

**Διατριβή για την απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος με τίτλο**  
**«Ανάπτυξη Πιθανοθεωρητικού Μοντέλου και Πειραματικού Πρωτοκόλλου για την**  
**Εκτίμηση της Επίδρασης του Ανθρώπινου Παράγοντα στη Ναυτική Ασφάλεια.**  
**Μελέτη εφαρμογής σε έκτακτες καταστάσεις σε δεξαμενόπλοια»**  
Γεώργιος Λύκος

### Περίληψη

Η μελέτη και ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας στις θαλάσσιες μεταφορές εξελίσσεται συνεχώς, ειδικότερα από την αρχική εστίαση στο ανθρώπινο σφάλμα μετατοπίζεται προς την έμφαση στην αποτίμηση για την ανθρώπινη απόδοση. Είναι σαφές ότι όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς της ναυτιλίας έχουν αναγνωρίσει ολοένα και περισσότερο τη σημασία του Ανθρώπινου Παράγοντα (ΑΠ), μέσα από τη μελέτη ασφάλειας στις θαλάσσιες μεταφορές, με γνώμονα την ανθρώπινη αξιοπιστία, την αξιολόγηση της επάρκειας των ναυτικών και τη μελέτη των Μη-Τεχνικών Δεξιοτήτων (ΜΤΔ). Στην παρούσα Διατριβή, ο ΑΠ αναλύεται διεξοδικά, μέσω συλλογής και επεξεργασίας σχετικών δεδομένων από μεγάλο δείγμα ναυτικών. Η στατιστική επεξεργασία ανέδειξε μεταξύ άλλων, την ιδιαίτερα σημαντική επίδραση της κόπωσης στην ανθρώπινη απόδοση, κάτι που επιδρά δυσμενώς στη διατήρηση και ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας. Έχοντας λοιπόν σαν βάση τα αποτελέσματα αυτά, η Διατριβή αναπτύσσει ένα αρχικό πιθανοθεωρητικό μοντέλο για την εκτίμηση της πιθανότητας κόπωσης των ναυτικών σε διάφορες καταστάσεις επάνω στο πλοίο. Το μοντέλο ενσωματώνει πολλαπλούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και εκδήλωση της κόπωσης και παρέχει χρήσιμα αποτελέσματα για την αποτίμηση της ανθρώπινης απόδοσης, την εκτίμηση της ναυτικής ασφάλειας, μέχρι και την πρόταση πιθανών λύσεων στο πλαίσιο του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού τμημάτων ή ολόκληρου του πλοίου. Η Διατριβή υποβάλλει το συγκεκριμένο πιθανοθεωρητικό μοντέλο σε ελέγχους για την αξιοπιστία του, την ακρίβειά του, τη στιβαρότητά του, και την εκτίμηση της αβεβαιότητας που αυτό περιέχει. Η αρχική του εφαρμογή του σε πραγματικά συμβάντα της ναυτιλίας καταδεικνύει ότι ο έλεγχος των ανθρωποκεντρικών και διαχειριστικών παραγόντων κόπωσης, επιδρά σημαντικά στην πρόκληση (άρα και σε πιθανή αποτροπή) των ναυτικών ατυχημάτων.

Προς αποτίμηση των ευρημάτων του ανωτέρω μοντέλου για την εκτίμηση της κόπωσης, με γνώμονα τα καταγεγραμμένα σημεία προβληματισμού και περαιτέρω μελέτης και πάντα επικεντρώνοντας στους ανθρώπινους περιορισμούς και την ανθρώπινη απόδοση σχεδιάστηκε πειραματικό πρωτόκολλο για την αντίστοιχη διερεύνηση σχετικών θεμάτων. Ειδικότερα, αναπτύχθηκαν και πραγματοποιήθηκαν σενάρια σε (φυσικούς) προσομοιωτές καταστάσεων έκτακτης ανάγκης σε πλοία (δηλαδή, πυρκαγιάς, διαφυγής και διαρροής) για την καταγραφή και μέτρηση των ανθρώπινων επιδόσεων, άρα και στοιχείων της ανθρώπινης απόδοσης. Κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών/πειραματικών αυτών κύκλων γίνεται καταγραφή (βιομετρικών) μετρήσεων, που επηρεάζουν κατά τη διεθνή βιβλιογραφία την ανθρώπινη απόδοση. Εντός των προσομοιωτών, οι συμμετέχοντες ναυτικοί υποβάλλονται σε ακραίες καταστάσεις (όπως π.χ. πραγματική πυρκαγιά ή παντελή έλλειψη ορατότητας) και καταγράφονται πολύ χρήσιμα δεδομένα υπό έντονη πίεση και κόπωση. Τα ευρήματα αυτά αναλύονται στατιστικά, διερευνώνται τάσεις και συσχετίσεις και τροφοδοτούν την αναθεώρηση του πιθανοθεωρητικού μοντέλου, ώστε να θεραπευθούν οι αδυναμίες του, να διαμορφωθούν σενάρια με πραγματικά δεδομένα και αντίστοιχες μεταβολές, και έτσι να γίνει καλύτερος έλεγχος για τη διαχείριση της αβεβαιότητας.

Η Διατριβή εφαρμόζει το αναθεωρημένο πιθανοθεωρητικό μοντέλο στην περίπτωση μελέτης για την αποτίμηση της κατάσβεσης πυρκαγιάς σε δεξαμενόπλοιο και αναδεικνύει αποτελέσματα και θέματα σχετικά με την ανθρώπινη απόδοση, το βαθμό επάρκειας των

ναυτικών, το επίπεδο εκπαίδευσής τους, αλλά και τη διαχείριση της κόπωσης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το τελικό πιθανοθεωρητικό μοντέλο στη μελέτη περίπτωσης αντιπαραβάλλονται και επαληθεύονται με αντίστοιχες δημοσιεύσεις που καταπιάνονται με πραγματικές πυρκαγιές σε πλοία, αλλά και με μετρήσεις που έγιναν επί δεξαμενόπλοιων σε γυμνάσια πυρκαγιάς.

Τα αποτελέσματα και ευρήματα της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής αναδεικνύουν και προβάλλουν τη σημασία του ΑΠ στη ναυτική ασφάλεια – ιδιαίτερα για τα θέματα κόπωσης των ναυτικών – και στην ευρύτερη αξιοπιστία των θαλάσσιων μεταφορών. Πρόσθετα, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση και να αξιοποιηθούν για την εκτίμηση της ανθρώπινης απόδοσης, για την ανάπτυξη διαδικασιών και λειτουργιών επάνω σε πλοία, και για την προώθηση λύσεων ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού τμημάτων πλοίων ή πλοίων.

**Thesis submitted for the degree of Doctor of Engineering**  
“Development of a Probabilistic Model and Experimental Protocol for Assessing the  
Impact of Human Factors on Maritime Safety.  
Case study in Emergency Situations onboard Tankers”  
Georgios Lykos

**Short Abstract**

The maritime safety has evolved in time from focusing on the so called human error to the study and integration of the human performance. Currently, key maritime stakeholders recognize the importance of the Human Factors (HF), particularly through assessing the competence of seafarers, and their Non-Technical Skills, which include cognitive, social, and personal abilities. This Dissertation analyses the HF by collecting and processing data from a large sample of seafarers, as a basis for the selection of the main factor(s) for the sequential study of the maritime safety. Thus, the statistical analysis revealed the impact that fatigue presents on the human performance and therefore, on maritime safety. A probabilistic model was initially developed to assess seafarers' fatigue, incorporating factors that influence it, capable of proposing valuable solutions ranging from dealing with the HF on board ships to human-centered ship design interventions always aiming at the mitigation of fatigue. To further validate the model and address relevant challenges, experimental scenarios within ship emergency simulators were drafted and developed, focusing on human limitations and the human performance under certain extreme conditions. During realistic scenarios inside these physical simulators and following the developed experiments protocol, (biometric) data were recorded to assess fatigue and elements of the human performance. The findings were thoroughly analysed and employed to refine the probabilistic model, which aims at the estimation of the likelihood of extinguishing a fire onboard ships (the case study focuses on tanker vessels) taking into account aspects of the human performance, seafarers competencies, the training level, and fatigue management. This model was verified against real-life fire incidents studies and original drills onboard tankers. The findings highlight the significance of the HF in maritime safety and can be applied from solutions for onboard procedures and functionalities to the implementation of human-centered design approaches for parts or for the whole ship.