

Διπλωματική Εργασία

An Integrated Predictive Maintenance system for smart ports

ΦΩΤΗΣ ΧΑΤΖΗΣΑΒΒΑ

22846

Λεμεσός Μαΐος 2025



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΗΜΠ 412 -Διπλωματική Εργασία Ακαδημαϊκό έτος 2024-2025

Όνομα Φοιτητή / ΑΦΤ: Φωάνης Χ' Σαλβα / 22846

Βαθμός: 8.5

Τίτλος: An integrated predictive maintenance system for smart roofs

Επιβλέπων Καθηγητής:

Μιχάλης Βλάχου
Όνομα

[Signature]
Υπογραφή

30/05/2025
Ημερ.

Εξεταστής 1:

Χρήστος Λοΐζου
Όνομα

[Signature]
Υπογραφή

30/05/2025
Ημερ.

Εξεταστής 2:

Χρήστος Λοΐζου
Όνομα

[Signature]
Υπογραφή

30/05/2025
Ημερ.

ΕΕΝ-412

2025

Χρήστος Λοΐζου

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή διατριβή

An Integrated Predictive Maintenance system for smart ports

του

Φώτης Χατζησάββα

Υπεύθυνος Καθηγητής:

Δρ. Χρίστος Λοΐζου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Μιχάλης Μιχαηλίδης

Λεμεσός, Μάϊος 2025

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Φώτης Χατζησάββα Μάιος 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με τον τρόπο τους για την επίτευξη αυτού του σημαντικού στόχου.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Μιχάλη Μιχαηλίδη για την εμπιστοσύνη την καθοδήγησή και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου. Οι συμβουλές και οι παρατηρήσεις του υπήρξαν καταλυτικές για την εξέλιξη της εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά και το σύνολο του διδακτικού και διοικητικού προσωπικού του τμήματος για τις γνώσεις και τη βοήθεια που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στους συμφοιτητές και φίλους μου για τη συνεργασία τη στήριξη και τις εμπειρίες που μοιραστήκαμε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου που ήταν πάντα στο πλευρό μου με αγάπη και την αμέριστη στήριξη σε κάθε στάδιο αυτής της μεγάλης διαδρομής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στην εφαρμογή των τεχνολογιών Internet of Things – IoT για την υλοποίηση ενός συστήματος Προγνωστικής Συντήρησης (Predictive Maintenance – PdM) σε λιμενικές εγκαταστάσεις, με επίκεντρο τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων της εταιρείας EUROGATE, ο οποίος βρίσκεται στο λιμάνι της Λεμεσού. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση και επίδειξη του τρόπου με τον οποίο η αξιοποίηση αισθητήρων σε κινητά λιμενικά μηχανήματα και πιο συγκεκριμένα σε γερανούς τύπου Straddle Carrier μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην έγκαιρη πρόβλεψη πιθανών τεχνικών βλαβών. Αυτή η προσέγγιση έχει ως απώτερο στόχο τη μείωση του χρόνου αδράνειας των μηχανημάτων, την αποτροπή ανεπιθύμητων διακοπών στην λειτουργία τους και την σημαντική μείωση του κόστους συντήρησης.

Στο πλαίσιο της μελέτης, έγινε εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος συλλογής δεδομένων με χρήση αισθητήρων οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε κρίσιμα σημεία των γερανών. Η ανάλυση των δεδομένων αυτών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση προηγμένων μεθόδων μηχανικής μάθησης (machine learning) και βαθιάς μάθησης (deep learning), με στόχο την ανάπτυξη μοντέλων που μπορούν να ανιχνεύσουν πρόωρα ανωμαλίες ή ασυνήθιστες συμπεριφορές. Μέσω της εκπαίδευσης των μοντέλων σε ιστορικά δεδομένα, το σύστημα «εκπαιδεύτηκε» να αναγνωρίζει μοτίβα και συσχετισμούς που υποδηλώνουν μελλοντικές βλάβες ή φθορές στον εξοπλισμό, παρέχοντας έτσι προειδοποιήσεις στους χειριστές προτού συμβεί η πραγματική αστοχία.

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος aerOS (HORIZON 2022–2025), το οποίο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και στοχεύει στην ανάπτυξη προηγμένων υποδομών λογισμικού και λύσεων για το Edge Computing, την τεχνητή νοημοσύνη και την ενσωμάτωση κυβερνοφυσικών συστημάτων στον χώρο της ναυτιλιακής και λιμενικής βιομηχανίας. Μέσα από τη συνεργασία μεταξύ ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, ερευνητικών κέντρων και φορέων της βιομηχανίας το πρόγραμμα προωθεί την ψηφιοποίηση των θαλάσσιων υποδομών.

Το τελικό αποτέλεσμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός λειτουργικού και επεκτάσιμου συστήματος προγνωστικής συντήρησης, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικές επιχειρησιακές συνθήκες. Το σύστημα αυτό δύναται να προσαρμοστεί και να υιοθετηθεί από άλλες λιμενικές εγκαταστάσεις, προσφέροντας σημαντικά επιχειρησιακά πλεονεκτήματα

Λέξεις κλειδιά: Προγνωστική Συντήρηση (Predictive Maintenance) Internet of Things (IoT) Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), Straddle Carriers

ABSTRACT

This thesis explores the practical implementation of Internet of Things (IoT) technologies for Predictive Maintenance (PdM) in port environments, using the EUROGATE Container Terminal at the Port of Limassol as a case study. The primary aim is to demonstrate how sensor-equipped Straddle Carrier cranes can facilitate the early detection of potential failures, thereby minimizing equipment downtime and reducing maintenance costs. Critical operational data were collected through strategically installed sensors and analyzed using machine learning and deep learning algorithms. The system was trained to recognize patterns and correlations that indicate abnormal behavior or impending malfunction, enabling preemptive action by operators.

The study is conducted within the framework of the European research project aerOS (HORIZON 2022–2025), which promotes the collaboration between academia and the maritime industry for the development of intelligent maritime infrastructures. The resulting PdM system is not only functional under real-world conditions but also scalable and adaptable to other port facilities, offering significant operational and economic advantages.

Keywords: Predictive Maintenance, Internet of Things (IoT), Machine Learning, Straddle Carriers