



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Αριθμ. Πρωτ.: 3538

Ζωγράφου, 22 Ιανουαρίου 2025

Π ρ ο ς
τα μέλη της
Ακαδημαϊκής Κοινότητας

Π Ρ Ο Σ Κ Λ Η Σ Η

Ο Υποψήφιος Διδάκτορας κ. Ρωσσόπουλος Γεώργιος θα υποστηρίξει τη διατριβή του προς απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος ενώπιον της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής. Η υποστήριξη της διατριβής θα διεξαχθεί με φυσική παρουσία στο Αμφιθέατρο Πολυμέσων Ε.Μ.Π. (Ισόγειο Βιβλιοθήκης) την **Τρίτη 18 Φεβρουαρίου 2025 και ώρα: 9:30 π.μ.** Παράλληλα, θα υπάρχει και δυνατότητα διαδικτυακής παρακολούθησης μέσω Webex στο ακόλουθο link:

<https://centralntua.webex.com/centralntua/j.php?MTID=m8a5bf0c2bfb1b6dfa298d4658a748476>. Ο τίτλος της διατριβής είναι:

«Performance Parameter Recognition and Damage Prevention in Marine Shafting Systems Utilizing Machine Learning & Artificial Intelligence Algorithms»

« Αναγνώριση Λειτουργικών Παραμέτρων και Πρόληψη Αστοχιών σε Αξονικά Συστήματα Πλοίου με Χρήση Μεθόδων Μηχανικής Μάθησης και Τεχνητής νοημοσύνης».

Τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής είναι οι εξής: Καθ. Χ. Παπαδόπουλος (Επιβλέπων), Αναπλ. Καθ. Γ. Παπαλάμπρου, Καθ. Λ. Καϊκτοής, Καθ. Π. Νικολακόπουλος, Καθ. Γ. Γρηγορόπουλος, Αναπλ. Καθ. Κ. Ανυφαντής, Επικ. Καθ. Α. Χασαλεύρης.

Τα μέλη της Ακαδημαϊκής Κοινότητας και κάθε ενδιαφερόμενος προσκαλούνται να παρευρεθούν στην υποστήριξη.

Ο Κοσμήτορας

Κων/νος Μπελιμπασάκης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Τίτλος: «Αναγνώριση λειτουργικών παραμέτρων και πρόληψη αστοχιών σε αξονικά συστήματα πλοίου με χρήση μεθόδων μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης»

Σύνοψη

Το σύστημα πρόωσης των πλοίων βασίζεται σε καθοριστικό βαθμό στο αξονικό σύστημα, το οποίο υπόκειται σε αυστηρά κανονιστικά πρότυπα που διασφαλίζουν την αξιοπιστία και τη λειτουργικότητα υπό αντίξοες συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Σε αντίθεση με άλλα κρίσιμα συστήματα, το αξονικό σύστημα των μεγάλων εμπορικών πλοίων σπάνια διαθέτει εφεδρικό σύστημα πρόωσης. Παρότι τα σύγχρονα συστήματα θαλάσσιας πρόωσης χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία, ενδεχόμενες αστοχίες, αν και σπάνιες, δύνανται να έχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο για την ασφάλεια του πληρώματος και τη δομική ακεραιότητα του σκάφους, όσο και για την οικονομική βιωσιμότητα του πλοίου, λόγω των σημαντικών δαπανών αποκατάστασης και του χρόνου ακινητοποίησης.

Η παρούσα ερευνητική εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος πρόληψης αστοχιών του αξονικού συστήματος πλοίων, μέσω της υλοποίησης προηγμένων αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης και Τεχνητής Νοημοσύνης. Για την ανάλυση της πολύπλοκης δυναμικής συμπεριφοράς του συστήματος, αναπτύχθηκαν εξειδικευμένα υπολογιστικά εργαλεία αριθμητικής προσομοίωσης, τα οποία ενσωματώνουν τη συμπεριφορά τόσο των αξόνων όσο και των εδράνων ολίσθησης. Μέσω παραμετρικών αναλύσεων, δημιουργούνται λεπτομερείς χάρτες απόδοσης-λειτουργίας του συστήματος για διαφορετικές γεωμετρικές διαμορφώσεις, συνθήκες ταχύτητας περιστροφής και εξωτερικά φορτία, επιτρέποντας τον ακριβή προσδιορισμό των ορίων ασφαλούς λειτουργίας. Επιπρόσθετα, η αντίστροφη ανάλυση επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του συστήματος υπό πολλαπλές συνθήκες λειτουργίας.

Το προτεινόμενο σύστημα διάγνωσης εκπαιδεύεται με δεδομένα που παράγονται από υψηλής πιστότητας υποκατάστατα ψηφιακά μοντέλα προσομοίωσης, παρέχοντας έγκαιρη πρόβλεψη δυσλειτουργιών και βέλτιστες οδηγίες διαχείρισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Παράλληλα, αναπτύχθηκε πειραματική μεθοδολογία για τη σχεδίαση και κατασκευή ενός δυναμικά όμοιου μοντέλου μειωμένης κλίμακας του αξονικού συστήματος, το οποίο αξιοποιείται για την αξιολόγηση καινοτόμων διατάξεων αισθητήρων πριν την υλοποίηση του συστήματος τηλεμετρίας σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας επί πλοίου.

Συμπερασματικά, το προτεινόμενο ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο για τη μελέτη του αξονικού συστήματος πλοίων παρέχει δυνατότητες λεπτομερούς παρακολούθησης και διάγνωσης της λειτουργικής του κατάστασης, ενώ παράλληλα επιτρέπει την αξιολόγηση κρίσιμων παραμέτρων για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και την επέκταση της κατανόησης των πολύπλοκων μηχανισμών αστοχίας. Η συγκεκριμένη ερευνητική προσέγγιση έχει ως στόχο να συμβάλλει στην ενίσχυση της λειτουργικής ανθεκτικότητας του αξονικού συστήματος, με απώτερους στόχους τη διασφάλιση υψηλών προδιαγραφών ασφαλείας και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των ναυτικών συστημάτων πρόωσης.

Title: «Performance Parameter Recognition and Damage Prevention in Marine Shafting Systems Utilizing Machine Learning & Artificial Intelligence Algorithms»

Abstract

The propulsion powertrain of ships relies crucially on the shafting system, a component subject to rigorous regulatory standards ensuring reliability and operability under adverse conditions throughout the vessel's life cycle. Unlike many shipboard systems, the shafting system lacks sufficient redundancy options, making failures infrequent but highly perilous. Such failures pose serious threats to both crew safety and vessel integrity, resulting in unforeseen costs and repairs. The present research aims at establishing a comprehensive framework for assessing the performance of the shafting system, facilitating the identification of key operational parameters, recognizing system states, and evaluating those states through comparative assessment tools and data obtained from sensors merged with artificial intelligence techniques.

The present study aims at preventing failures by pinpointing and avoiding critical or potentially hazardous operating conditions through the development of multiple ML and AI algorithms. To comprehend the intricate nature of the shafting system, various tools are integrated to conduct numerical simulations accounting for the particulars of both shafts and bearings. Performance-operation maps of the entire system are calculated under different geometrical characteristics, rotational speeds, and external loads, determining the safest margins for operation. Conversely, optimal geometric characteristics can be determined by simulating various conditions and ensuring optimal system design. Thus, this framework offers a dual advantage, enhancing the operation of existing installations and optimizing the design of new propulsion systems.

Additionally, an AI-based system has been developed, utilizing training data from surrogate digital models. This system is designed to provide early prognosis of undesired operating conditions and, in emergencies, offer crucial instructions to the ship operators in order to mitigate potential or further damage. Complementing the computational aspect, an experimental process is established, providing the necessary theoretical background, to create an equivalent small-scale model of the shafting system with relative features similar to the large-scale installations. This serves as a test-rig for the study of novel sensor configurations, prior to a full-scale, costly implementation onboard, aiming at improving the telemetry of the shafting system.

In conclusion, the proposed holistic study of a ship's shafting system may provide a thorough assessment of its current operating state, evaluate key metrics for safe and reliable operation, and broaden the understanding of the complexities involved. Ultimately, this research aims to enhance the resilience of the shafting system, ensuring the safety and efficiency of marine propulsion powertrains.