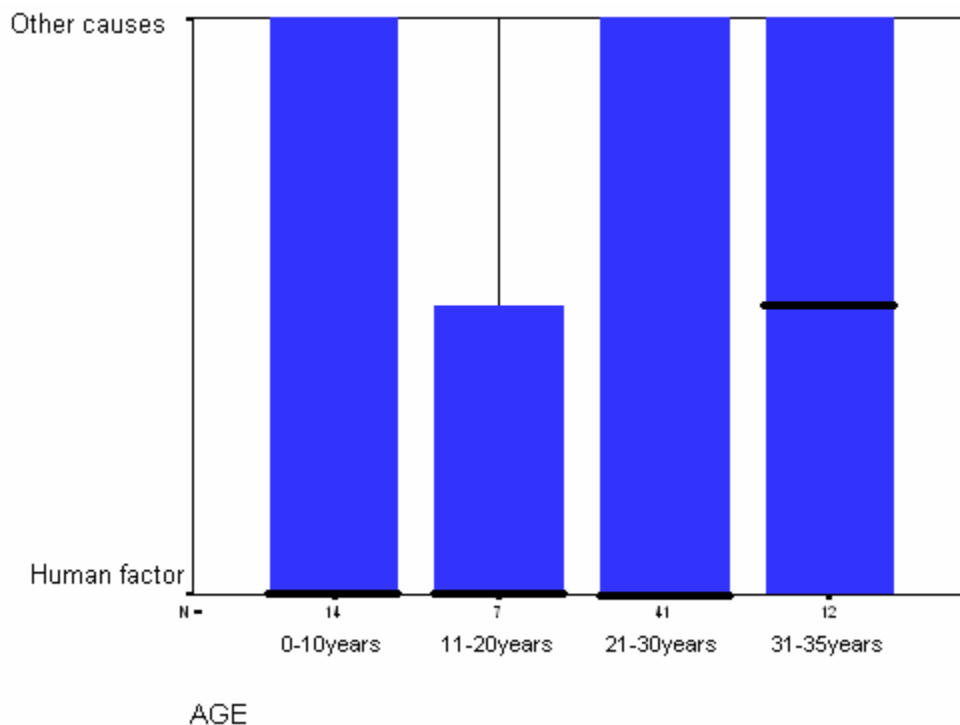
- ♦ Στη fuzzy logic η ακριβής θεώρηση γίνεται αντιληπτή ως οριακή κατάσταση της κατά προσέγγιση θεώρησης.
- ♦ Στη fuzzy logic τα πάντα είναι ζήτημα βαθμίδας.
- ♦ Κάθε ορθολογικό σύστημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με την ασαφή λογική.
- ♦ Στη fuzzy logic, η γνώση ερμηνεύεται ως συλλογή εύκολα προσαρμόσιμων ή, ισοδύναμα, ασαφών περιορισμών πάνω στις μεταβλητές.
- ♦ Το συμπέρασμα θεωρείται ως μία διαδικασία επέκτασης των ασαφών περιορισμών.



Σχήμα 6.9 : Means plot “Αιτία ατυχήματος – Ηλικία”

Στο **Σχήμα 6.9** φαίνεται καθαρά αυτό που αποκαλύφθηκε μέσω του *odds ratio*, καθώς για τις τρεις πρώτες κατηγορίες (0-10 ετών, 11-20 ετών, 21-30 ετών) η τάση προς τα ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια είναι εμφανής και κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, με εντονότερη εκείνη που παρουσιάζεται για τα πλοία 11-20 ετών. Αντίθετα για τα επιβατηγά πλοία ηλικίας 31-35 ετών παρουσιάζεται ισορροπία, όπως αναμενόταν άλλωστε, καθώς, όπως προαναφέρθηκε, την περίοδο 1992-2005 έλαβαν χώρα ίσος αριθμός ατυχημάτων από ανθρώπινη αμέλεια και από άλλα αίτια για τα επιβατηγά πλοία ηλικίας 31-35 ετών.

Τέλος, παρόμοια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν και μέσω του *side-by-side box plot* (**Σχήμα 6.10**). Απόλυτη συμμετρία για τα πλοία ηλικίας 31-35 ετών, ενώ στον αντίποδα βρίσκονται τα επιβατηγά πλοία ηλικίας 11-20 ετών που η τάση τους για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια είναι, και εδώ, ιδιαίτερα εμφανής.



Σχήμα 6.10 : Side-by-side box plot “Αιτία ατυχήματος - Ηλικία”

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ – ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΛΟΙΟΥ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

7.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΣΥΝΕΧΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΛΟΙΩΝ

7.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ-ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΠΛΟΙΟΥ

7.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ

7.5.1 Απεικόνιση τάσης προς ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα

7.6 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ (“*DISTRIBUTION FITTING*”)

7.6.1 Παρουσίαση προγράμματος “Best Fit Version 4.5”

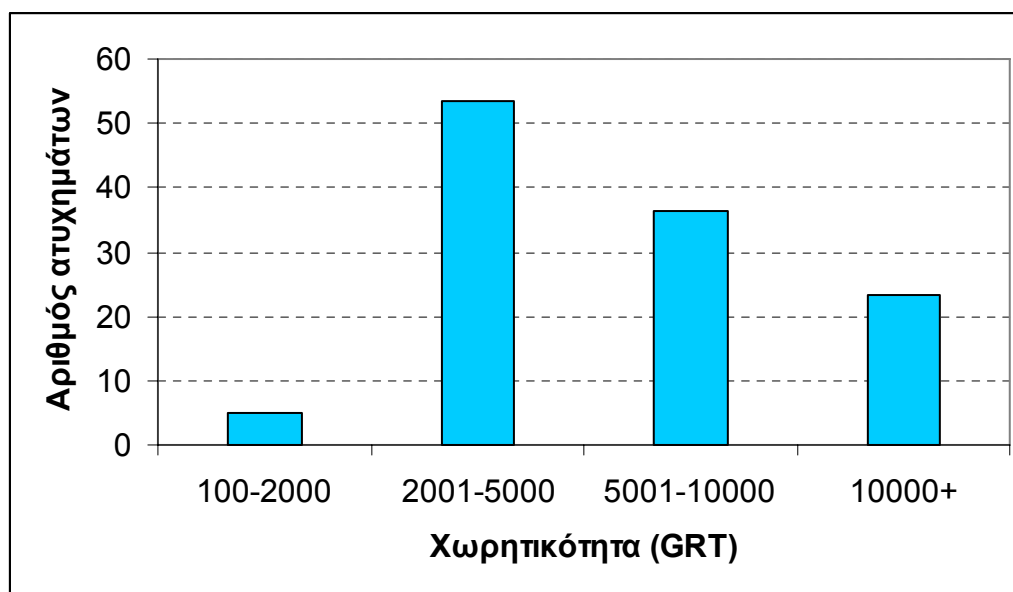
7.6.2 Επιλογή κατάλληλων ειδικών κατανομών

7.7 ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα επιβατηγά πλοία είναι ένας από τους τρεις τύπους πλοίων που το μέγεθός τους παρουσιάζεται ως παράγοντας που επηρεάζει την πρόκληση ναυτικών ατυχημάτων (οι άλλοι δύο τύποι πλοίων είναι τα φορτηγά φορτίου χύδην και τα φορτηγά γενικού φορτίου). Συγκεκριμένα για το έτος 1994 και σε παγκόσμια κλίμακα τα αποτελέσματα της ανάλυσης δείχνουν ότι ο κίνδυνος ατυχήματος σε ένα επιβατηγό πλοίο αυξάνεται με το μέγεθός του (Ψαράυτης et.al., 1998).

Για την περίοδο 1992-2005 και για τα ναυτικά ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο τα αποτελέσματα δείχνουν διαφοροποιημένα (**Σχήμα 7.1**). Η πλέον επικίνδυνη κατηγορία πλοίων για ατύχημα φαίνεται να είναι τα επιβατηγά πλοία μεγέθους από 2001 – 5000 GRT, ενώ η συχνότητα των ατυχημάτων μειώνεται σταδιακά για τα πλοία μεγαλύτερου μεγέθους. Η εξαιρετικά μικρή συχνότητα ατυχημάτων για τα πλοία 100 – 2000 GRT ενδέχεται να είναι πλασματική λόγω της μειωμένης ενημέρωσης γύρω από τα ατυχήματα των μικρών πλοίων.



Σχήμα 7.1 : Συχνότητα ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων ως συνάρτηση του μεγέθους (ανά 100 πλοία) , Ελλάδα, 1992-2005

7.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΣΥΝΕΧΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

-Η έννοια της συνεχούς τυχαίας μεταβλητής

Όταν οι τιμές της τυχαίας μεταβλητής μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή μέσα σε ένα δεδομένο διάστημα, τότε η τυχαία μεταβλητή αυτή είναι μια **συνεχής μεταβλητή**.

-Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας

Αν X μια συνεχής τυχαία μεταβλητή, η πιθανότητα να πάρει η X μια ορισμένη τιμή είναι γενικά μηδέν. Συνεπώς δεν μπορεί να οριστεί μια συνάρτηση πιθανότητας όπως για μια διακριτή μεταβλητή. Για να οριστεί η κατανομή πιθανότητας για μια συνεχή τυχαία μεταβλητή παρατηρείται ότι η πιθανότητα να βρίσκεται η X μεταξύ δύο διαφορετικών τιμών έχει νόημα.

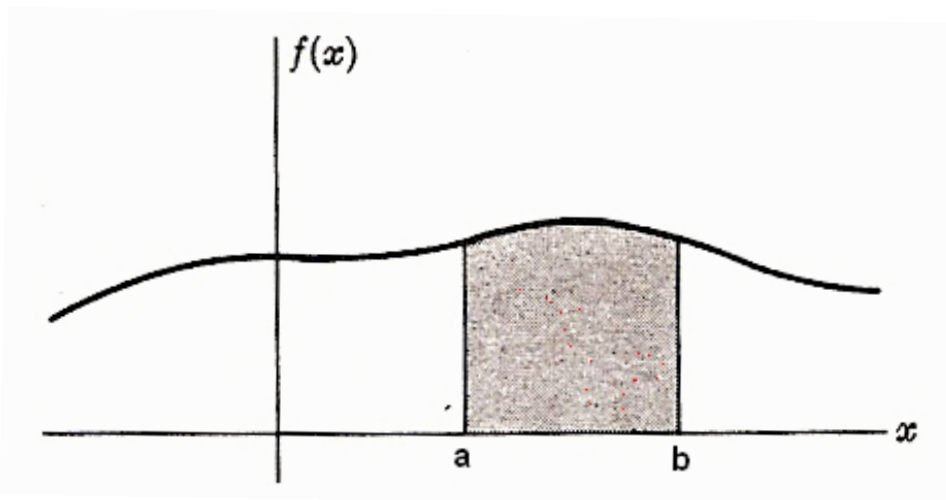
Η πιθανότητα να πάρει η X τιμές μεταξύ a και b ορίζεται από τη σχέση :

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx$$

Η συνάρτηση $f(x)$ καλείται **συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (σ.π.π.)**.

Για τη συνάρτηση $f(x)$ ισχύουν :

1. $f(x) \geq 0$
2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$



Σχήμα 7.2 : Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης σ.π.π.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μπορεί να παρασταθεί γραφικά με μία καμπύλη, όπως στο **Σχήμα 7.2**. Επειδή $f(x) \geq 0$, η καμπύλη δεν κατεβαίνει ποτέ κάτω από τον άξονα των x . Επίσης, το εμβαδό μεταξύ της καμπύλης και του άξονα x ισούται με 1. Τέλος, η πιθανότητα να είναι η X μεταξύ a και b παριστάνεται γεωμετρικά από το σκιασμένο εμβαδό.

-Σημαντικές παράμετροι κατανομών συνεχών τυχαίων μεταβλητών

i) **Μέση τιμή (Mean)** : Ονομάζεται η ποσότητα $\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$, όπου $f(x)$ η σ.π.π. της τυχαίας μεταβλητής X .

ii) **Ενδιάμεση τιμή (Median)** : Είναι η τιμή για την οποία ισχύει ότι οι μισές τιμές της κατανομής είναι ίσες ή μικρότερες από αυτήν και οι άλλες μισές είναι ίσες ή μεγαλύτερες από αυτήν. Για παράδειγμα, για τον δειγματικό χώρο (2, 3, 7, 7, 15, 32, 45) η ενδιάμεση τιμή είναι το 7.

iii) **Διασπορά (Variance)** : Είναι η μέση τιμή της συνάρτησης $g(x) = (x-\mu)^2$:

$$\text{Var}(X) = V(X) = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x)dx$$

Η διασπορά δείχνει πόσο “μακριά” βρίσκονται οι τιμές της σ.π.π. από τη μέση τιμή.

iv) **Τυπική απόκλιση (Standard deviation)** : Ονομάζεται η θετική τετραγωνική ρίζα της διασποράς :

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}(X)}$$

v) **Ασυμμετρία (Skewness)** : Ονομάζεται η ποσότητα :

$$\alpha = \frac{1}{\sigma^3} E[(x-\mu)^3]$$

Είναι μέτρο της καμπύλης της κατανομής και δείχνει την ασυμμετρία της (όσο αυξάνεται η τιμή της, αυξάνεται και η ασυμμετρία της).

vi) **Κύρτωση (Kurtosis)** : Ονομάζεται η ποσότητα :

$$\kappa = \frac{1}{\sigma^4} E[(X-\mu)^4]$$

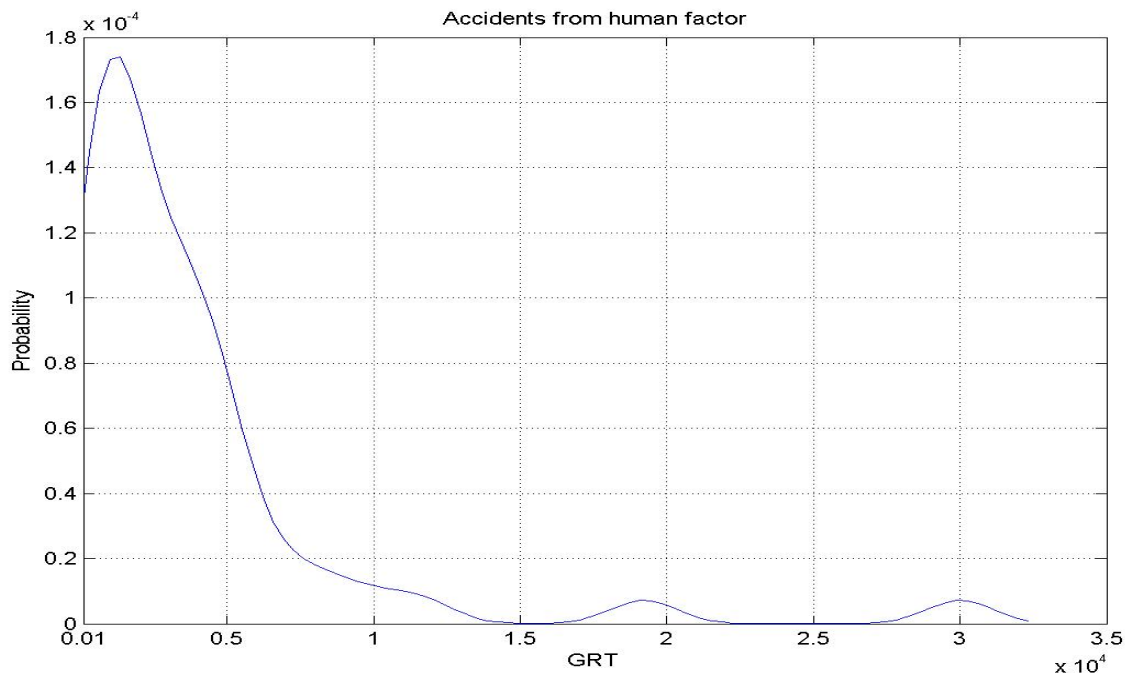
Είναι μέτρο της καμπύλης της κατανομής και δείχνει πόσο “επίπεδη” ή “οξεία” είναι η κατανομή (όσο αυξάνεται η τιμή της, αυξάνεται και η οξύτητα της).

7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΛΟΙΩΝ

Όπως και στην περίπτωση που εξετάζοταν η ηλικία ενός επιβατηγού πλοίου σε σχέση με την αιτία του ατυχήματος, έτσι και εδώ θα προηγηθεί η ανάλυση των κατανομών των τιμών της χωρητικότητας των πλοίων που ενεπλάκησαν σε ατύχημα.

Οι χωρητικότητες των πλοίων αποτελούν συνεχή κατανομή καθώς μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή από 100 GRT (καθώς η βάση δεδομένων αναφέρεται στα Ελληνικά εμπορικά πλοία άνω των 100 GRT) έως θεωρητικά το $+\infty$ (πρακτικά το μεγαλύτερο επιβατηγό πλοίο που περιέχεται στη λίστα με τα ναυτικά ατυχήματα είναι 30010 GRT).

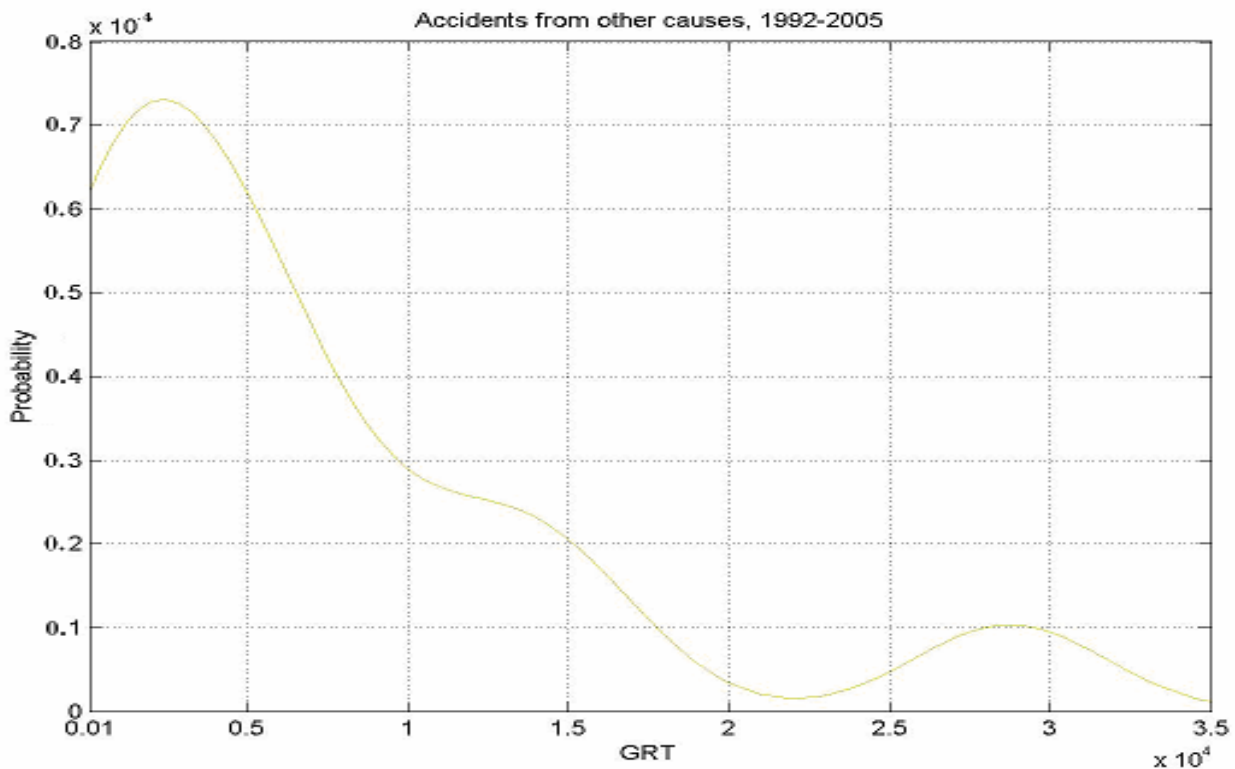
Με τη βοήθεια του προγράμματος *MATLAB 6.5* αναπαραστάθηκαν γραφικά οι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας της χωρητικότητας των Ελληνικών επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια και από άλλα αίτια (ο αλγόριθμος κώδικας που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ).



Σχήμα 7.3 : Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για την χωρητικότητα των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005

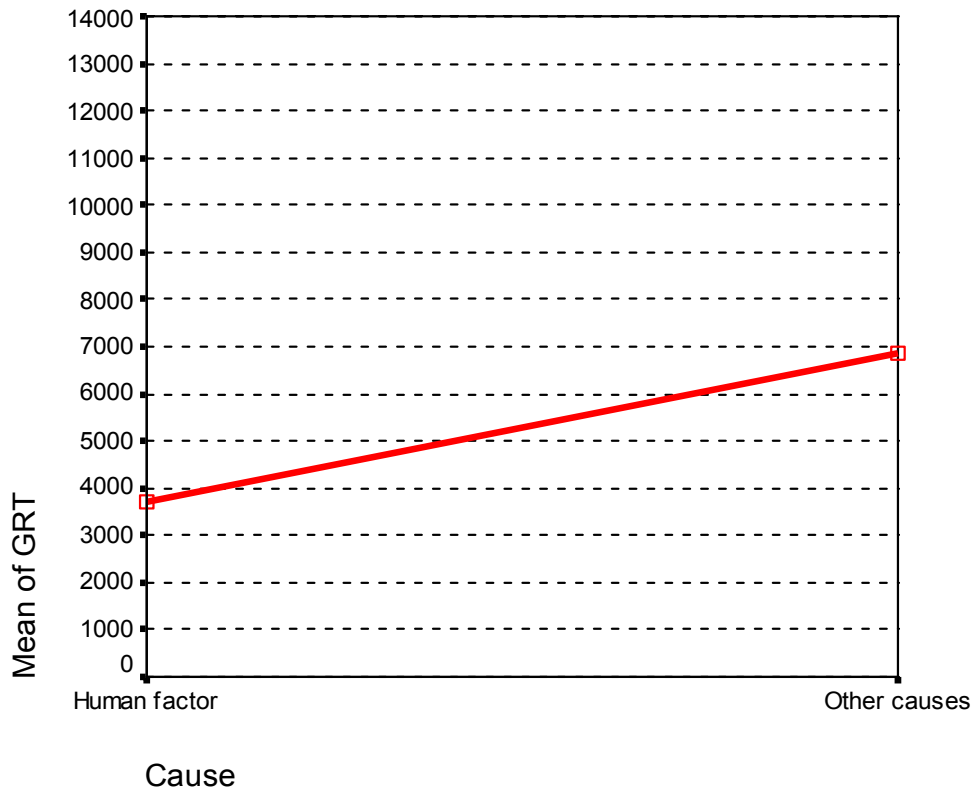
Παρατηρώντας τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για τα Ε/Γ πλοία που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια (Σχήμα 7.3), εύκολα διακρίνει κανείς τη μετατόπιση της καμπύλης προς τα πλοία μικρής χωρητικότητας. Μάλιστα το 81.25% επί του συνόλου των ατυχημάτων από ανθρώπινη αμέλεια αφορά τα πλοία χωρητικότητας έως 5000 GRT, κάτι μάλλον αναμενόμενο κρίνοντας από το ποσοστό των πλοίων αυτής της χωρητικότητας επί του συνόλου των επιβατηγών πλοίων (89.33%).

Εκεί, όμως που τα πράγματα διαφοροποιούνται τελείως είναι στα ατυχήματα από άλλα αίτια (Σχήμα 7.4). Το αντίστοιχο ποσοστό για τα επιβατηγά πλοία έως 5000 GRT είναι μόλις 53.85%, ενώ χαρακτηριστική είναι και η διαφορά στην τυπική απόκλιση των δύο κατανομών ($\sigma_o = 8005$ GRT για τα ατυχήματα από άλλα αίτια έναντι $\sigma_h = 5184$ για εκείνα από ανθρώπινη αμέλεια).



Σχήμα 7.4 : Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για την χωρητικότητα των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια, 1992-2005

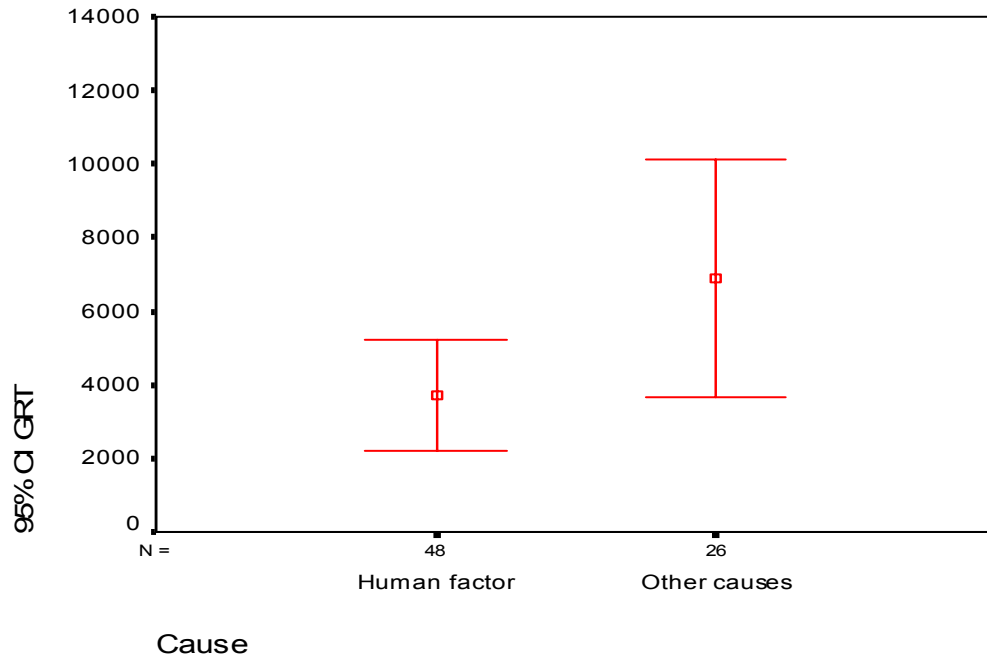
Έχει ενδιαφέρον να εξετάσουν οι διαφορές δύο σημαντικών παραμέτρων των κατανομών : του μέσου όρου και της ενδιάμεσης τιμής. Με τη βοήθεια του *Student's t-test* (βλέπε §3.3) έγινε σύγκριση μεταξύ του μέσου όρου της χωρητικότητας των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια και του μέσου όρου της χωρητικότητας των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια, που είναι περίπου 1.8 φορές μεγαλύτερος από τον πρώτο ($\mu_o=6871.2$ GRT έναντι $\mu_h = 3729.3$ GRT) (Σχήμα 7.5). Τα αποτελέσματα του τεστ αποδεικνύουν ότι αυτή η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($t=-2.045$, $p\text{-value}=0.044 < 0,05$), απορρίπτοντας έτσι την αρχική υπόθεση H_0 ότι οι μέσες τιμές των δύο κατανομών δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.



Σχήμα 7.5 : Means plot “Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος”

Χαρακτηριστικό της σημαντικής διαφοράς ανάμεσα στις τιμές των δύο μέσων όρων είναι ότι το άνω άκρο του διαστήματος εμπιστοσύνης (95% confidence interval) του μέσου όρου της χωρητικότητας των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη

αμέλεια βρίσκεται χαμηλότερα από το μέρο όρο της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια (Σχήμα 7.6).



Σχήμα 7.6 : Error bar chart “Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος”

Η σύγκριση των ενδιάμεσων τιμών των δύο κατανομών έγινε με βάση το *Wilcoxon Signed-Rank Test* (βλέπε §3.2.2.1) χρησιμοποιώντας τις εξής υποθέσεις :

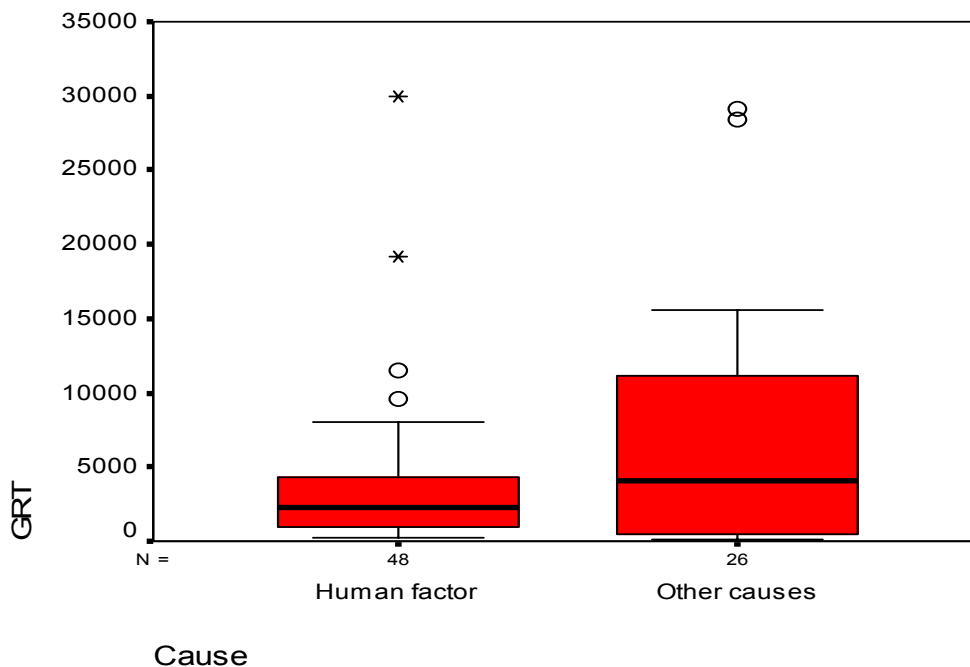
H₀ : Η ενδιάμεση τιμή της κατανομής της χωρητικότητας (GRT) των E/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια είναι ίδια με την ενδιάμεση τιμή χωρητικότητας E/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία..

H₁ : Η ενδιάμεση τιμή της κατανομής της χωρητικότητας (GRT) των E/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια είναι μικρότερη από την ενδιάμεση τιμή χωρητικότητας E/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ($z^* < -z_{\alpha}$) απορρίπτεται η υπόθεση H₀ και γίνεται δεκτή η υπόθεση H₁, κάτι που δείχνει ότι και η διαφορά των δύο ενδιάμεσων τιμών είναι στατιστικά σημαντική.

Στο Σχήμα 7.7 παρατίθεται το *side-by-side box plot* όπου είναι φανερή η μεγαλύτερη διασπορά της κατανομής της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από

ανθρώπινη αμέλεια, καθώς και ότι τα ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια παρουσιάζουν μεγάλη συγκέντρωση στα επιβατηγά πλοία μικρότερης χωρητικότητας.



Σχήμα 7.7 : Side-by-side box plot “Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος”

Πίνακας 7.1 : Βασικές παράμετροι των σ.π.π. για τις χωρητικότητες των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρ.αμέλεια και από άλλα αίτια, Ελλάδα, 1992-2005

	Ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια	Ατυχήματα από άλλα αίτια
Μέση τιμή (GRT)	3729.3	6871.2
Ενδιάμεση τιμή (GRT)	2271	4052.5
Διασπορά (GRT ²)	26,314,766	61,612,599
Τυπική απόκλιση (GRT)	5184.1	8004.8
25% percentile (GRT)	956	555.5
75% percentile (GRT)	4243.75	10246.75
Interquartile range (GRT)	3287.75	9691.25
Ασσυμετρία	3.41	1.60
Κύρτωση	16.30	4.92

Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές παράμετροι κατανομών των δύο συνεχών τυχαίων μεταβλητών.

7.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ-ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΠΛΟΙΟΥ

Η παρατήρηση και η ανάλυση των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας, καθώς και των σημαντικών παραμέτρων των δύο κατανομών δείχνουν, σε πρώτο βαθμό, μια γενικότερη σύνδεση της αιτίας του ατυχήματος με το μέγεθος του επιβατηγού πλοίου και ειδικότερα μια μεγαλύτερη κλίση των πλοίων μικρότερου μεγέθους να εμπλακούν σε ναυτικό ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα. Παρακάτω, θα γίνει προσπάθεια επιβεβαίωσης ή απόρριψης της σύνδεσης αιτίας ατυχήματος – μεγέθους πλοίου και εστίασης σε ποιες ομάδες μεγεθών πλοίων παρουσιάζεται η ενδεχόμενη τάση για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια ή από άλλη αιτία.

Πίνακας 7.2 : Contingency table “Μέγεθος - Αιτία ατυχήματος”

Μέγεθος – Αιτία ατυχήματος	1992-2005				
	100-2000 GRT	2001-5000 GRT	5001-10000 GRT	10001+ GRT	
Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια	22 (18.81)	17 (14.92)	6 (7.78)	3 (6.49)	48
Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία	7 (10.19)	6 (8.08)	6 (4.21)	7 (3.51)	26
	29	23	12	10	74

Για την πραγματοποίηση του *Chi-Square Test For Independence : Contingency Table Analysis* (βλέπε §3.2.1) χωρίζουμε τα επιβατηγά πλοία που έπαθαν ατύχημα σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθός τους : “100 – 2000 GRT”, “ 2001 – 5000 GRT”, “ 5001 – 1000 GRT”, “10000+ GRT”. Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζεται ο πίνακας ενδεχομένων (*contingency table*) με τις παρατηρούμενες και τις αναμενόμενες τιμές.

Οι υποθέσεις που εξετάζονται είναι :

H_0 : Το μέγεθος του πλοίου και η αιτία του ατυχήματος είναι ανεξάρτητα

H_1 : Το μέγεθος του πλοίου και η αιτία του ατυχήματος δεν είναι ανεξάρτητα

Τα αποτελέσματα του τεστ (Πίνακας 7.3) οδηγούν στην απόρριψη της υποθέσεως H_0 και στην αποδοχή της υποθέσεως H_1 , άρα είναι ξεκάθαρη πια η συσχέτιση της αιτίας των ναυτικών ατυχημάτων στα επιβατηγά πλοία στην Ελλάδα με το μέγεθός τους.

Πίνακας 7.3 : Αποτελέσματα Chi-Square Test για “Μέγεθος - Αιτία ατυχήματος”

χ^2 *	8.86
degrees of freedom	3
p-value	0,010<P<0,025

* $\chi^2_{0.05,3} = 7.82$

** $\alpha = 0.05$

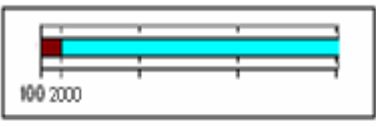
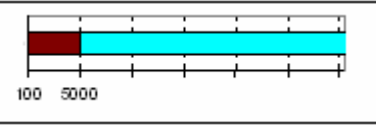
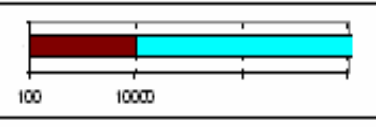
7.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ

Με τη βοήθεια του odds ratio (βλέπε §3.5) γίνεται σύγκριση κάθε φορά ανάμεσα σε δύο κατηγορίες μεγεθών επιβατηγών πλοίων όσον αφορά την πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα και τα αποτελέσματα είναι άκρως ενδεικτικά (Πίνακας 7.4). Τα πλοία μεγέθους έως 2000 GRT έχουν 2.3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια από τα υπόλοιπα πλοία. Η πιθανότητα αυτή σχεδόν διπλασιάζεται (4.33 φορές) κατά τη σύγκριση των πλοίων έως 5000 GRT με τα υπόλοιπα πλοία. Τέλος τα πλοία από 100 έως 10000 GRT έχουν 453% (ή αλλιώς 5.53 φορές) μεγαλύτερη πιθανότητα το ατύχημα τους να προέρχεται από ανθρώπινη αμέλεια σε σχέση με τα πλοία άνω των 10000 GRT, δηλαδή και εδώ παρουσιάζεται αύξηση αλλά μικρότερου ρυθμού. Η σπουδαιότητα όλων των παραπάνω που αναφέρθηκαν γίνεται καλύτερα αντιληπτή με την αναφορά ότι με βάση τα ατύχηματα που έλαβαν χώρα την περίοδο 1992-2005 στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο ένα επιβατηγό πλοίο έχει 85% ή αλλιώς 1.85 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακεί σε

ναυτικό ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα από ότι το ατύχημα αυτό να προέρχεται από άλλα αίτια.

Αυτό που πρέπει, επίσης, να σημειωθεί είναι ότι στις δύο τελευταίες περιπτώσεις (δηλαδή για τα πλοία έως 5000 GRT και τα πλοία έως 10000 GRT), η ελάχιστη τιμή του διαστήματος εμπιστοσύνης (lower value of 95% confidence interval) είναι μεγαλύτερη της μονάδας, κάτι που ισχυροποιεί ακόμα περισσότερο τη θέση ότι αυτά τα πλοία έχουν μεγαλύτερη τάση για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια σε σχέση με τα μεγαλύτερα από αυτά επιβατηγά πλοία.

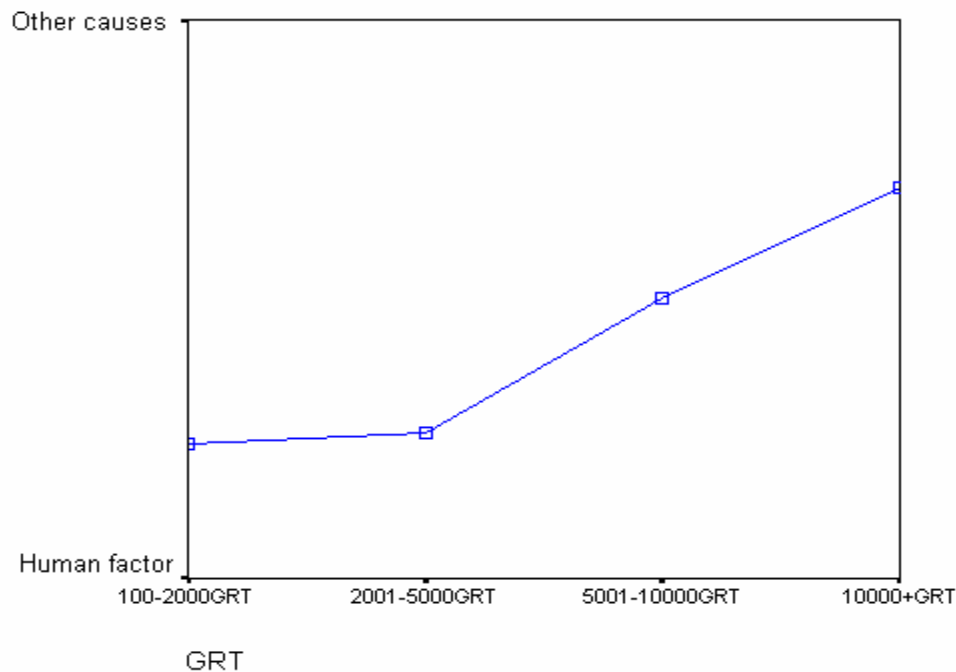
Πίνακας 7.4 : Odds ratio, 95% confidence interval και ln(OR) για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια με βάση το μέγεθος επιβατηγού πλοίου

		Odds ratio (OR)	95% CI for OR	ln(OR)
	Ε/Γ μεγέθους μέχρι 2000 GRT	2.30	0.85 – 6.21	0.83
	Ε/Γ μεγέθους μέχρι 5000 GRT	4.33	1.54 – 12.20	1.47
	Ε/Γ μεγέθους μέχρι 10000 GRT	5.53	1.33 – 23.02	1.71

7.5.1 Απεικόνιση τάσης προς ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα

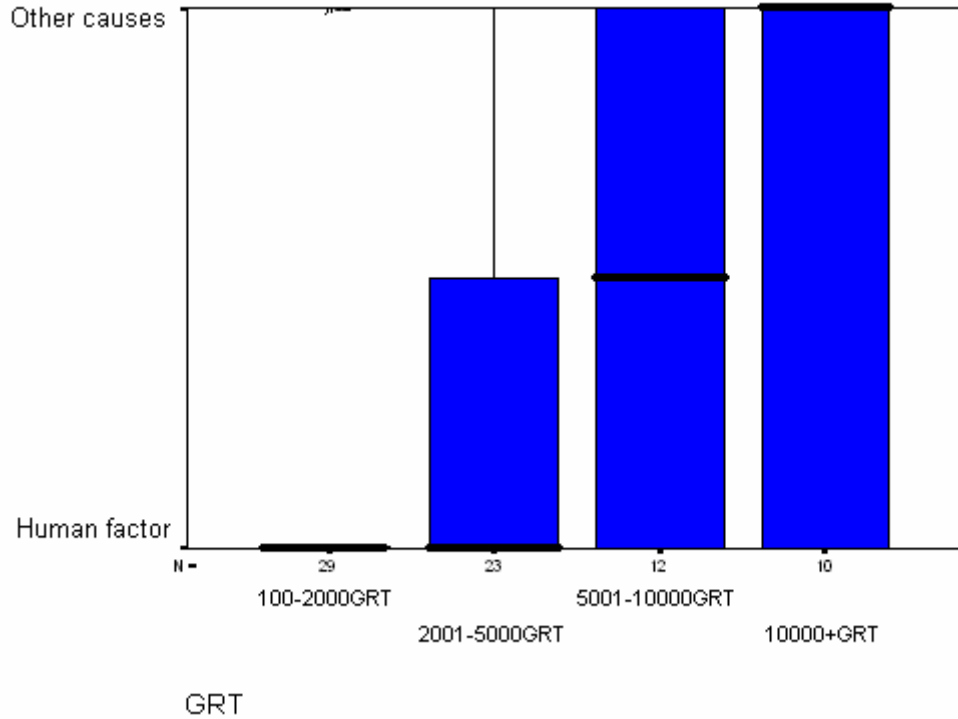
Οι διαφορές ανάμεσα στις κατηγορίες που μπορούν να ταξινομηθούν τα μεγέθη των επιβατηγών πλοίων, όσον αφορά την τάση τα ατύχηματα στα οποία εμπλέκονται να έχουν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα ή άλλα αίτια φαίνεται αδρά στα διαγράμματα που ακολουθούν, που δημιουργήθηκαν κάτω από τη πρίσμα της Fuzzy Logic (§6.5.1).

Στο **Σχήμα 7.8** παρουσιάζεται ξεκάθαρα η τάση στα πλοίων έως 5000 GRT, τα ατυχήματα τους να είναι κατά μεγάλο ποσοστό αποτέλεσμα ανθρώπινου παράγοντα. Η τάση αυτή ισορροπεί για τα επιβατηγά πλοία από 5001-10000 GRT, ενώ για εκείνα άνω των 10000 GRT υπάρχει πλήρη αντιστροφή καθώς είναι πιο επιρρεπή σε ατύχημα από άλλα αίτια. Συγκεκριμένα, την εξεταζόμενη περίοδο των 14 ετών έγιναν 10 ατύχηματα επιβατηγών πλοίων άνω των 10000 GRT και από αυτά μόλις τα 3 είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα, ενώ τα υπόλοιπα 7 άλλα αίτια.



Σχήμα 7.8 : Means plot “Αιτία ατυχήματος – Μέγεθος”

Τέλος, το φαινόμενο αυτό της αντιστροφής της τάσης για ατύχημα σε σχέση με την αιτία του (από ανθρώπινη αμέλεια προς άλλα αίτια) με την αύξηση του μεγέθους του πλοίου αποτυπώνεται και με τη βοήθεια του side-by-side box plot (σελ. 65) του **Σχήματος 7.9**.



Σχήμα 7.9 : Side-by-side box plot “Αιτία ατυχήματος – Μέγεθος”

Εδώ φαίνεται χαρακτηριστικά η απόλυτη ισορροπία στα ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων χωρητικότητας 5001-10000 GRT, καθώς από τα 12 ατυχήματα στα οποία υπέπεσαν πλοία αυτής της κατηγορίας την περίοδο 1992-2005, τα 6 είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα και τα άλλα 6 άλλα αίτια. Έτσι η ένδειξη της ενδιάμεσης τιμής βρίσκεται ακριβώς στη μέση, κάτι το οποίο έχει εξήγηση μόνο κάτω από την οπτική της *fuzzy logic*.

7.6 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ (“*DISTRIBUTION FITTING*”)

Η παραπάνω ανάλυση προσέφερε σημαντικά συμπεράσματα για το τι συνέβαινε στην Ελληνική ακτοπλοΐα την περίοδο 1992 – 2005. Παρακάτω εξετάζεται αν, και σε ποιο βαθμό, μπορούν οι τυχαίες κατανομές που προκύπτουν από την καταγραφή των τιμών της χωρητικότητας επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα να προσεγγιστούν με μια

από τις ειδικές συνεχείς κατανομές, όπως για παράδειγμα η ομοιόμορφη κατανομή, η εκθετική κατανομή, η κανονική κατανομή και άλλες.

Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να γίνει πιο εύκολα μια πρόβλεψη για το άμεσο μέλλον και τις πιθανότητες που έχει ένα επιβατηγό πλοίο ανάλογα με τη χωρητικότητά να εμπλακεί σε ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα ή άλλα αίτια. Επίσης, θα μπορεί στο μέλλον να γίνει μια άμεση σύγκριση με τα καινούρια στοιχεία που καταγράφονται και έτσι να παρακολουθείται κατά πόσο υπάρχει βελτίωση στον τομέα της ασφάλειας.

7.6.1 Παρουσίαση προγράμματος “Best Fit Version 4.5”

Η προσέγγιση της τυχαίας κατανομής που σχηματίζουν οι καταγεγραμμένες τιμές της χωρητικότητας των πλοίων με μία από τις ειδικές συνεχείς κατανομές (“*Distribution fitting*”) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος “*Best Fit Version 4.5*”. Η διαδικασία μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος βασίζεται σε πέντε βήματα :

1) Καθορισμός εισερχόμενων στοιχείων

Αρχικά γίνεται η εισαγωγή των τιμών του δείγματος στο πρόγραμμα και καθορίζεται ποιες από αυτές θα τεθούν προς ανάλυση. Για παράδειγμα, μπορεί να ζητηθεί να εξαιρεθούν όλες οι τιμές κάτω από το μηδέν.

2) Καθορισμός των ειδικών κατανομών που θα τεθούν προς εξέταση

Εδώ σημειώνεται αν οι τιμές αποτελούν στοιχεία διακριτής ή συνεχούς κατανομής. Παράλληλα δύναται να καθοριστούν τα όρια των ειδικών κατανομών που θα προσεγγίσουν τις εισερχόμενες τιμές. Στην περίπτωση της χωρητικότητας των επιβατηγών πλοίων τέθηκε ως κατώτατο όριο τα 100 GRT.

3) Διαδικασία προσέγγισης

Στο στάδιο αυτό το πρόγραμμα κάνει τους υπολογισμούς και παρουσιάζει τα αποτελέσματα του.

4) Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Είναι το σημαντικότερο στάδιο της διαδικασίας καθώς η σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων αποτελεί οδηγό για την σωστή επιλογή της κατανομής που προσεγγίζει καλύτερα τις τιμές του δειγματικού χώρου. Οι παράμετροι που κρίνουν αυτήν την επιλογή είναι :

- Βαθμονόμηση των κατανομών

Το πρόγραμμα ιεραρχεί τις ειδικές κατανομές με βάση τρία στατιστικά τεστ : το Chi-Square Statistic, το Kolmogorov-Smirinov Statistic και το Anderson-Darling Statistic. Στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν προτιμήθηκαν τα αποτελέσματα του Chi-Square Statistic (γνωστού και ως *goodness-of-fit statistic* (βλέπε §3.2.1)) καθώς τα άλλα δύο παρουσιάζουν μερικές αδυναμίες. Το Kolmogorov-Smirinov Statistic δεν εξετάζει επαρκώς τις διαφορές των δύο κατανομών (θεωρητικής και ειδικής κατανομής) στα ακρά, ενώ, αντίθετα, το Anderson-Darling Statistic ρίχνει το βάρος σε αυτά τα σημεία μη έχοντας καλά αποτελέσματα στη μέση των κατανομών.

- Γραφήματα

i) Comparison graph : Γίνεται σύγκριση οπτικά μεταξύ της κατανομής του δειγματικού χώρου και της ειδικής κατανομής και έτσι μπορεί να εστιάσει κανείς κατά πόσο είναι ικανοποιητική η προσέγγιση στα σημεία που κρίνονται βασικά για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

ii) Difference graph : Παρουσιάζεται η διαφορά μεταξύ της προσεγγιστικής και της θεωρητικής κατανομής.

iii) P-P (Probability-Probability) graph: Αποτυπώνει γραφικά την κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου σε σχέση με τη συνάρτηση κατανομής $F(x) = \int_{-\infty}^x f(u)du$. Αν η

προσέγγιση είναι καλή η σχέση θα είναι περίπου γραμμική.

iv) Q-Q (Quantile-Quantile) graph : Αποτυπώνει γραφικά τις ποσοστιαίες τιμές του δειγματικού χώρου σε σχέση με τις ποσοστιαίες τιμές του αποτελέσματος ($F^{-1}(x)$). Αν η προσέγγιση είναι καλή η σχέση θα είναι περίπου γραμμική.

- *Παράμετροι κατανομών*

Παρατίθενται οι τιμές των σημαντικών παραμέτρων των ειδικών κατανομών (όπως μέση τιμή, κορυφή, διασπορά και άλλες) και έτσι γίνεται άμεση σύγκριση με τις σημαντικές παραμέτρους της θεωρητικής κατανομής του δειγματικού χώρου.

- *P-Value* : Όσο η τιμή της p-value πλησιάζει στο μηδέν, τόσο λιγότερο σίγουροι είμαστε ότι η ειδική κατανομή προσεγγίζει την κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου. Αντίθετα, για τιμές κοντά στη μονάδα η ειδική κατανομή προσεγγίζει ικανοποιητικά την κατανομή που εξετάζεται.

- *Critical value* : Αν η τιμή του τεστ είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή (critical value) τότε η προσέγγιση γίνεται αποδεκτή. Οι κρίσιμες τιμές παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

5) Χρήση των αποτελεσμάτων

Τα διαγράμματα και γενικά όλα τα αποτελέσματα που υπολογίζει το πρόγραμμα μπορούν στη συνέχεια να εξαχθούν και να χρησιμοποιηθούν σε άλλο πρόγραμμα, όπως για παράδειγμα στο Excel για να τροποποιηθούν κατά βούληση τα διαγράμματα.

7.6.2 Επιλογή κατάλληλων ειδικών κατανομών

-Distribution fitting για ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια

Η εκτέλεση του προγράμματος για τις τιμές της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια έδειξε ότι η ειδική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών αυτών είναι η εκθετική κατανομή.

Η εκθετική κατανομή έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας :

$$f(x) = \frac{e^{-x/\beta}}{\beta}$$

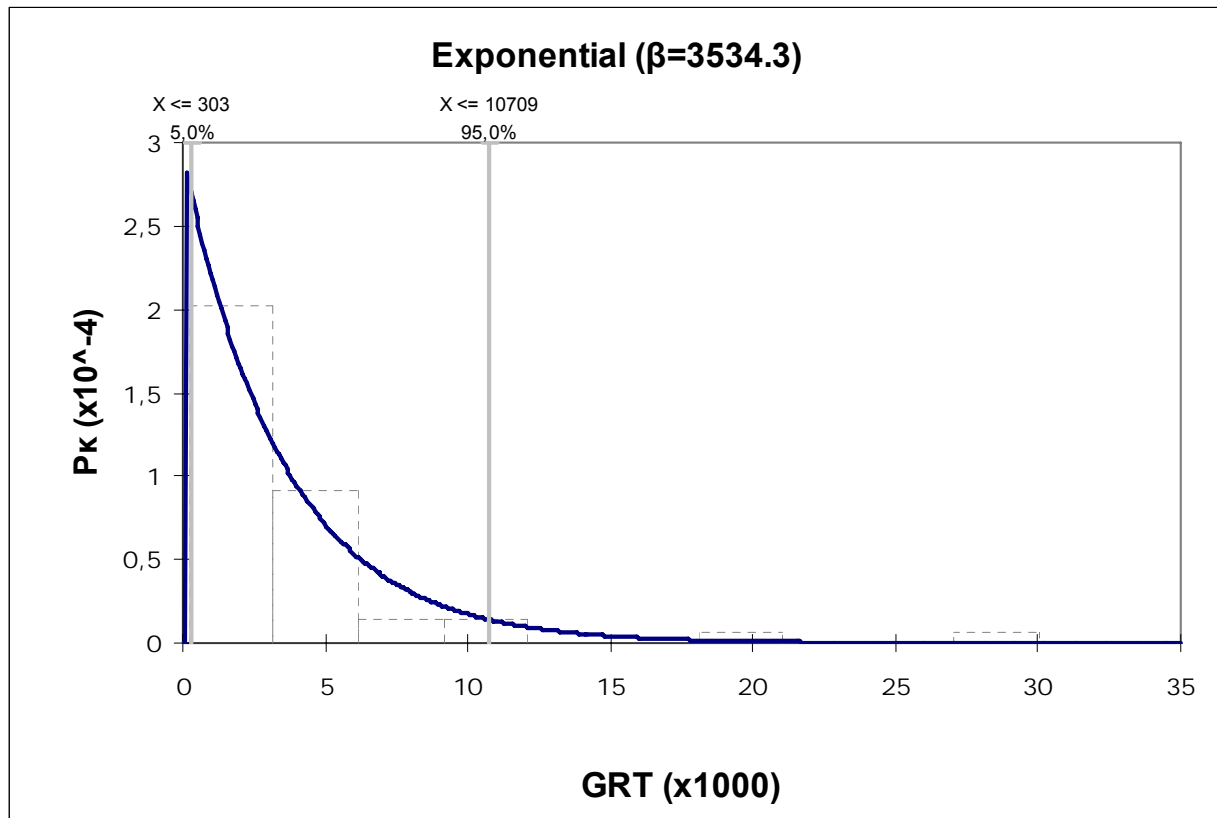
,όπου β θετική σταθερή. Για την εκθετική κατανομή (που συμβολίζεται $E(\beta)$) ισχύουν ακόμα :

$$\text{Μέση τιμή} = E(X) = \beta$$

$$\text{Διασπορά} = \text{Var}(X) = \beta^2$$

Τυπική απόκλιση = $\sigma = \beta$

Για την περίπτωση που εξετάστηκε, η θετική σταθερά β έχει την τιμή 3534.3 και η γραφική της αναπαράσταση φαίνεται στο **Σχήμα 7.10** που ακολουθεί.



Σχήμα 7.10 : Εκθετική κατανομή προσέγγισης της θεωρητικής κατανομής των τιμών χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια

Η παραπάνω ειδική κατανομή επιλέχθηκε καθώς σύμφωνα με το Chi-Square Statistic test προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου. Η τιμή της p-value = 0.885 είναι πολύ υψηλή, ενώ και η τιμή του τεστ είναι μικρότερη από την critical value :

$$\text{Test value} = 3.00 < \chi^2_{7,0.05} = 14.07$$

Η κρίσιμη τιμή (critical value) υπολογίζεται για $\nu = k-1$, όπου k ο αριθμός των κατηγοριών (bins) στις οποίες το πρόγραμμα χωρίζει τις τιμές του δειγματικού χώρου για

τη διενέργεια του Chi-Square Statistic test. Τέλος, η παραπάνω προσέγγιση κρίνεται αποδεκτή και από τα αποτελέσματα των γραφημάτων.

Στον Πίνακα 7.5 παρουσιάζονται οι σημαντικές παράμετροι της εκθετικής κατανομής σε αντιπαράθεση με εκείνες της θεωρητικής κατανομής του δειγματικού χώρου. Οι μικρές διαφορές μεταξύ των δύο κατανομών ενισχύουν ακόμη περισσότερο τη θέση ότι η εκθετική κατανομή $E(\beta)$ με $\beta=3534.3$ μπορεί να αναπαραστήσει την κατανομή των τιμών της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια.

Πίνακας 7.5 : Σημαντικές παράμετροι της εμπειρικής και της εκθετικής κατανομής για την χωρητικότητα των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα

	Κατανομή τιμών εμπειρικής κατανομής	Fitted distribution $E(3534.3)$
Μέση τιμή (GRT)	3729.3	3534.3
Ενδιάμεση τιμή (GRT)	2271	2571.1
Διασπορά (GRT^2)	26,314,766	12,491,092
Τυπική απόκλιση (GRT)	5184.1	3534.3
25% percentile (GRT)	956	1138
75% percentile (GRT)	4243.75	5021
Interquartile range (GRT)	3287.75	3883
Ασσυμετρία	3.41	2.00
Κύρτωση	16.30	9.00

-Distribution fitting για ατυχήματα από άλλη αιτία

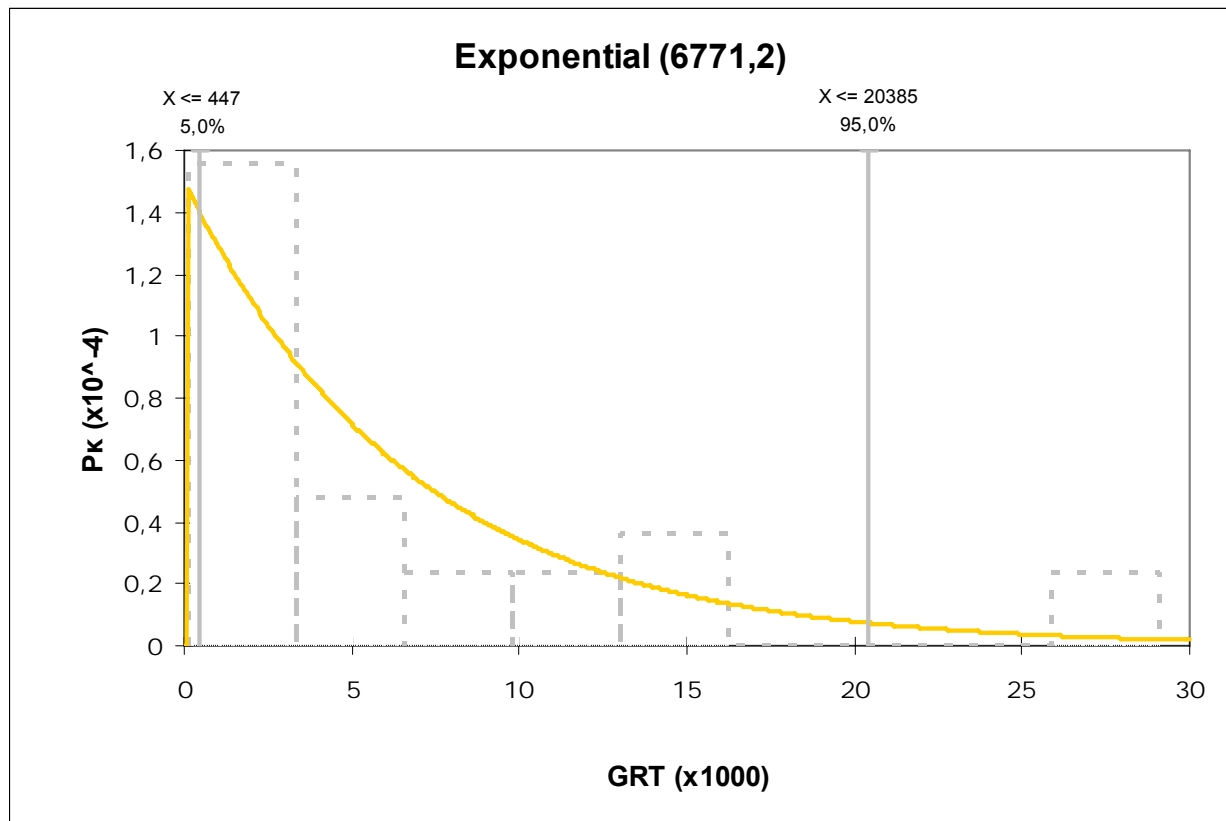
Με τον ίδιο τρόπο έγινε εκτέλεση του προγράμματος για τις τιμές της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια. Και σε αυτήν την περίπτωση η ειδική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου είναι η εκθετική κατανομή.

Η παραπάνω εκτίμηση ενισχύεται ακόμη περισσότερο και μέσα από τα αποτελέσματα του *Mann-Whitney U Test for Independent Samples* (βλέπε §3.2.2.2). Οι δύο υποθέσεις είναι οι εξής:

H_0 : Οι τιμές της χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια ακολουθούν την ίδια κατανομή με τις τιμές της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια

H_1 : Οι τιμές της χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια δεν ακολουθούν την ίδια κατανομή με τις τιμές της χωρητικότητας των πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ($z^* > -z_\alpha$) η υπόθεση H_0 γίνεται αποδεκτή, άρα αφού οι τιμές χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που είχαν ως αιτία ατυχήματος τον ανθρώπινο παράγοντα βρέθηκε ότι προσεγγίζονται από την εκθετική κατανομή, ήταν αναμενόμενο το ίδιο να συμβαίνει και τις τιμές χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια.



Σχήμα 7.11 : Εκθετική κατανομή προσέγγισης της θεωρητικής κατανομής των τιμών χωρητικότητας των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλα αίτια

Η παράμετρος β της εκθετικής κατανομής που υπέδειξε το πρόγραμμα είναι 6771.2 και η γραφική της αναπαράσταση φαίνεται στο **Σχήμα 7.11**.

Στην περίπτωση αυτή η τιμή της p-value είναι 0.406 , μικρότερη σαφώς από προηγουμένως αλλά μαζί με το γεγονός ότι η τιμή του Chi-Square Statistic test είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή ($4.00 < \chi_{4,0.05} = 9.49$) και ότι τα αποτελέσματα των γραφημάτων πληρούν τις προϋποθέσεις, καθίσταται αποδεκτό το να θεωρηθεί ότι η $E(6771.2)$ προσεγγίζει ικανοποιητικά την κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου.

Στον **Πίνακα 7.6** παρουσιάζονται οι σημαντικές παράμετροι της εκθετικής κατανομής σε αντιπαράθεση με εκείνες της κατανομής του δειγματικού χώρου. Και εδώ οι διαφορές μεταξύ των σημαντικών παραμέτρων των κατανομών κρίνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό ικανοποιητικές.

Πίνακας 7.6 : Σημαντικές παράμετροι της εμπειρικής και της εκθετικής κατανομής για την χωρητικότητα των Ε/Γ πλοίων που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία

	Κατανομή τιμών δειγματικού χώρου	Fitted distribution $E(6771.2)$
Μέση τιμή (GRT)	6871.2	6771.2
Ενδιάμεση τιμή (GRT)	4052.5	4793.4
Διασπορά (GRT^2)	61,612,599	45,849,295
Τυπική απόκλιση (GRT)	8004.8	6771.2
25% percentile (GRT)	555.5	2048
75% percentile (GRT)	10246.75	7438.94
Interquartile range (GRT)	9691.25	5390.94
Ασσυμετρία	1.60	2.00
Κύρτωση	4.92	9.00

7.7 ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

Ο αριθμός των ατόμων που επανδρώνουν ένα πλοίο καθορίζεται με βάση το μέγεθός του και συγκεκριμένα κάτω από αυτά που ορίζει το Προεδρικό Διάταγμα Υπ'Αριθμόν 177 “Περί οργανικής συνθέσεως των πληρωμάτων των επιβατηγών (ακτοπλοϊκών – μεσογειακών – τουριστικών) πλοίων”.

Έτσι, αφού όλα δείχνουν ότι το μέγεθος ενός πλοίου συσχετίζεται με την αιτία του ατυχήματος, και πιο συγκεκριμένα με το αν το ατύχημα προήλθε από τον ανθρώπινο παράγοντα ή όχι, έχει ενδιαφέρον να αναλυθούν οι κατανομές των τιμών των πληρωμάτων των πλοίων που υπέπεσαν σε ατύχημα με αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα.

Οι τιμές του αριθμού των πληρωμάτων αποτελούν διακριτή κατανομή (§6.2) και οι τιμές που μπορούν να πάρουν φαίνεται στους Πίνακες 7.7, 7.8.

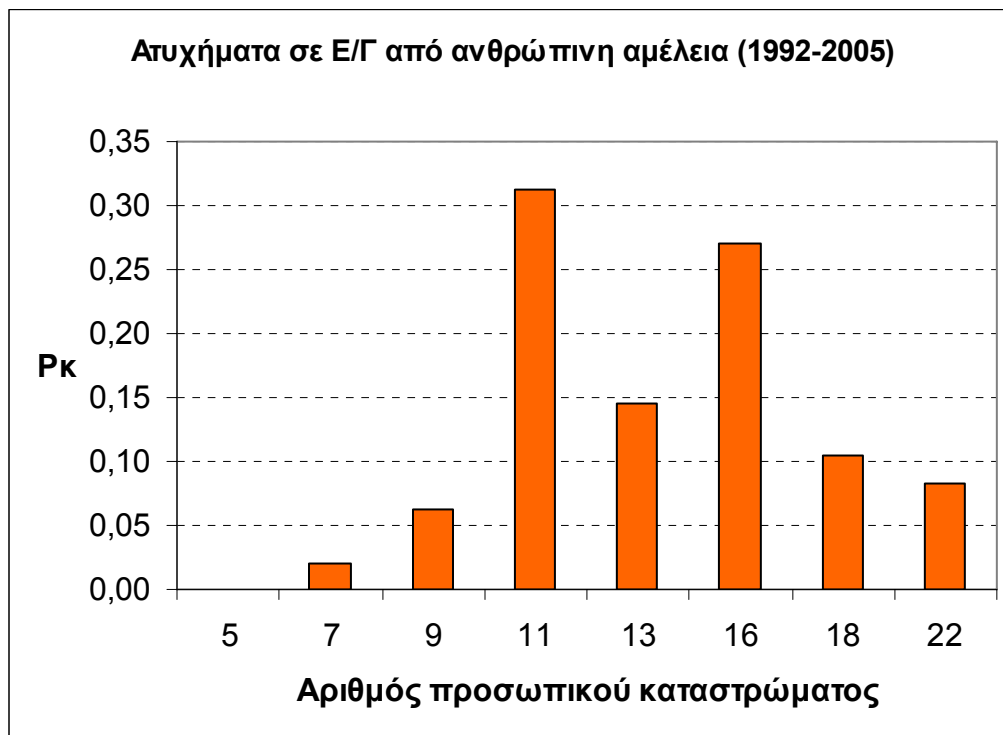
Πίνακας 7.7 : Καθορισμός προσωπικού καταστρώματος

Ολική Χωρητικότητα (GRT)	Προσωπικό Καταστρώματος
Εώς 150	5
151 - 250	7
251 - 500	9
501 - 1200	11
1201 - 2500	13
2501 - 5000	16
5001 - 8000	18
8001 - 12000	22

Πίνακας 7.8 : Καθορισμός προσωπικού μηχανής

Ιπποδύναμη (BHP)	Προσωπικό Μηχανής
Εώς 600	3
601 - 1000	4
1001 - 2000	7
2001 – 5000	8
5001 – 10000	9
10001 - 25000	12

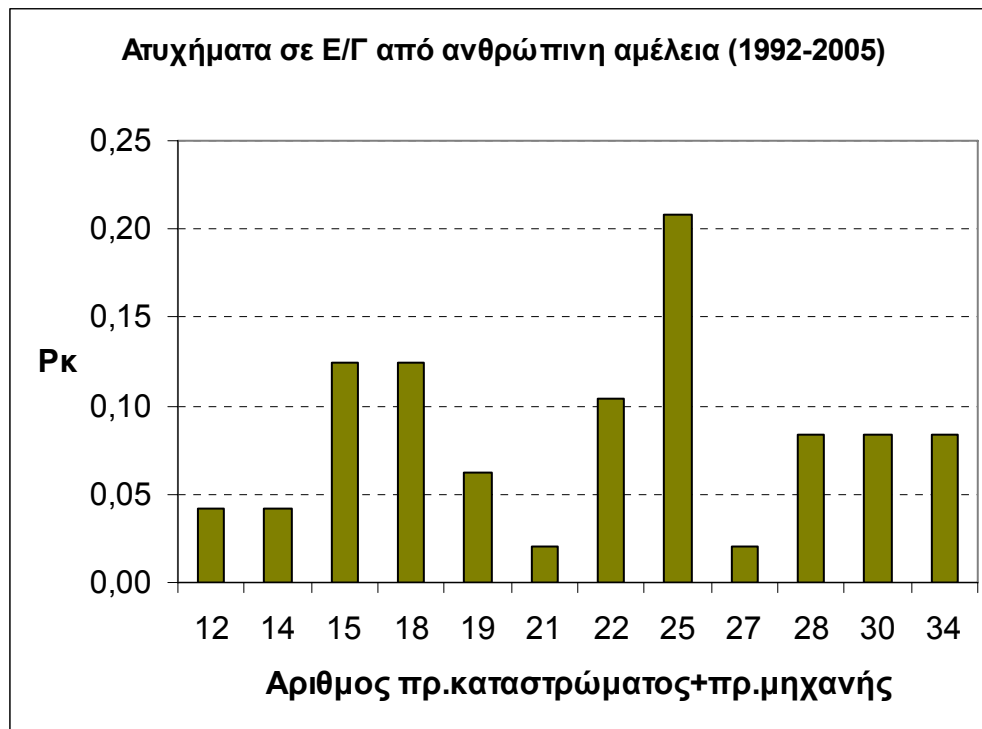
Στο **Σχήμα 7.12** παρουσιάζεται η συνάρτηση μάζας πιθανότητας για τον αριθμό του προσωπικού καταστρώματος των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα. Όπως ήταν αναμενόμενο, υψηλότερες τιμές πιθανότητας για ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα παρουσιάζουν τα επιβατηγά πλοία με 11 άτομα προσωπικό καταστρώματος που αντιστοιχούν στα πλοία χωρητικότητας 501 – 1200 GRT, ενώ αρκετά κοντά βρίσκονται και τα πλοία με 16 άτομα προσωπικό καταστρώματος (χωρητικότητας 2501 – 5000 GRT). Αντίθετα, όσο αυξάνεται ο αριθμός των μελών του πληρώματος, δηλαδή για τα πλοία άνω των 5000 GRT, η τιμή της πιθανότητας μειώνεται αισθητά.



Σχήμα 7.12 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για τον αριθμό προσωπικού καταστρώματος των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005

Στο **Σχήμα 7.13** φαίνεται η συνάρτηση μάζας πιθανότητας για τον συνολικό αριθμό τόσο του προσωπικού καταστρώματος όσο και του προσωπικού μηχανής των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα. Εδώ ξεχωρίζει η πολύ υψηλή πιθανότητα που φέρεται να έχουν τα επιβατηγά πλοία με 25 άτομα συνολικό αριθμό

προσωπικού καταστρώματος και μηχανής, καθώς η τιμή της πιθανότητας P_k είναι σχεδόν διπλάσια από τις πιθανότητες που αντιστοιχούν στις υπόλοιπες κατηγορίες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι σχεδόν όλα τα πλοία με 16 άτομα προσωπικό καταστρώματος έχουν και 9 άτομα προσωπικό μηχανής, ενώ από τα πλοία με 11 άτομα προσωπικό καταστρώματος άλλα έχουν 4, άλλα 7 και άλλα 8 άτομα προσωπικό μηχανής.



Σχήμα 7.13 : Συνάρτηση μάζας πιθανότητας για τον αριθμό προσωπικού καταστρώματος και μηχανής των Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια, 1992-2005

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ– ΕΙΔΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

8.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ - ΕΙΔΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

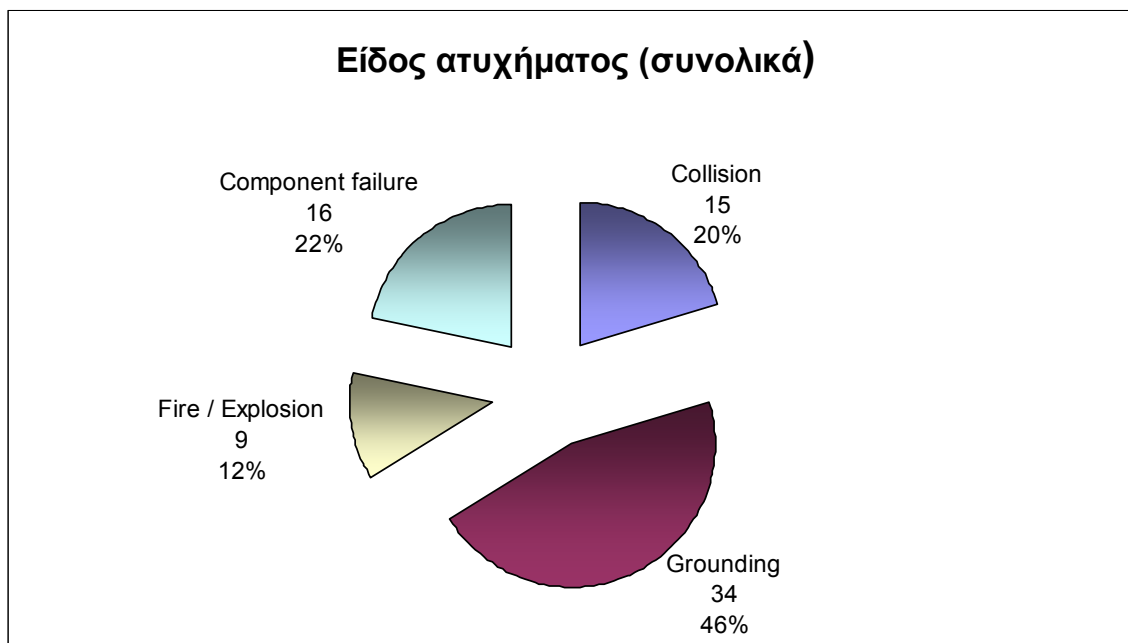
8.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΑΣΗΣ ΠΡΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Κάθε ναυτικό ατύχημα μπορεί να περιγραφεί από μια διαδοχή συγκεκριμένων γεγονότων. Για παράδειγμα ένα πλοίο μπορεί να πάθει κάποια μηχανική βλάβη που υπό συγκεκριμένες συνθήκες να προκαλέσει ακυβερνησία, κατόπιν προσάραξη και τελικά βύθιση (Ψαρούτης et.al.,1998). Το ΑΤΥΧΗΜΑ Ι (όπως εμφανίζεται στο «Lloyd's Casualty Reports») αναφέρεται στο πρώτο χρονικά συμβάν. Έτσι, στην παρούσα εργασία ως είδος ατυχήματος θεωρείται το πρώτο χρονικά συμβάν. Τα ατυχήματα ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με το είδος ατυχήματος :

- Σύγκρουση / Πρόσκρουση (Collision)
- Προσάραξη (Grounding)
- Πυρκαϊά / Έκρηξη (Fire/Explosion)
- Βλάβη (Component failure)

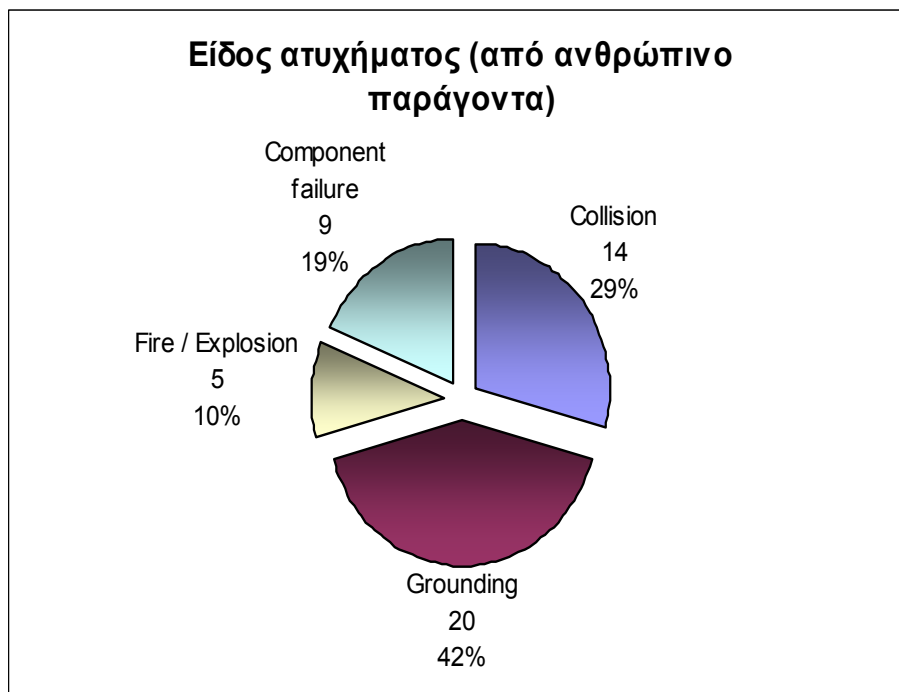
Στα ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα την περίοδο 1992-2005 το πλέον κοινό είδος ατυχήματος είναι η προσάραξη με 46%, ενώ έπονται η βλάβη με 22%, η σύγκρουση/πρόσκρουση με 20% και τέλος η πυρκαϊά/έκρηξη με 12% (Σχήμα 8.1).



**Σχήμα 8.1 : Καταμερισμός ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων με βάση το είδος ατυχήματος ,
Ελλάδα, 1992-2005**

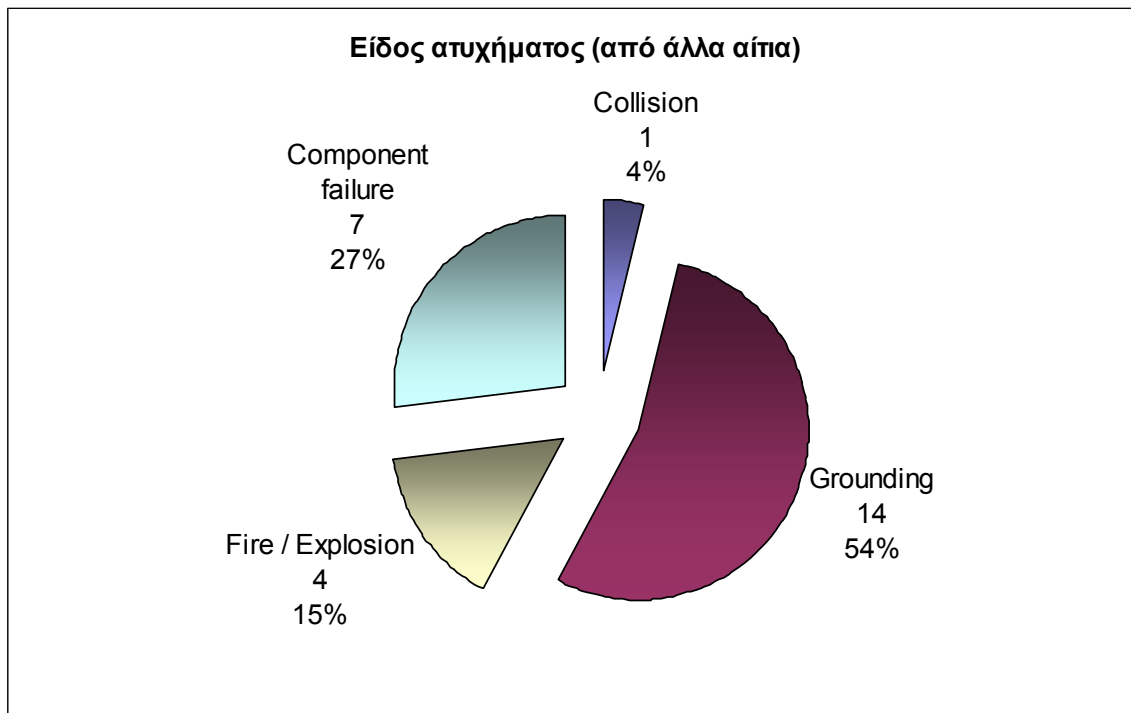
8.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ–ΕΙΔΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Κάνοντας τον ίδιο καταμερισμό με βάση το είδος του ατυχήματος ξεχωριστά για τα ατυχήματα που προκλήθηκαν από τον ανθρώπινο παράγοντα και ξεχωριστά για εκείνα που είχαν ως αιτία πρόκλησης άλλα αίτια μπορούν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα (Σχήματα 8.2, 8.3).



Σχήμα 8.2 : Καταμερισμός ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων από ανθρώπινο παράγοντα με βάση το είδος ατυχήματος, Ελλάδα, 1992-2005

Η προσάραξη ως είδος ατυχήματος έχει και στις δύο περιπτώσεις τη “μερίδα του λέοντος”, όμως εκεί που παρουσιάζεται εμφανής διαφορά είναι στην περίπτωση της σύγκρουσης/πρόσκρουσης. Τα 14 από τα 46 (ποσοστό 29%) ατυχήματα που προκλήθηκαν από ανθρώπινη αμέλεια είχαν ως πρώτο χρονικό συμβάν τη σύγκρουση/πρόσκρουση. Το αντίστοιχο ποσοστό για τα ατυχήματα που προκλήθηκαν από άλλα αίτια είναι μόλις 4%, καθώς 1 μόνο ατύχημα από τα 26 ατυχήματα που δεν είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα στα επιβατηγά πλοία την περίοδο 1992-2005 ξεκίνησε από σύγκρουση / πρόσκρουση.



Σχήμα 8.3 : Καταμερισμός ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων από άλλα αίτια με βάση το είδος ατυχήματος , Ελλάδα, 1992-2005

Πίνακας 8.1 : Contingency table “Είδος ατυχήματος - Αιτία ατυχήματος”

Είδος ατυχήματος – Αιτία ατυχήματος	1992-2005				
	Collision	Grounding	Fire	Component failure	
Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια	14 (9.73)	20 (22.05)	5 (5.84)	9 (10.38)	48
Ε/Γ που έπαθαν ατύχημα από άλλη αιτία	1 (5.27)	14 (11.95)	4 (3.16)	7 (5.62)	26
	15	34	9	16	74

Αυτό που έχει σημασία, όμως, είναι αν αυτή η φαινομενική συσχέτιση της αιτίας του ατυχήματος με το είδος του ατυχήματος είναι στατιστικά σημαντική ή όχι. Αυτό εξετάζεται με τη βοήθεια του *Chi-Square Test For Independence : Contingency Table Analysis* (βλέπε §3.2.1). Στον Πίνακα 8.1 παρουσιάζεται ο πίνακας ενδεχομένων

(contingency table) με τις παρατηρούμενες και τις αναμενόμενες τιμές. Οι δύο υποθέσεις που εξετάζονται είναι :

- H₀: Το είδος του ατυχήματος και η αιτία του ατυχήματος είναι ανεξάρτητα
- H₁: Το είδος του ατυχήματος και η αιτία του ατυχήματος δεν είναι ανεξάρτητα

Τα αποτελέσματα του τεστ (Πίνακας 8.2) περιπλέκουν ακόμη περισσότερο τα πράγματα καθώς να μεν η τιμή του Chi-Square test είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή (κάτι που δεν οδηγεί στη απόρριψη της υποθέσεως H₀ ότι είδος και αιτία ατυχήματος είναι ανεξάρτητα), αλλά η τιμή της p-value που βρίσκεται μεταξύ του 0.050 και του 0.100 υποδηλώνει *οριακή στατιστική σημαντικότητα* (“borderline” significance), άρα δεν είναι επιτρεπτό να αποδεχτούμε την υπόθεση H₀.

Πίνακας 8.2 : Αποτελέσματα Chi-Square Test για “Είδος ατυχήματος - Αιτία ατυχήματος”

χ^2 *	6.74
degrees of freedom	3
p-value	0.050 < P < 0.100

* $\chi^2_{0.05,3} = 7.82$

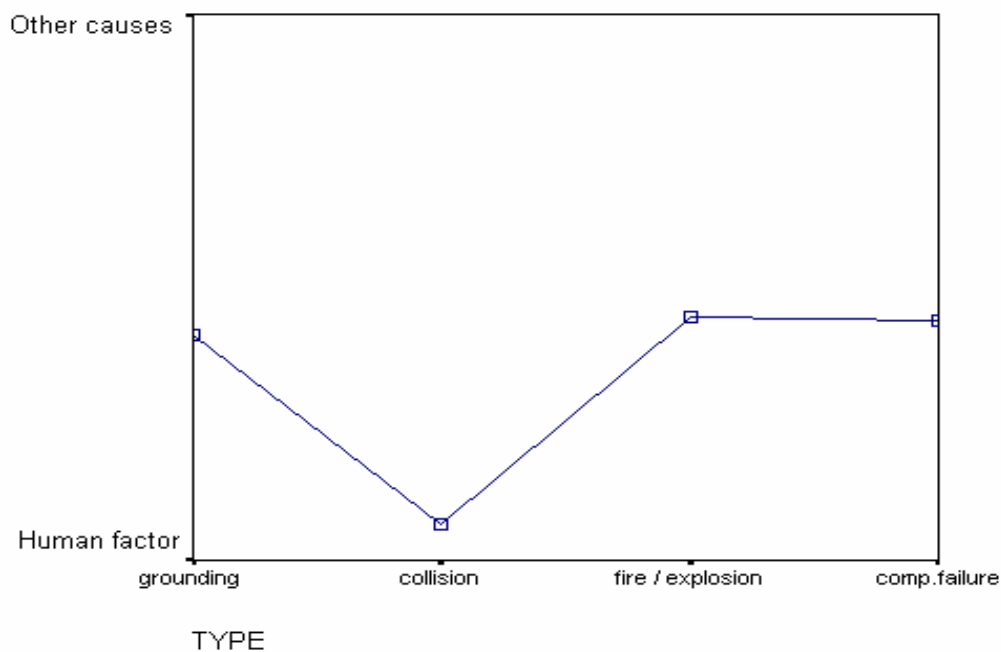
** $\alpha = 0.05$

Η οριακή κατάσταση που παρουσιάζεται όσον αφορά τη συσχέτιση μεταξύ του είδους του ναυτικού ατυχήματος ενός επιβατηγού πλοίου και της αιτίας που το προκάλεσε εξηγείται από το γεγονός ότι για τρεις από τις τέσσερις κατηγορίες που χαρακτηρίζουν το είδος ενός ατυχήματος φαίνεται η αιτία να μην διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, καθώς η ελαφριά τάση προς το γεγονός του να έχει προκληθεί το ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα είναι πέρα για πέρα κατανοητή όταν το 65% των ναυτικών ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων αυτήν την περίοδο προκλήθηκαν από την αιτία αυτή. Όμως η διαφορά για τις περιπτώσεις που το είδος του ατυχήματος ήταν η σύγκρουση/ πρόσκρουση (14 στις 15 περιπτώσεις αφορούν ατυχήματα που προκλήθηκαν από τον ανθρώπινο παράγοντα) μόνο απαρατήρητη δεν μπορεί να περάσει.

Υπάρχει, όμως, κι άλλος λόγος που κάνει την παραπάνω παρατήρηση αξιοπρόσεκτη. Την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2005, όπως αναφέρθηκε και στην §5.6, τα 6 από τα 7 ναυτικά ατυχήματα επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα που είχαν ως αποτέλεσμα κάποιο τραυματισμό ή θάνατο, προκλήθηκαν από τον ανθρώπινο παράγοντα. Από αυτά, τα τέσσερα περιστατικά αφορούσαν περιπτώσεις που το πρώτο χρονικά συμβάν ήταν μια σύγκρουση ή πρόσκρουση.

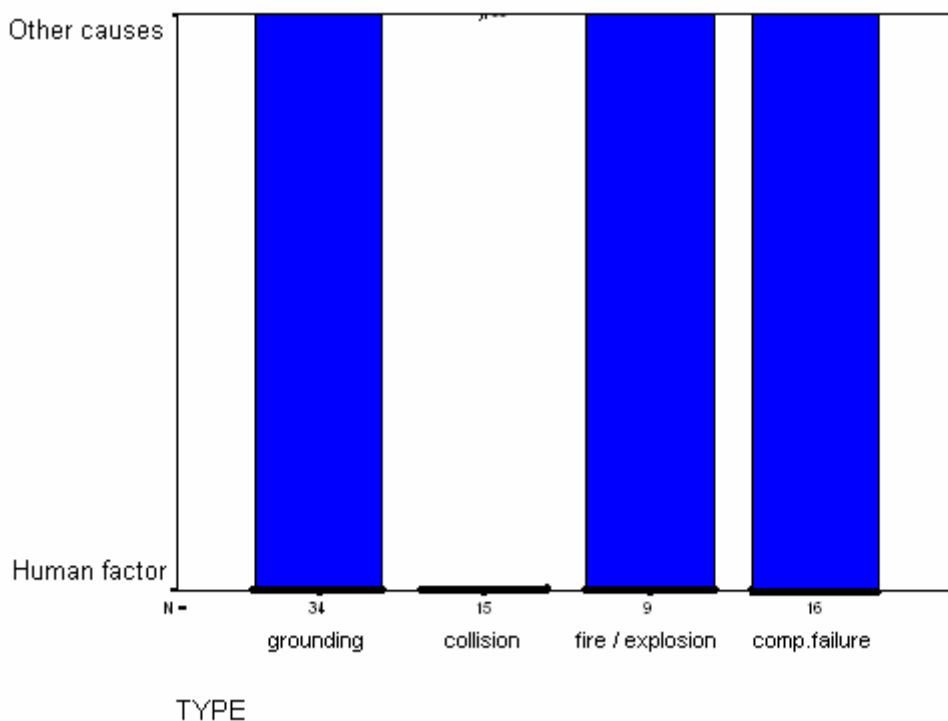
8.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΑΣΗΣ ΠΡΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

Από τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται ότι η διαφοροποίηση ανάμεσα στα ατυχήματα που προκλήθηκαν από ανθρώπινο παράγοντα και σε εκείνα που προκλήθηκαν από άλλα αίτια, όσον αφορά το είδος του ατυχήματος, εστιάζεται στο γεγονός ότι εκείνα που έχουν ως πρώτο χρονικά συμβάν την σύγκρουση/πρόσκρουση εμφανίζουν μεγαλύτερη τάση να έχουν προκληθεί από ανθρώπινο παράγοντα.



Σχήμα 8.4 : Means plot “Αιτία ατυχήματος – Είδος ατυχήματος”

Αυτό αποτυπώνεται πολύ γλαφυρά στο **Σχήματα 8.4, 8.5** όπου παρουσιάζεται η τάση και των τεσσάρων ειδών ατυχημάτων. Για τις περιπτώσεις της προσάραξης, της εκδήλωσης φωτιάς ή έκρηξης και της βλάβης ως είδος ατυχήματος σε ένα επιβατηγό πλοίο η αιτία του ατυχήματος δεν δείχνει να είναι καθοριστικός παράγοντας. Αντίθετα για την περίπτωση της σύγκρουσης ή πρόσκρουσης τα πράγματα φαίνονται να είναι πολύ διαφορετικά τα πράγματα καθώς η συσχέτιση της με την αιτία του ατυχήματος φαντάζει πιθανή.



Σχήμα 8.5 : Side-by-side box plot “Αιτία ατυχήματος – Είδος ατυχήματος”

Στην προσπάθεια να ριχθεί περισσότερο φως στο ερώτημα αν υπάρχει συσχέτιση της αιτίας του ατυχήματος με το είδος του ατυχήματος, θα εξετασθούν τα αποτελέσματα του *ONE-WAY ANOVA test* (§3.4), όπου η αιτία του ατυχήματος θα θεωρηθεί ως συνεχής εξαρτημένη μεταβλητή και το είδος του ατυχήματος ως διακριτή ανεξάρτητη μεταβλητή, φυσικά κάτω από το πρίσμα της *fuzzy logic*.

Τα αποτελέσματα του τεστ ($F=2.339$, $p\text{-value} = 0.081$) και ειδικότερα η τιμή της $p\text{-value}$ υποδηλώνουν και πάλι κατάσταση *οριακής στατιστικής σημαντικότητας* (“borderline significance”).

Αυτό που έχει μεγάλη σημασία να παρατηρηθεί στην περίπτωση αυτή είναι τα αποτελέσματα του *post-hoc test* που συγκρίνει τις επιμέρους διαφορές ανάμεσα στις κατηγορίες της διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής, δηλαδή του είδους του ατυχήματος.

Πίνακας 8.3 : Post-hoc test (Tukey) “Είδος ατυχήματος”

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CAUSE

	(I) TYPE	(J) TYPE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	grounding	collision	,3451	,1450	,091	-3,6648E-02	,7268
		fire / explosion	-3,2680E-02	,1754	,998	-,4944	,4290
		comp.failure	-2,5735E-02	,1419	,998	-,3991	,3476
	collision	grounding	-,3451	,1450	,091	-,7268	3,665E-02
		fire / explosion	-,3778	,1973	,231	-,8971	,1415
		comp.failure	-,3708	,1682	,132	-,8135	7,179E-02
	fire / explosion	grounding	3,268E-02	,1754	,998	-,4290	,4944
		collision	,3778	,1973	,231	-,1415	,8971
		comp.failure	6,944E-03	,1950	1,000	-,5062	,5201
	comp.failure	grounding	2,574E-02	,1419	,998	-,3476	,3991
		collision	,3708	,1682	,132	-7,1793E-02	,8135
		fire / explosion	-6,9444E-03	,1950	1,000	-,5201	,5062

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο §3.4, αν στο διάστημα μεταξύ του κάτω ορίου (lower bound) και του άνω ορίου (upper bound) του confidence interval περιλαμβάνεται το μηδέν τότε η διαφορά των μέσων όρων των κατηγοριών του είδους του ατυχήματος δεν είναι στατιστικά σημαντική, άρα η μεγάλη τάση που δείχνουν να έχουν τα ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων που έχουν ως πρώτο χρονικά συμβάν τη σύγκρουση, να προέρχονται από ανθρώπινο παράγοντα δεν δείχνουν ξεκάθαρα να αποτελούν λόγο συσχέτισης της αιτίας του ατυχήματος με το είδος του ατυχήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ – ΡΙΣΚΟΥ

9.1 FSA – ΓΕΝΙΚΑ

9.2 ΤΟ ΡΙΣΚΟ ΚΑΙ ΟΙ ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ

9.3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΡΙΣΚΟΥ

9.3.1 Express Samina και τα υπόλοιπα ατυχήματα

9.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΗΣ ΡΙΣΚΟΥ

9.1 FSA – ΓΕΝΙΚΑ

Η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (Maritime Safety Committee, MSC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ενέκρινε από το 1997 και προτείνει την μέθοδο της Τυπικής Αποτίμησης Ασφάλειας (Formal Safety Assessment, FSA) ως την πλέον κατάλληλη και ενδεδειγμένη για τη μελέτη και ανάλυση διαφόρων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ασφάλεια στις θαλάσσιες μεταφορές. Στην καταγεγραμμένη πρόθεση του IMO σημειώνεται ο εξής ορισμός (IMO, 2002) :

Η FSA είναι μια δομημένη και συστηματική μεθοδολογία που στοχεύει στην ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας συμπεριλαμβανομένων της προστασίας της ανθρώπινης ζωής και υγείας, του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της περιουσίας με τη χρήση ανάλυσης ρίσκου και ανάλυσης κόστους-ωφέλειας.

Έτσι, η FSA μπορεί και προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο είτε για την εκτίμηση νέων κανονισμών που έχουν να κάνουν με την ναυτική ασφάλεια και την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος, είτε για τη σύγκριση ανάμεσα σε παλιούς και νέους κανονισμούς με σκοπό να επιτύχει μία δυναμική ισορροπία ανάμεσα σε τεχνικά και λειτουργικά ζητήματα (στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνεται και ο ανθρώπινος παράγοντας), ή ανάμεσα στη ναυτική ασφάλεια ή την προστασία του περιβάλλοντος και τα έξοδα για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι.

Οι λήπτες αποφάσεων στον IMO, μέσα από τη FSA, είναι σε θέση να εκτιμήσουν τις συνέπειες που προέρχονται από τις προτεινόμενες αλλαγές στους κανονισμούς σε όρους ωφελειών (π.χ. αναμενόμενη μείωση των θανάτων ή της ρύπανσης) και τους “παίκτες” των θαλασσίων μεταφορών που καλούνται σε κάθε περίπτωση να στηρίζουν οικονομικά αυτές τις αλλαγές. Γενικά, η FSA δύναται να αναπτυχθεί είτε από ένα κράτος-μέλος ή έναν οργανισμό με συμβουλευτικό χαρακτήρα στον IMO, είτε από κάποια επιτροπή ή κάποιο παρακείμενο σώμα ειδικών του IMO με στόχο τη δικαιολόγηση κάποιων προτάσεων και προσθηκών, την αναγνώριση των γνωστικών περιοχών με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και την αποτίμηση κάποιων επερχόμενων αλλαγών.

Η εφαρμογή της FSA γίνεται μέσα από πέντε βασικά βήματα :

1. Η αναγνώριση των κινδύνων
2. Η αποτίμηση του ρίσκου
3. Η επιλογή μέτρων περιορισμού του ρίσκου
4. Η εκτίμηση κόστους – ωφέλειας (οικονομική αποτίμηση)
5. Οι προτάσεις για τη λήψη αποφάσεων

Άρα, η μέθοδος FSA (**Σχήμα 9.1**) είναι μια συστηματική διαδικασία που στοχεύει :

- a) στην εκτίμηση του ρίσκου που αφορά όλες τις δραστηριότητες και πρακτικές στη θάλασσα
- b) στον ενεργό υπολογισμό του κόστους και των ωφελειών που έχουν να κάνουν με τις εναλλακτικές λύσεις που προτείνονται για τον περιορισμό των κινδύνων (Καρύδης & Βασιλάκος, 2000, Βεντικός, 2002).



Σχήμα 9.1 : Η βασική δομή της μεθόδου FSA από τον IMO

Μεγάλο πλεονέκτημα της FSA είναι η ικανότητά της να ενσωματώνει αξιόπιστα υπό ρεαλιστικούς όρους τη συμβολή και εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα στη ναυτική ασφάλεια των θαλάσσιων μεταφορών. Μάλιστα, η προτεινόμενη από τον IMO μεθοδολογία για αυτόν τον σκοπό είναι η *human reliability analysis (HRA)*.

9.2 ΤΟ ΡΙΣΚΟ ΚΑΙ ΟΙ ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ

Το ρίσκο είναι ένας δείκτης του βαθμού της ασφάλειας και καθορίζεται από το συνδυασμό της συχνότητας ενός γεγονότος και από τις συνέπειες του γεγονότους αυτού. Μάλιστα, ο συνήθης μαθηματικός ορισμός του παραδοσιακού ρίσκου είναι :

$$R = P_f \times C_f$$

, όπου R = ρίσκο

P_f = Πιθανότητα (Συχνότητα) του γεγονότος

C_f = Συνέπειες του ανεπιθύμητου γεγονότος

Είναι προφανές ότι η περίπτωση ύπαρξης υψηλής συχνότητας ενός ατυχήματος σε συνδυασμό με μεγάλο αριθμό συνεπειών αποτελεί την πιο επικίνδυνη κατάσταση. Παράλληλα, όμως, καταστασεις υψηλής επικινδυνότητας μπορούν να χαρακτηριστούν δύο ακόμα περιπτώσεις : i) υψηλή συχνότητα – μικρός αριθμός συνεπειών και ii) χαμηλή συχνότητα – μεγάλος αριθμός συνεπειών. Παρ'όλα αυτά, υπάρχει η γενική αίσθηση ότι η δεύτερη περίπτωση είναι πιο επικίνδυνη από την πρώτη και αυτό φαίνεται ξεκάθαρα από τον μεγάλο σάλο που δημιουργείται στην κοινή γνώμη σε περίπτωση, για παράδειγμα, ενός αεροπορικού ατυχήματος (χαρακτηριστική περίπτωση χαμηλής συχνότητας – μεγάλου αριθμού συνεπειών).

Στην παρούσα εργασία, ως μέτρο των συνεπειών ενός ατυχήματος, χρησιμοποιείται ο αριθμός των θανάτων ή τραυματισμών που προέκυψαν από αυτό, καθώς η αναφορά γίνεται για τα επιβατηγά πλοία.

Υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη ρίσκου, το ατομικό ρίσκο και το κοινωνικό ρίσκο. Το **ατομικό ρίσκο (individual risk)** εκφράζει τη συχνότητα θανάτου ή τραυματισμού όταν

ένα άτομο εκτίθεται σε έναν κίνδυνο, όπως για παράδειγμα η εργασία σε ένα εργοστάσιο ή το ταξίδι με ένα πλοίο.

Το ατομικό ρίσκο μπορεί να εκφραστεί με :

- Το ρίσκο θανάτου ανά χρόνο για ένα συγκεκριμένο άτομο (1/έτος).
- Το *FAR (Fatal Accident Rate)* που εκφράζει τον αριθμό των θανάτων ανά 100 εκατομμύρια ανθρώπο-ώρες στη θάλασσα.

Το **κοινωνικό ρίσκο (societal risk)** εκφράζει τον αριθμό των θανάτων όσον αφορά μια συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων που εκτίθονται σε έναν κίνδυνο για μια συγκεκριμένη περίοδο. Για παράδειγμα, η ομάδα ανθρώπων θα μπορούσαν να είναι οι εργαζόμενοι σε μια εταιρεία ή οι άνθρωποι που ταξίδεψαν με ένα πλοίο.

Το κοινωνικό ρίσκο μπορεί να εκφραστεί με :

- Το *PLL (Potential Loss of Lives)* , όπου για ένα πλοίο δείχνει τον αριθμό των θανάτων στο πλοίο ανά χρόνο.

$$PLL = \frac{Fatalities}{Shipyears}$$

- Την καμπύλη *F-N (Frequency – Number of fatalities)* που συνδέει τη συχνότητα με τον αριθμό των θανάτων.

9.3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΡΙΣΚΟΥ

Με τη βοήθεια των στοιχείων που συλλέχθηκαν από την Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας υπολογίσθηκαν τα εξής στοιχεία :

- ♦ *Frequency of casualties (F)* : No. of casualties / Shipyears
- ♦ *Frequency of casualties with fatality or injury (F_f)* : No. of casualties with fatality or injury / Shipyears
- ♦ *Fatality Rate* : Αριθμός θανάτων ανα 100,000 ανθρώπους που εκτίθονται στον κίνδυνο (δηλαδή τους επιβάτες)

- ♦ **Fatality Ratio** : No.of fatalities / No. of casualties (Αρ.θανάτων/Αρ.Ατυχημάτων)
- ♦ **IR (Individual Risk)** : η συχνότητα ανά χρόνο κατά την οποία ένας επιβάτης αναμένεται να σκοτωθεί σε ναυτικό ατύχημα επιβατηγού πλοίου στην Ελλάδα (μονάδα : 1/Year)
- ♦ **PLL** : No. of fatalities / Shipyears

Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 9.1 : Τιμές ρίσκου ελληνικής ακτοπλοΐας, 1992-2005

	<i>F</i> (Casualties/ Shipyears)	<i>F_f</i> (Casualties with fatality- injury/ Shipyears)	<i>Fatality Rate</i> (per 100,000)	<i>Fatality Ratio</i> (Fatalities/ casualties)	<i>IR</i> (1/Year)	<i>PLL</i> (Fatalities/ Shipyears)
Ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα	0.006056	0.000725	0.014424	1.8500	1.44x10 ⁻⁷	0.011070
Ατύχημα από άλλα αίτια	0.003366	0.000130	0.002274	0.5385	0.23x10 ⁻⁷	0.001745
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	0.009422	0.000855	0.016698	1.3892	1.67x10 ⁻⁷	0.012815

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων δεν γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα σε επιβάτες και πλήρωμα, αλλά υπολογίζεται ένα συνολικό ρίσκο.
- Έγινε η εξής θεώρηση : 1 θάνατος = 1 θάνατος
1 τραυματισμός = 0.1 θάνατος

- Έγινε υπολογισμός συνολικά για όλα τα ατυχήματα, αλλά και για τις επιμέρους κατηγορίες των ατυχημάτων από ανθρώπινη αμέλεια και ατυχημάτων από άλλα αίτια για να φανερωθεί και εδώ ο τρόπος που δρα ο ανθρώπινος παράγοντας.

Έχει ενδιαφέρον να γίνει μία “αποκτυπογράφιση” σε μερικά από τα παραπάνω στοιχεία, ώστε να γίνει περισσότερο κατανοητό το τι ακριβώς αντιπροσωπεύουν αυτές οι τιμές. Ξεκινώντας από τον χαρακτηριστικό εκπρόσωπο του ατομικού ρίσκου που είναι το IR, η τιμή του 1.67×10^{-7} δείχνει ότι για κάθε 6 εκατομμύρια επιβάτες που μεταφέρονται με τα επιβατηγά πλοία στην Ελλάδα το χρόνο, προκύπτει 1 θάνατος (ή αντίστοιχα 10 τραυματισμοί). Τα ατυχήματα που έχουν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα προκαλούν το θάνατο ενός επιβάτη για κάθε 7 εκατ. επιβατές το χρόνο, ενώ αντίθετα για τα ατυχήματα από άλλα αίτια η αντιστοιχία είναι 1 θάνατος για κάθε 43 εκατ. επιβατές το χρόνο.

Περνώντας στο κοινωνικό ρίσκο και συγκεκριμένα στο PLL η τιμή του 0.012815 υποδηλώνει ότι για ένα συγκεκριμένο επιβατηγό πλοίο θα προκύπτει 1 θάνατος (ή αντίστοιχα 10 τραυματισμοί) από ναυτικό ατύχημα κάθε 78 χρόνια. Στις επιμέρους κατηγορίες των ατυχημάτων ανάλογα με την αιτία πρόκλησης, τα αποτελέσματα φανερώνουν ότι για ένα συγκεκριμένο πλοίο θα έχουμε την πρόκληση ενός θανάτου κάθε 90 χρόνια και κάθε 573 χρόνια όσο αφορά τα ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια και άλλα αίτια, αντίστοιχα.

Με βάση τα παραπάνω, αλλά και εξετάζοντας προσεκτικά όλες τις τιμές του ρίσκου του **Πίνακα 9.1**, είναι κάτι παραπάνω απο εμφανείς οι διαφορές ανάμεσα στις τιμές που αφορούν τα ατυχήματα από ανθρώπινη αμέλεια και εκείνα από άλλα αίτια με αποτέλεσμα τα φώτα της προσοχής να στρέφονται και πάλι, όχι άδικα, στην μεγάλη αρνητική συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα.

9.3.1 Express Samina και τα υπόλοιπα ατυχήματα

Όπως έχει αναφερθεί και στην παράγραφο 5.4, τα έξι από τα επτά ναυτικά ατυχήματα σε επιβατηγά πλοία στην Ελλάδα, την περίοδο 1992-2005, που οδήγησαν σε κάποιο θάνατο ή τραυματισμό, είχαν ως αιτία τους τον ανθρώπινο παράγοντα κάτι που έχει ως συνέπεια

τα ατύχηματα απο αυτή την αιτία να κατέχουν την θλιβερή πρωτιά και σε αριθμό θανάτων και τραυματισμών με 81 και 78 αντίστοιχα, έναντι 14 θανάτων και κανενός (καταγεγραμμένου) τραυματισμού για τα ατυχήματα από άλλα αίτια. (Πίνακας 9.2)

Εκείνο, όμως, που έχει εξίσου μεγάλη σημασία να επισημανθεί είναι ότι από το σύνολο των 95 θανατών στα επιβατηγά πλοία τα δεκατέσσερα αυτά χρόνια, οι 80 ήταν αποτέλεσμα ενός και μόνο ναυαγίου, του Ε/Γ-Ο/Γ ΕΞΠΡΕΣ ΣΑΜΙΝΑ στις 26 Σεπτεμβρίου του 2000 ανοιχτά της Πάρου, καθιστώντας σαφές ότι το συγκεκριμένο ατύχημα αποτελεί τη μεγαλύτερη “πληγή” στην ελληνική ακτοπλοΐα τα τελευταία χρόνια ξεχωρίζοντας το από τα υπόλοιπα ατυχήματα.

Πίνακας 9.2 Αριθμός ατυχημάτων, θανάτων και τραυματισμών στα Ε/Γ πλοία, Ελλάδα, 1992-2005

	Αριθμός ατυχημάτων με θάνατο ή τραυματισμό	Θάνατοι	Τραυματισμοί
Ατυχήματα από ανθρώπινο παράγοντα	6	81	78
Ατυχήματα από άλλα αίτια	1	14	0
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	7	95	78

Έχει ενδιαφέρον να δει κανείς πως θα μπορούσε να αποτυπωθεί στις τιμές τους ρίσκου η αποσόβηση του συγκεκριμένου ατυχήματος και συγκεκριμένα στις συνολικές τιμές του IR και του PLL (Πίνακας 9.3).

Πίνακας 9.3 : Οι τιμές του IR και του PLL με και χωρίς το ατύχημα του Express Samina

	Με ατύχημα Express Samina	Χωρίς ατύχημα Express Samina	Διαφορά
IR (1/year)	1.67×10^{-7}	0.37×10^{-7}	1.30×10^{-7}
PLL (fatalities/shipyears)	0.012815	0.002842	0.009973

Οι διαφορές είναι πραγματικά εντυπωσιακές καθώς οι τιμές τόσο του ατομικού ρίσκου (IR) όσο και του κοινωνικού ρίσκου (PLL) χωρίς το ατύχημα του Ε/Γ-Ο/Γ ΕΞΠΡΕΣ ΣΑΜΙΝΑ είναι περίπου 4.5 φορές μικρότερες από τις πραγματικές τιμές. Δυστυχώς, όμως, με το “αν” δεν μπορεί να θωρακιστεί η ασφάλεια της ακτοπλοΐας, όμως μπορούν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για τα ανταποδοτικά ωφέλη μιας συστηματικής και σοβαρής προσπάθειας προς την κατεύθυνση της καταπολέμησης των διάκενων των συστημάτων ασφαλείας, και κυρίως αυτών που εναπόκεινται στον ανθρώπινο παράγοντα.

9.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΗΣ ΡΙΣΚΟΥ

Στο παρόν κομμάτι θα γίνει σύγκριση των τιμών του ρίσκου που υπολογίσθηκαν παραπάνω για την ελληνική ακτοπλοΐα την περίοδο 1992 – 2005 με τις τιμές που θέτει ως όριο ο ΙΜΟ και άλλοι οργανισμοί, αλλά και με τιμές ρίσκου που έχουν υπολογισθεί σε άλλες περιπτώσεις.

Στον **Πίνακα 9.4** παρουσιάζονται οι τιμές του IR (Individual Risk) που θέτονται ως κριτήρια από διάφορους οργανισμούς σε ολόκληρο τον κόσμο.

Πίνακας 9.4 : Κριτήρια *Individual Risk*

Authority	Description	Criterion (per year)
U.K. HSE (1999)	Maximum tolerable risk to workers	10^{-3}
	Maximum tolerable risk to the public	10^{-4}
	Negligible risk	10^{-6}
Netherlands Bottelberghs(1995)	Maximum tolerable for existing situations	10^{-5}
	Maximum tolerable risk for new situations	10^{-6}
New South Wales, Australia DUAP (1997)	Sensitive developments (hospitals, schools, etc.)	$5 \cdot 10^{-7}$
	Residential, hotels, motels, tourist resorts, etc.	$1 \cdot 10^{-6}$
	Commercial, retail, offices, etc	$1 \cdot 10^{-5}$
	Sporting complexes, active open space	$1 \cdot 10^{-5}$
	Industrial	$5 \cdot 10^{-5}$
Western Australia EPA (1998)	Sensitive developments (hospitals, schools, etc.)	$5 \cdot 10^{-7}$
	Residential zones	$1 \cdot 10^{-6}$
	Non-industrial (commercial, sporting, etc.)	$1 \cdot 10^{-5}$
	Industrial	$5 \cdot 10^{-5}$

Πίνακας 9.5 : Ποσοτικά κριτήρια τιμής ρίσκου (HSE, 1999)

Decision parameter		Acceptance Criteria	
		Lower bound for ALARP region	Upper bound for ALARP region
		Negligible (broadly acceptable) fatality risk per year	Maximum tolerable fatality risk per year
Individual Risk	to crew member	10^{-6}	10^{-3}
	to passenger	10^{-6}	10^{-4}
	to third parties, members of public ashore	10^{-6}	10^{-4}
	target values for new ships	10^{-6}	Above values to be reduced by one order of magnitude

Υπενθυμίζοντας ότι η τιμή του IR για τα ελληνικά επιβατηγά πλοία την περίοδο 1992-2005 είναι 1.67×10^{-7} , εύκολα γίνεται η παρατήρηση ότι το ρίσκο του να ταξιδέψει κανείς

με ένα επιβατηγό πλοίο στην Ελλάδα είναι μικρότερο από όλα τα κριτήρια ρίσκου που παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9.4**.

Το ίδιο ισχύει και για τα κριτήρια που υιοθέτησε ο IMO (MSC 81/18, 2006) (**Πίνακας 9.5**). Η τιμή του IR για τα ελληνικά επιβατηγά πλοία είναι αρκετά χαμηλότερη από το κάτω όριο της *ALARP (As Low As Reasonably Practicable)* περιοχής, δηλαδή βρίσκεται στο επίπεδο 'Negligible' -είτε η αναφορά γίνεται σε μέλη του πληρώματος είτε σε επιβάτες - όπου το ρίσκο θεωρείται εξαιρετικά χαμηλό σε σημείο να κρίνεται οικονομικά ασύμφορη περαιτέρω προσπάθεια μείωσής του.

Μια ενδιαφέρουσα σύγκριση είναι επίσης, με το ρίσκο των αεροπορικών πτήσεων, που θεωρούνται ένας από τους ασφαλέστερους τρόπους μεταφοράς. Στον **Πίνακα 9.6** φαίνονται οι τιμές του ρίσκου για τη δεκαετία 1990-2000, αλλά και για την περίοδο 2000-2005 (Barnett & Eastman, 2006) :

Πίνακας 9.6 : Ρίσκο αεροπορικών πτήσεων

Risk of airline death		
<u>Περίοδος</u>	In the 1990s	2000-2005
<u>Εγχώριες πτήσεις σε ανεπτυγμένα* κράτη</u>	1 in 13 million	0
<u>Διεθνείς πτήσεις από αναπτυγμένα κράτη</u>	1 in 6 million	1 in 8 million
<u>Πτήσεις μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων κρατών</u>	1 in 1 million	1 in 1.5 million
<u>Εγχώριες πτήσεις μεταξύ αναπτυσσόμενων κρατών</u>	1 in 500,000	1 in 2 million

*Η.Π.Α, Καναδάς, Ιαπωνία και Ευρώπη

Παίρνοντας ενδεικτικά την τιμή του ρίσκου την περίοδο 2000-2005 για τις διεθνείς πτήσεις από αναπτυγμένα κράτη και θεωρώντας έναν πιθανό αριθμό πτήσεων για έναν άνθρωπο τις 6 πτήσεις ετησίως, τότε το IR που υπολογίζεται είναι 7.5×10^{-7} , μεγαλύτερο, δηλαδή, από το ρίσκο της ελληνικής ακτοπλοΐας την περίοδο 1992-2005.

Επίσης, για την περίοδο 1996-2000 υπολογίσθηκε το ρίσκο των σιδηροδρομικών γραμμών της Μεγάλης Βρετανίας και τα αποτελέσματα έδειξαν 1 θάνατο κάθε 1,533,000

δρομολόγια (HSE, 2001). Θεωρώντας, δύο ταξίδια το χρόνο για έναν άνθρωπο, καθώς η μεταφορά με το τρένο είναι πολύ λιγότερο δημοφιλής από τη μεταφορά με το αεροπλάνο, η τιμή του IR είναι 1.3×10^{-6} , φανερά υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του IR για την ελληνική ακτοπλοΐα. Στον **Πίνακα 9.7** παρατίθενται συνολικά τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 9.7 : Σύγκριση τιμής ατομικού ρίσκου ελληνικής ακτοπλοΐας με άλλα μέσα μεταφοράς

	Passenger ships [Greece] (1992-2005)	Air transport [USA, Japan, Canada, Europe] (2000-2005)	Railway transport [Great Britain] (1996-2000)
IR	1.67×10^{-7}	7.5×10^{-7}	1.3×10^{-6}

Παρακάτω, θα πραγματοποιηθεί σύγκριση της τιμής του ρίσκου των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα, με τις αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν για τα επιβατηγά πλοία της Ιαπωνικής σημαίας (JFS) και τα επιβατηγά πλοία που βρίσκονται στις λίστες πλοίων και ατυχημάτων του Lloyd's Register Fairplay (LRF). Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη σύγκριση ρίσκου μεταξύ πλοίων κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιείται η τιμή του PLL.

Για την περίοδο 1993-2002 οι τιμές του PLL για τα επιβατηγά πλοία της Ιαπωνικής σημαίας κυμαίνονταν περίπου στο 10^{-5} , ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα πλοία του Lloyd's ήταν στο 0.05 (Kaneko et.al, 2004). Η διαφορά είναι πραγματικά πάρα πολύ μεγάλη και αξίζει να σημειωθεί ότι τα επιβατηγά πλοία της Ιαπωνικής σημαίας φέρονται ως τα πλέον ασφαλή πλοία ανάμεσα σε όλους τους τύπους πλοίων. Η τιμή του PLL για τα ελληνικά επιβατηγά πλοία την περίοδο 1992-2005, που είναι 0.012815, δεν μπορεί να συναγωνιστεί βέβαια την τιμή του ρίσκου για τα Ιαπωνικά επιβατηγά, όμως είναι σημαντικό που βρίσκεται χαμηλότερα από την αντίστοιχη του LRF. Τα παραπάνω αποτελέσματα συνοψίζονται στον **Πίνακα 9.8**.

Πίνακας 9.8 : Σύγκριση τιμής κοινωνικού ρίσκου ελληνικής ακτοπλοΐας με τιμές επιβατηγών πλοίων άλλων βάσεων ναυτικών ατυχημάτων

	Passenger ships Greece (1992-2005)	Passenger ships Japan (1993-2002)	Passenger ships involved in LRF ship and casualty database (1993-2002)
PLL	0.012815	10^{-5}	0.05

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

10.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

10.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

10.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο χώρος της ελληνικής ακτοπλοΐας, όπως ολόκληρη η ναυτιλία αλλά και εν γένει κάθε εργασιακός χώρος, πλήττεται από τον ανθρώπινο παράγοντα, κάτι το οποίο μπορεί να μην προκαλεί μεγάλη έκπληξη, προσδίδει όμως μεγάλη ανησυχία καθώς η αντιμετώπιση του συγκεκριμένου -εξαιρετικά αστάθμητου- παράγοντα παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες. Ανησυχητικό σημείο αποτελεί, επίσης, το γεγονός ότι κατά την περίοδο 1992-2005 δεν σημειώνεται κάποια αξιοπρόσεκτη τάση μείωσης των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων που παραμένει, μάλλον, σταθερή. Ωστόσο, δεν πρέπει να παραγνωρίζονται τα μικρά ποσοστά ρίσκου που εμφανίζει η μεταφορά με τα ελληνικά επιβατηγά πλοία, δίνοντας στην ελληνική ακτοπλοΐα τον τίτλο ενός από τους ασφαλέστερους τρόπους μεταφοράς.

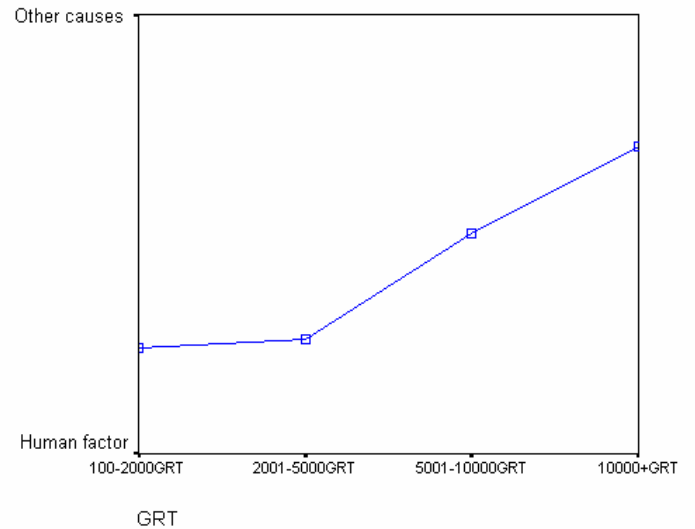
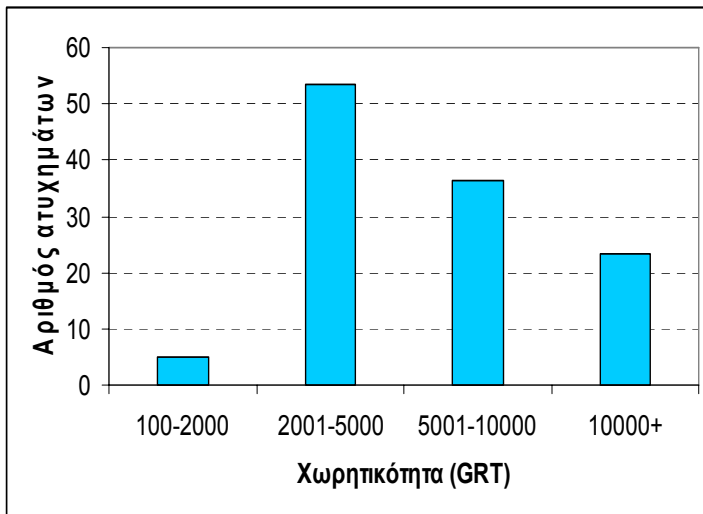
Τα αποτελέσματα της εξέτασης της συσχέτισης της ηλικίας του πλοίου με την βασική αιτία των ατυχημάτων, τον ανθρώπινο παράγοντα δεν φανερώνουν κάποια σύνδεση. Αντίθετα, το μέγεθος το πλοίου δείχνει να παίζει ρόλο στην αιτία του ατυχήματος, καθώς η αυξημένη τάση των πλοίων μικρότερης χωρητικότητας να παθαίνουν ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια εξασθενεί και αντιστρέφεται με την αύξηση της χωρητικότητας των επιβατηγών πλοίων. Τέλος, η σύνδεση της αιτίας με το είδος ενός ατυχήματος ελληνικού επιβατηγού πλοίου παρουσιάζεται “νεφελώδης”, καθώς η οριακή συσχέτιση εξαντλείται στα ατύχηματα με πρώτο χρονικό συμβάν τη σύγκρουση/πρόσκρουση που προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από ατυχήματα με αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα.

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα βασικά συμπεράσματα και χρήσιμα στοιχεία που εξάγονται από την εργασία :

- Το 13% των ναυτικών ατυχημάτων την περίοδο 1992-2005 στην Ελλάδα αφορούσε περιπτώσεις επιβατηγών πλοίων.
- Τα επιβατηγά πλοία καταλαμβάνουν κατά μέσο όρο το 28% του στόλου των ελληνικών εμπορικών πλοίων, ενώ σε παγκόσμια κλίμακα τα επιβατηγά πλοία καταλαμβάνουν περίπου το 12% του συνολικού στόλου.

- Ο αριθμός των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα, δεν ακολουθεί τον ρυθμό πτώσης των ατυχημάτων του συνολικού αριθμού των ελληνικών πλοίων, καθώς μένει σχετικά σταθερός, με μικρές μειωτικές τάσεις.
- Το 65% των ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων την περίοδο 1992-2005 είχε ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Το 76% των ατυχημάτων που είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα είχαν ως αφετηρία τη γέφυρα του πλοίου. Τα αντίστοιχο ποσοστό για το μηχανοστάσιο είναι 17% και για τα υπόλοιπα μέρη του πλοίου 7%.
- Από τον συνολικό αριθμό των ατυχημάτων που αποδόθηκαν στον ανθρώπινο παράγοντα, σε ποσοστό 76% αποδείχθηκε πλήρη ή εν μέρει ευθύνη του πλοιάρχου. Συγκεκριμένα, το 56% των ατυχημάτων αποδόθηκαν αποκλειστικά σε αμέλεια του πλοιάρχου, ενώ στο υπόλοιπο 20% και σε κάποιο άλλο η κάποια άλλα μέλη του πληρώματος.
- Από τα 74 συνολικά ατυχήματα των επιβατηγών πλοίων στην Ελλάδα την περίοδο 1992-2005, τα 7 (ποσοστό 9%) είχαν ως συνέπεια κάποιον τραυματισμό ή θάνατο, εκ των οποίων τα 6 είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Τα πλοία ηλικίας 21-25 ετών παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα ατυχημάτων, ενώ ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι η μείωση της συχνότητας των ατυχημάτων για τα πλοία άνω των 25 ετών.
- Η ηλικία των επιβατηγών πλοίων αποδεικνύεται ότι δεν συσχετίζεται με την αιτία ενός ατυχήματος, αν δηλαδή αυτό προήλθε από ανθρώπινο παράγοντα ή άλλα αίτια.
- Τα πλοία ηλικίας 11-30 ετών παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη τάση για ατύχημα από ανθρώπινη αμέλεια. Η τάση αυτή εξασθαινεί όσον αφορά τα πλοία 1-10 ετών, καθώς είναι λογικό κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας του πλοίου να παρουσιαστούν κάποια προβλήματα από λανθασμένους χειρισμούς κατά την κατασκευή. Για τα πλοία 31-35 ετών παρουσιάζεται πλήρης εξισορρόπηση της τάσης και αυτό, ίσως, να οφείλεται στη μη επαρκή συντήρηση των πλοίων που - με τα ισχύουσα μέτρα την εξεταζόμενη περίοδο – οδηγούνταν σύντομα σε παροπλισμό.
- Το μέγεθος των επιβατηγών πλοίων δείχνει να αποτελεί παράγοντα που συσχετίζεται με την αιτία του ατυχήματος.

- Αποδεικνύεται η εν γένει τάση των πλοίων μικρότερης χωρητικότητας (100-5000GRT) να είναι πιο επιρρεπή σε ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα. Η τάση αυτή εξασθενεί σταδιακά με την αύξηση του μεγέθους και φθάνει για επιβατηγά πλοία άνω των 10000GRT να αντιστρέφεται , καθώς για αυτά τα πλοία το ατύχημα από άλλα αίτια φαντάζει πιο πιθανό.
- Σημαντικό στοιχείο αποτελεί ο συνδυασμός των συμπερασμάτων που εξάγονται από τα παρακάτω δύο σχήματα :



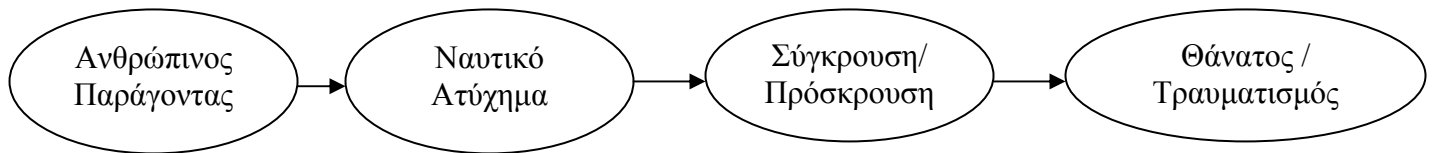
Συχνότητα ατυχημάτων Ε/Γ πλοίων ως συνάρτηση του μεγέθους (ανά 100 πλοία) , Ελλάδα, 1992-2005

Means plot “Αιτία ατυχήματος - Μέγεθος”

Τα επιβατηγά πλοία χωρητικότητας 2001-5000GRT δείχνουν ότι είναι τα πιο επιρρεπή σε ναυτικό ατύχημα, ενώ παράλληλα για αυτά τα πλοία η τάση για ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα είναι εξαιρετικά αυξημένη. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η συνεχής μείωση της συχνότητας ατυχημάτων των επιβατηγών πλοίων άνω των 5000GRT, συνοδεύεται από συνεχή μείωση της τάσης των πλοίων αυτού του μεγέθους να παθαίνουν ατύχημα από ανθρώπινο παράγοντα.

- Οι κατανομές των τιμών χωρητικότητας των επιβατηγών πλοίων που έπαθαν ατύχημα τόσο από ανθρώπινο παράγοντα, όσο και από άλλα αίτια μπορούν να προσεγγιστούν σε πολύ μεγάλο βαθμό με μία εκθετική κατανομή.
- Η συσχέτιση της αιτίας με το είδος ενός ατυχήματος επιβατηγού πλοία αποδεικνύεται *οριακά στατιστικά σημαντική*.

- Ουσιαστικά, η προσοχή επικεντρώνεται στα ατυχήματα που σαν πρώτο χρονικό συμβάν είχαν την σύγκρουση/πρόσκρουση καθώς από τα συνολικά 15 τέτοιου είδους ατυχήματα που σημειώθηκαν, τα 14 προήλθαν από ανθρώπινο παράγοντα.
- Η παρατήρηση αυτή αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία από το γεγονός ότι από τα 7 ναυτικά ατυχήματα ελληνικών επιβατηγών πλοίων που οδήγησαν σε τραυματισμό ή θάνατο, τα 4 είχαν ως είδος ατυχήματος την σύγκρουση/πρόσκρουση και, μάλιστα, και τα 4 είχαν ως αιτία τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Από τα παραπάνω φαίνεται ότι δημιουργείται μία αλυσίδα που αποτελεί τον βασικότερο κίνδυνο της ελληνικής ακτοπλοΐας και η οποία παρουσιάζεται παρακάτω :



- Η αποτίμηση του ρίσκου της ελληνικής ακτοπλοΐας δείχνει ότι μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξαιρετικά ασφαλής και αυτό αποδεικνύεται περίτρανα κατά τη σύγκριση με τιμές ρίσκου που αφορούν άλλες δραστηριότητες ή τρόπους μεταφοράς, όπως οι αεροπορικές πτήσεις και η μεταφορά με τρένο, αλλά και με τιμές ρίσκου άλλων επιβατηγών πλοίων. Παράλληλα, η τιμή του ατομικού ρίσκου βρίσκεται πολύ χαμηλότερα από τα κριτήρια που υιοθετεί ο IMO.
- Η αρνητική συνεισφορά του ατυχήματος του Ε/Γ-Ο/Γ Express Samina το Σεπτέμβριο του 2000, αποτυπώνεται με γλαφυρό τρόπο στη σύγκριση των υποθετικών τιμών του ρίσκου χωρίς το συγκεκριμένο ναυάγιο με τις πραγματικές τιμές, καθώς οι τιμές τόσο του κοινωνικού όσο και του ατομικού ρίσκου παρουσιάζονται περίπου 4.5 φορές μικρότερες.

10.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι ιδιαίτερα χαμηλές τιμές του ρίσκου των ελληνικών επιβατηγών πλοίων σίγουρα είναι σίγουρα κολακευτικό και πολύ σημαντικό στοιχείο, όμως δεν σημαίνει, φυσικά, ότι θα πρέπει να υπάρξει εφησυχασμός. Η προσπάθεια για την αύξηση του επιπέδου της

ασφάλειας της ελληνικής ακτοπλοΐας είναι υποχρέωση όλων των εμπλεκομένων φορέων και δικαίωμα κάθε πιθανού επιβάτη.

Η περαιτέρω θωράκιση της ασφάλειας είναι άμεση συνέπεια του περιορισμού της βασικής αιτίας των ατυχημάτων : του ανθρώπινου παράγοντα. Η αποστολή αυτή είναι εξαιρετικά δύσκολη και έχει πολλές παραμέτρους, όμως ο στόχος της αποφυγής έστω και ενός ατυχήματος, έστω και μίας ανθρώπινης ζωής την κάνει επιτακτική ανάγκη.

Βασικοί άξονες προς αυτή την κατεύθυνση θα πρέπει να είναι :

- i) η πλήρης ανάλυση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, η κατανόηση των δυνατοτήτων και αναγκών του ανθρώπου και η συμμετοχή των κατάλληλων ατόμων σε θέματα μελέτης και σχεδιασμού
- ii) η αγωγή ασφάλειας, που θα πρέπει να διέπει την ελληνική ακτοπλοΐα σε όλα τα επίπεδα ιεραρχίας αποτελώντας έτσι αναπόσπαστο μέρος της εργασίας και που θα αναγνωρίζεται από όλους, όχι απλά ως σημαντική, αλλά ως απαραίτητη για την εκπλήρωση του στόχου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α -

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ (Critical Values) ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΤΕΣΤ

Πίνακας Α.1 : Κρίσιμες τιμές Chi-Square statistic

ν	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.001$
1	3.84	6.64	10.83
2	5.99	9.21	13.82
3	7.82	11.35	16.27
4	9.49	13.28	18.47
5	11.07	15.09	20.52
6	12.59	16.81	22.46
7	14.07	18.48	24.32
8	15.51	20.09	26.13
9	16.92	21.67	27.88
10	18.31	23.21	29.59
11	19.68	24.73	31.26
12	21.03	26.22	32.91
13	22.36	27.69	34.53
14	23.69	29.14	36.12
15	25.00	30.58	37.70
16	26.30	32.00	39.25
17	27.59	33.41	40.79
18	28.87	34.81	42.31
19	30.14	36.19	43.82
20	31.41	37.57	45.32
21	32.67	38.93	46.80
22	33.92	40.29	48.27
23	35.17	41.64	49.73
24	36.42	42.98	51.18
25	37.65	44.31	52.62
26	38.89	45.64	54.05
27	40.11	46.96	55.48
28	41.34	48.28	56.89
29	42.56	49.59	58.30
30	43.77	50.89	59.70
31	44.99	52.19	61.10
32	46.19	53.49	62.49
33	47.40	54.78	63.87
34	48.60	56.06	65.25
35	49.80	57.34	66.62
36	51.00	58.62	67.99
37	52.19	59.89	69.35
38	53.38	61.16	70.71
39	54.57	62.43	72.06
40	55.76	63.69	73.41

Πίνακας Α.2 : Κρίσιμες τιμές (Critical values) Wilcoxon-Signed Rank test

<i>Wilcoxon Signed-Ranks Test Critical Values</i>		
Αριθμός τιμών δειγματικού χώρου (n)	Two-Sided	One-Sided
6	0	2
7	2	3
8	3	5
9	5	8
10	8	10
11	10	13
12	13	17
13	17	21
14	21	25
15	25	30
16	29	35
17	34	41
18	40	47
19	46	53
20	52	60
21	58	67
22	65	75
23	73	83
24	81	91
25	89	100

Πίνακας Α.3 : Κρίσιμες τιμές (Critical values) Mann-Whitney *U* test

		Critical Values for the Mann-Whitney U-Test																												
		Level of significance: 5% (P = 0.05)																												
		Size of the largest sample (n_2)																												
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Size of the smallest sample (n_1)	3	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	13	13			
	4	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23			
	5	2	3	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19	20	22	23	24	25	27	28	29	30	32	33			
	6		5	6	8	10	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	27	29	30	32	33	35	37	38	40	42	43			
	7			8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54			
	8				13	15	17	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	45	48	50	53	55	57	60	62	65			
	9					17	20	23	26	28	31	34	37	39	42	45	48	50	53	56	59	62	64	67	70	73	76			
	10						23	26	29	33	36	39	42	45	48	52	55	58	61	64	67	71	74	77	80	83	87			
	11							30	33	37	40	44	47	51	55	58	62	65	69	73	76	80	83	87	90	94	98			
	12								37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109			
	13									45	50	54	59	63	67	72	76	80	85	89	94	98	102	107	111	116	120			
	14										55	59	64	67	74	78	83	88	93	98	102	107	112	118	122	127	131			
	15											64	70	75	80	85	90	96	101	106	111	117	122	125	132	138	143			
	16												75	81	86	92	98	103	109	115	120	126	132	138	143	149	154			
	17													87	93	99	105	111	117	123	129	135	141	147	154	160	166			
	18														99	106	112	119	125	132	138	145	151	158	164	171	177			
	19															113	119	126	133	140	147	154	161	168	175	182	189			
	20																127	134	141	149	156	163	171	178	186	193	200			
	21																	142	150	157	165	173	181	188	196	204	212			
	22																		158	166	174	182	191	199	207	215	223			
	23																			175	183	192	200	209	218	226	235			
	24																				192	201	210	219	228	238	247			
	25																					211	220	230	239	249	258			
	26																						230	240	250	260	270			
	27																							250	261	271	282			
	28																								272	282	293			
	29																									294	305			
	30																										317			

Πίνακας Α.4 : Κανονική Κατανομή

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β -

**ΔΕΙΓΜΑ ΛΙΣΤΑΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ
Δ.Α.Ν.**

Πίνακας Β.1 : Δείγμα λίστας ναυτικών ατυχημάτων από ΔΑΝ (Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας)

**ΕΠΙΣΥΜΒΑΝΤΑ ΝΑΥΤΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ Ν.Δ 712/70
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΛΟΙΑ ΑΝΩ ΤΩΝ 100 ΚΟΧ**

<i>Α.Α ΑΡΙ Θ ΦΑΚ</i>	<i>ΕΙΔΟΣ ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ ΛΙΜΑΝΙ ΑΡΙΘ, ΝΗΟΛΟΓΙΟΥ</i>	<i>Δ.Δ.Σ Κ.Ο.Χ ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚ</i>	<i>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ</i>	<i>ΕΙΔΟΣ - ΑΙΤΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ</i>	<i>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ</i>	<i>ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΖΩΗΣ ΤΡΑΥΜΑΤ</i>	<i>ΠΟΡΙΣΜΑ ΑΣΝΑ</i>	<i>Αρι θ.Ε κθ</i>
***	Φ/Γ ***** Νηολ. Πειρ. *****	** ***** 486 1951	07-03-95 2 ν.μ Β. νήσων Αρκαδιές Μήλου	Μηχανική βλάβη	Ακυβερνησία- ρουμούλκηση	000000	Τυχαίο γεγονός	** /**
***	Α/Κ ***** Νηολ. Πάτρας *****	** ***** 136 1987	20-03-95 θαλ.περ. ακρωτ. Κάβος Κεφαλληνίας	Μηχανική βλάβη	Ακυβερνησία- ρουμούλκηση	00000	Τυχαίο γεγονός	** /**
***	Φ/Γ ***** Νηολ. Πειρ.*****	** ***** 499 1954	24-06-95 θαλ.περ. Καλαμάκι Ισθμίας	Μηχανική βλάβη	Ακυβερνησία- ρουμούλκηση	00000	Τυχαίο γεγονός	** /**
***	Δ/Ξ ***** Νηολ. Πειρ.*****	** ***** 356 1963	09-05-95 αγκυροβόλιο Πειραιά	Μηχανική βλάβη	Ακυβερνησία- ρουμούλκηση	00000	Τυχαίο γεγονός	** /**
***	Ε/Γ-Τ/Ρ ***** Νηολ. Πειρ. *****	** ***** 220 1993	18-06-95 θαλ.περ. ακρωτ. Βελοστάσι Σύρου	Πυρκαϊα-βύθιση	ΟΛΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ	0000	Αμέλεια πλοιάρχου- Α. μηχανικού	** /**
***	Ε/Γ-Ο/Γ ***** Νηολ. Μυτιλ. ***	** ***** 19.212 1974	03-07-95 λιμάνι Χίου	Πρόσκρουση στη προβλήτα-προσάραξη	Ακυβερνησία- αποκόλληση	0000	Αμέλεια Α.μηχανικού- πλοιάρχου	** /**

Με αστερίσκο αποκρύπτονται τα διακριτικά στοιχεία (όπως όνομα και αριθμός νηολογίου) των εμπλεκόμενων σε ατύχημα ελληνικών εμπορικών πλοίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ -

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ *MATLAB*

**Αλγόριθμος κώδικας *MATLAB* για τη γραφική αναπαράσταση της συνάρτησης
πυκνότητας πιθανότητας**

```
>>i=sprintf('%s', 'x', '.txt');  
>>m=dlmread(I, '%n');  
>>[f,x,u]=ksdensity(m);  
>>plot(x,f)  
>>set(gca, 'XLim',[100 max(m)])
```

*x : αρχείο .txt με τις τιμές της χωρητικότητας των εμπλεκόμενων σε ατύχημα
επιβατηγών πλοίων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

Miller E. Jane (2005) *“The Chicago Guide to Writing about Multivariate Analysis. A Chicago Guide to Writing, Editing, and Publishing from the University of Chicago Press”*

Bernstein Ruth and Bernstein Stephen (2000) *“Elements of Statistics II Inferential Statistics”*, 1st Edition, Schaum;s Outline

Κοκολάκης Γ. και Σπηλιώτης Ι. (1999) *“Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική”*, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμεών

Βεντικός Π. Νικόλαος (2005) *“ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΙΙΙ – ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ”*, Ε.Μ.Π., 2005

Hanselman Duane and Littlefield Bruce (2005) *“Mastering MATLAB 7”*, Pearson Prentice Hall

Papers

Kaneko Fujio, Miyazaki Hideki, Ando Noburo, Kawai Takashi (2004) *“Safety levels of Japan flagged ships evaluated by Risk Assessment”*, 2nd International Maritime Conference on Design for Safety, Sakai, Japan, 27-30 October, 2004

Suddle S.I. and Waarts P.H. (2003) *“The safety of risk or the risk of safety?”*, Safety and Reliability – Bedford & van Gelder(eds)

Skjong Rolf (2002) *“Risk Acceptance Criteria : current proposals and IMO position”*, Surface transport technologies for sustainable development, Valencia, Spain 4-6 June, 2002

Vassalos D. and Kontovessis D. (2003) *“An implementation of a life-cycle risk-based design for safety methodology”*, Safety and Reliability – Bedford & van Gelder(eds)

Διαδίκτυο

Psarafitis H. N (2006) “*GBS vs safety level approach*”, Presentation at MSC 81, 10 May 2006, πρόσβαση 11 Αυγούστου 2006

<<http://www.martrans.org/documents/2006/safety/GBS%20vs%20FSA%20FINAL.pdf>>

Ψαραύτης Χ. Ν., Καρύδης Π., Παναγάκος Γ., Δεσύπρης Ν., Βεντικός Ν. (1998) “*Ο ανθρώπινος παράγοντας ως παράμετρος των ναυτικών ατυχημάτων*”, 1ο Πανελλήνιο Συνεδριο Ασφαλείας Θαλασσιών Μεταφορών, Πειραιάς, Ιουνιος 1998, πρόσβαση 11 Αυγούστου 2006

<<http://www.martrans.org/documents/2000/safeco/level2.doc>>

Ψαραύτης Χ. Ν., Παναγάκος Γ., Δεσύπρης Ν., Βεντικός Ν. (1998) «*Παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια των θαλασσιών μεταφορών*», 1ο Πανελλήνιο Συνεδριο Ασφαλείας Θαλασσιών Μεταφορών, Πειραιάς, Ιουνιος 1998, πρόσβαση 20 Σεπτεμβρίου 2006,

<<http://www.martrans.org/documents/2000/safeco/level1.doc>>

Kontovas A., Psarafitis H. N. (2006) “*Formal Safety Assessment: a critical review and ways to strengthen it and make it more transparent*”, NTUA, 2006, πρόσβαση 11 Αυγούστου 2006

<<http://www.martrans.org/documents/2006/safety/Kontovas%20Psarafitis%20FSA%20FINAL%20single%20spaced.pdf>>

“*Managing Human Error*” (2001) a report from the Parliamentary office of Science and Technology, June 2001 Number 156: available via the Parliamentary Office of Science and Technology's website. A clear and useful summary of the main issues on managing human error, πρόσβαση 11 Ιουλίου 2006

<<http://www.parliament.uk/post/pn156.pdf>>

“*International Shipping and World Trade – Facts and Figures*” (2006), Compiled by the IMO Library Services, πρόσβαση 20 Σεπτεμβρίου 2006

<http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D13865/InternationalShippingandWorldTrade-factsandfigures.pdf>

www.yen.gr , πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2006

http://www.chem.uoa.gr/applets/appletttest/Text_Ttest2.htm , πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2006

http://www.usatoday.com/news/nation/2006-06-29-air-safety-cover_x.htm , πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2006

<http://davidmlane.com/hyperstat/> , πρόσβαση 20 Σεπτεμβρίου 2006

<http://www.fuzzy-logic.com/> , πρόσβαση 20 Σεπτεμβρίου 2006

http://www.imo.org/Safety/mainframe.asp?topic_id=356 , πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2006

http://www.imo.org/HumanElement/mainframe.asp?topic_id=62 , πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2006

IMO DOCUMENTS

MSC x/y/z x : Session, y : Agenda Item, z : Document number of Agenda Item

FSA STUDIES

- MSC 81/6/10 : GOAL BASED NEW SHIP CONSTRUCTION STANDARDS, Safety level approach – Safety level criteria
- MSC 81/18 : Report of the correspondence group
- MSC/Circ.1023 GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) FOR USE IN THE IMO RULE-MAKING PROCEDURE