



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Investigation of Machine Vibration Analysis System Design

Diploma Thesis

Vasileios Dimitriou

Supervisor: Karakonstantis Georgios

Month 2022



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Investigation of Machine Vibration Analysis System Design

Diploma Thesis

Vasileios Dimitriou

Supervisor: Karakonstantis Georgios

Month 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Διερεύνηση Σχεδίασης Συστημάτων Ανάλυσης Δονήσεων
Μηχανών**

Διπλωματική Εργασία

Βασίλειος Δημητρίου

Επιβλέπων/πουνσα: Καρακωνσταντής Γεώργιος

Μήνας 2022

Approved by the Examination Committee:

Supervisor **Karakonstantis Georgios**

Rank/position of Supervisor, Department of Electrical and Computer
Engineering, University of Thessaly

Member **Name Surname of Member 1**

Rank/position of Member 1, Department/Institution of Member 1

Member **Name Surname of Member 2**

Rank/position of Member 2, Department/Institution of Member 2

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

«Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism».

The declarant

Vasileios Dimitriou

Diploma Thesis

Investigation of Machine Vibration Analysis System Design

Vasileios Dimitriou

Abstract

The abstract includes the scientific area and the purpose - subject of the thesis, the methodology, the main steps followed and the main results obtained. The total extent of the abstract will be up to one page. finding and conclusions to be highlighted.

A thesis written in english should include an english and a greek abstract.

Keywords:

term, term, . . . , term

Διπλωματική Εργασία

Διερεύνηση Σχεδίασης Συστημάτων Ανάλυσης Δονήσεων Μηχανών

Βασίλειος Δημητρίου

Abstract

Η περίληψη περιλαμβάνει την επιστημονική περιοχή και το σκοπό - αντικείμενο της εργασίας, τη μεθοδολογία, τα κύρια βήματα που ακολουθήθηκαν και τέλος τα κύρια αποτελέσματα. Η συνολική έκταση της περίληψης θα είναι μέχρι μία σελίδα.

Διπλωματική εργασία γραμμένη στα ελληνικά, θα πρέπει να περιλαμβάνει ελληνική και αγγλική περίληψη.

Λέξεις-κλειδιά:

όρος, όρος, . . . , όρος

Contents

Abstract	x
Abstract	xi
Contents	xiii
1 Introduction	1
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	1
1.1.1 Συνεισφορά	1
1.2 Οργάνωση του τόμου	2
2 Theoretical Background	3
2.1 Theory on mechanical equipment predictive maintenance concept	3
2.2 Introduction to System Architecture	3
2.3 Algorithms and Technologies	3
2.4 Technologies	3
2.4.1 Embedded Systems & IoT	3
2.4.2 Signal Processing	4
2.4.3 Backend & Database	4
2.4.4 Web Development Framework & Deployment	4
3 System Engineering and Design	5
3.1 Intro	5
3.2 A	5
3.2.1 Τίτλος Υπο-ενότητας	5
3.2.2 Τίτλος Υπο-ενότητας	5

3.2.3	Τίτλος Υπο-ενότητας	5
4	Results	7
4.1	Intro	7
4.2	A	7
4.2.1	Τίτλος Υπο-ενότητας	7
4.2.2	Τίτλος Υπο-ενότητας	7
4.2.3	Τίτλος Υπο-ενότητας	7
5	Conclusions	9
5.1	Σύνοψη και συμπεράσματα	9
5.2	Μελλοντικές επεκτάσεις	9
APPENDICES		11
A	Τίτλος Παραρτήματος	13
A.1	Δυνατότητες του L ^A T _E X	13
A.1.1	Πίνακες	13
A.1.2	Διαγράμματα - Γραφικές παραστάσεις	14
A.1.3	Σχήματα	14
A.1.4	Μαθηματικές εκφράσεις	15
A.1.5	Αλγόριθμοι	15
A.1.6	Θεωρήματα, Πορίσματα, Ορισμοί, κλπ.	16
A.1.7	Απαριθμήσεις	16
A.1.8	Είδη πηγών στις αναφορές	16
B	Τίτλος 2ου Παραρτήματος	19

Chapter 1

Introduction

Motivation and description Εδώ αυτή κάνουμε μια γενική περιγραφή του χώρου εφαρμογής της διπλωματικής. Αναφέρουμε τα χαρακτηριστικά του χώρου και καταλήγουμε στα γενικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο χώρος. Η συζήτηση των προβλημάτων θα πρέπει να προϊδεάζει τον αναγνώστη για το τι θα προσπαθήσει να αντιμετωπίσει η διπλωματική, χωρίς ακόμα να αναφερόμαστε συγκεκριμένα στο αντικείμενο της διπλωματικής.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Εδώ αναφερόμαστε συγκεκριμένα στο τί θα κάνει η διπλωματική. Αναφέρουμε λεπτομερώς α) τα προβλήματα που θα λύσει (και που ήδη έχουν περιγραφεί γενικά στην προηγούμενη ενότητα), και β) πώς σκοπεύει να τα λύσει. Είναι σημαντικό κάποιος που θα διαβάσει την ενότητα αυτή να καταλάβει σε σημαντικό βαθμό τον σκοπό της διπλωματικής σας και τις τεχνικές δυσκολίες της, χωρίς να είναι αναγκαίο να δει όλα τα άλλα κεφάλαια. Η ενότητα αυτή θέλει πολύ προσοχή και καλύτερα να τη γράψετε αφού έχετε γράψει όλα τα υπόλοιπα κεφάλαια.

1.1.1 Συνεισφορά

Εδώ παραθέτουμε αριθμητικά συγκεκριμένες ενέργειες/λύσεις/μεθοδολογίες που παρουσιάζει η διπλωματική και λύνουν τα προβλήματα που υποσχεθήκαμε στην προηγούμενη ενότητα ότι θα λύσει η διπλωματική. Συνήθως η υποενότητα αυτή έχει την παρακάτω μορφή:

Η συνεισφορά της διπλωματικής συνοψίζεται ως εξής:

1. Μελετήθηκαν συστήματα κ.λ.π.

2. Υλοποιήθηκαν τρεις αλγόριθμοι υπολογισμού κ.λ.π.
3. Αξιολογήθηκε η επίδοση των αλγορίθμων και βρέθηκε ότι κ.λ.π.
4. Ενσωματώθηκαν οι αλγόριθμοι σε πρότυπο σύστημα κ.λ.π.
5. ...

1.2 Οργάνωση του τόμου

Εδώ περιγράφουμε τα κεφάλαια της διπλωματικής: μία πρόταση για το τί θα έχει κάθε κεφάλαιο. Συνήθως η ενότητα αυτή έχει την παρακάτω μορφή (δεν θα σας πάρει πάνω από μία μεγάλη παράγραφο):

Εργασίες σχετικές με το αντικείμενο της διπλωματικής παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2. Το Κεφάλαιο ... συζητά θέματα μοντελοποίησης. Στο Κεφάλαιο ... αναπτύσσουμε κ.λ.π.

Για την τελική οργάνωση του κειμένου σας, συμβουλευθείτε τον επιβλέποντα της εργασίας.

Chapter 2

Theoretical Background

2.1 Theory on mechanical equipment predictive maintenance concept

2.2 Introduction to System Architecture

2.3 Algorithms and Technologies

2.4 Technologies

2.4.1 Embedded Systems & IoT

ADXL335 Sensor

Analog signal from sensor breakout to arduino. To elaborate on signal transferring

Arduino Microcontroller

UART serial communication sending data to RPi. To elaborate on this protocol

Raspberry Pi 4

RPi receiving data using a script and posing HTTP Post data to a supabase api. Elaborate on this

2.4.2 Signal Processing

Fast Fourier Transform (FFT)

Theory, implementation

2.4.3 Backend & Database

Supabase

2.4.4 Web Development Framework & Deployment

Vercel and Next.js

Chapter 3

System Engineering and Design

3.1 Intro

Block diagrams , algorithms and sub-systems

3.2 A

3.2.1 Τίτλος Υπο-ενότητας

3.2.2 Τίτλος Υπο-ενότητας

3.2.3 Τίτλος Υπο-ενότητας

etc.

Chapter 4

Results

4.1 Intro

Results

4.2 A

4.2.1 Τίτλος Υπο-ενότητας

4.2.2 Τίτλος Υπο-ενότητας

4.2.3 Τίτλος Υπο-ενότητας

etc.

Chapter 5

Conclusions

Εδώ εξηγούμε ότι θα συνοψίσουμε την μελέτη που εκπονήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής.

5.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Εδώ συνοψίζουμε τα αποτελέσματα της διπλωματικής και περιγράφουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν, αρνητικά και θετικά. Επιβεβαιώνουμε την συνεισφορά της διπλωματικής στα προβλήματα που αναφέραμε στην εισαγωγή.

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Εδώ δίνουμε ιδέες για επέκταση της διπλωματικής.

APPENDICES

Appendix A

Τίτλος Παραρήματος

Τα παραρήματα περιλαμβάνουν συνοδευτικό, υποστηρικτικό υλικό (πίνακες, φωτογραφίες, ερωτηματολόγια, στατιστικά στοιχεία, αποδείξεις, περιγραφές λογισμικών προγραμμάτων, παραδείγματα, περιγραφές πολύπλοκων διαδικασιών, λίστα με πρωτογενή στοιχεία, λεπτομερής περιγραφή και προδιαγραφές εξοπλισμού, οδηγίες εγκατάστασης λογισμικού, κ.λπ.), ή αλλιώς ό,τι θεωρείται χρήσιμο να περιγραφεί, αλλά δεν συνηθίζεται να εντάσσεται μέσα στο κυρίως κείμενο της Εργασίας. Στο κυρίως κείμενο της Εργασίας πρέπει να γίνονται οι κατάλληλες παραπομπές προς τα παραρήματα, όπου το κείμενο σχετίζεται με υλικό που περιλαμβάνεται σε αυτά. Ένα παράρτημα, αναλόγως με το περιεχόμενό του, μπορεί να είναι ενιαίο, ή να χωρίζεται σε ενότητες.

A.1 Δυνατότητες του L^AT_EX

Καθώς το παρόν αποτελεί ένα πρότυπο συγγραφής διπλωματικών εργασιών, στην ενότητα αυτή επιδεικνύονται ορισμένες από τις δυνατότητες το L^AT_EX οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν στο κείμενο μιας διπλωματικής εργασίας (μια καλή πηγή για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων του L^AT_EX είναι η ιστοσελίδα https://www.overleaf.com/learn/latex/Main_Page).

A.1.1 Πίνακες

Ο Πίνακας A.1 είναι ένα παράδειγμα πίνακα σχεδιασμένου με εντολές του περιβάλλοντος `tabular`.

Table A.1: Παράμετροι πειραμάτων

Πλήθος κελιών καννάβου $c \times c$	$50 \times 50, 100 \times 100, 200 \times 200, \mathbf{250 \times 250},$ $500 \times 500, 1000 \times 1000$
Τυπική απόκλιση σ	25m, 50m, 75m, 100m , 150m, 200m
Αριθμός εγγύτερων γειτόνων k	1, 2, 3 , 4, 5, 10, 20
Πιθανοτικό κατώφλι θ	50%, 60%, 70%, 75% , 80%, 90%, 99%

A.1.2 Διαγράμματα - Γραφικές παραστάσεις

Στο Σχήμα A.1, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα γραφικής παράστασης σχεδιασμένης με το Gnuplot. Ένας άλλος τρόπος κατασκευής τέτοιων παραστάσεων/διαγραμμάτων είναι με χρήση του πακέτου pgfplots (<http://pgfplots.sourceforge.net/>).

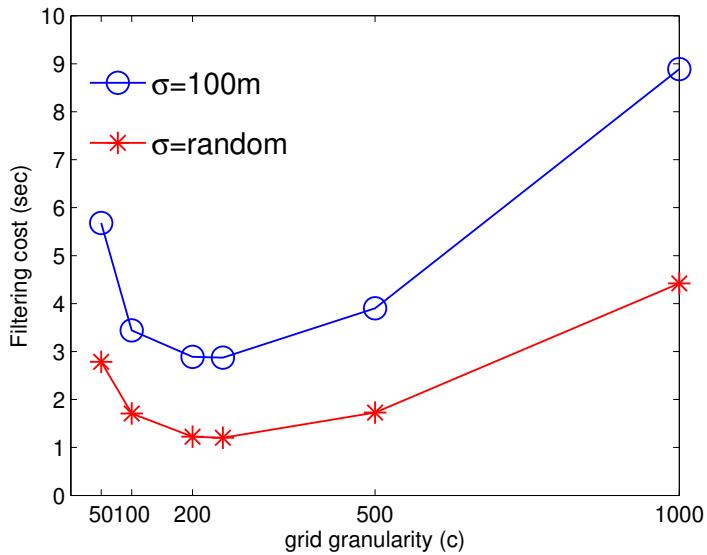


Figure A.1: Κλιμάκωση χρόνου εκτέλεσης για διάφορες υποδιαιρέσεις του καννάβου

Στο Σχήμα A.2, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εισαγωγής σχήματος/εικόνας που περιέχεται σε αρχείο pdf, ενώ στο Κεφάλαιο 2, στο Σχήμα ?? παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εισαγωγής σχήματος/εικόνας που περιέχεται σε αρχείο jpg.

A.1.3 Σχήματα

Ακολουθεί στο Σχήμα A.3 ένα παράδειγμα σχήματος φτιαγμένου με εντολές του πακέτου TikZ.

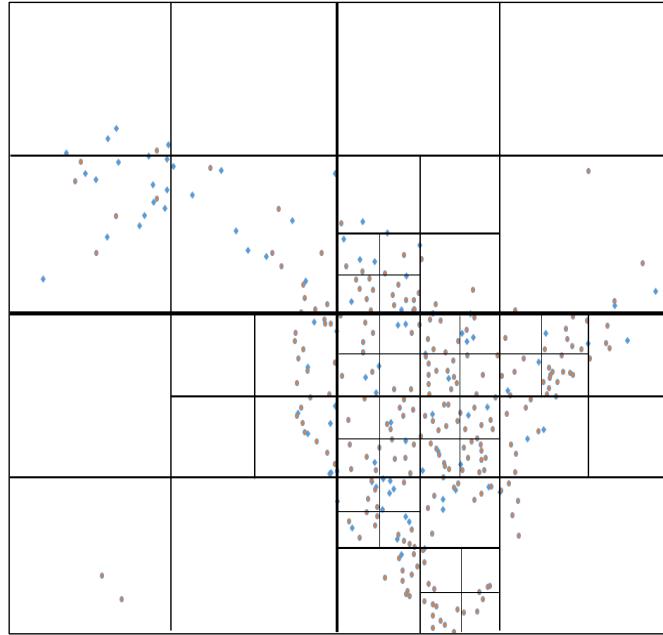


Figure A.2: Quadtree partitioning.

A.1.4 Μαθηματικές εκφράσεις

Ακολουθούν παραδείγματα μαθηματικών εκφράσεων.

$$\hat{I}(x, u, t) = \text{dist}(y(t_f), \Gamma) + \int_t^{t_f} \mathcal{L}(y(s), u(s), s) ds \quad (\text{A.1})$$

$$\frac{d}{dx} \left(\int_0^z f(u) du \right) = f(x).$$

A.1.5 Αλγόριθμοι

Ακολουθεί ο Αλγόριθμος 1, ο οποίος είναι μορφοποιημένος με τα πακέτα algorithm και algorithmic.

Algorithm 1 Probabilistic $k\theta NN$ Monitoring

- 1: **Procedure** *VerifyCandidate* (focal query point q , threshold θ , object o , list of auxiliary objects P , distance $kMAXDIST$)
 - 2: **if** $\Phi(o, kMAXDIST) \geq \theta$ **and** $L_2(q, o) \leq L_2(q, P.\text{top}())$ **then**
 - 3: $P.\text{pop}();$ *//Replace the most extreme element in P, since candidate o ...*
 - 4: $P.\text{push}(o);$ *//... has enough probability and has its mean closer to focal q*
 - 5: **end if**
 - 6: **End Procedure**
-

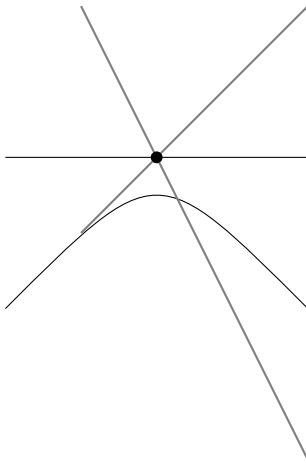


Figure A.3: Παράδειγμα σχήματος με εντολές του πακέτου TikZ

A.1.6 Θεωρήματα, Πορίσματα, Ορισμοί, κλπ.

Ακολουθεί παράδειγμα θεωρήματος από την ιστοσελίδα https://www.overleaf.com/learn/latex/Theorems_and_proofs

Theorem 6.1. *Let f be a function whose derivative exists in every point, then f is a continuous function.*

A.1.7 Απαρίθμησις

Μια απαρίθμηση (itemized list) βοηθά στην παρουσίαση μιας σειράς περιπτώσεων με σαφήνεια. Ακολουθεί παράδειγμα.

Η εκπαίδευση στην Ελλάδα διακρίνεται σε:

- Πρωτοβάθμια
- Δευτεροβάθμια
- Τριτοβάθμια

A.1.8 Είδη πηγών στις αναφορές

Στο references.bib μπορεί να δει κανείς πώς γράφονται διάφορα είδη πηγών (Βιβλία Ξενόγλωσσα [?], Βιβλία Ελληνικά [?], Άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά [?], Άρθρα σε επιστημονικά συνέδρια [?], Ιστοσελίδες [?], Πτυχιακές Εργασίες [?], Διπλωματικές Εργασίες

[?], Μεταπτυχιακές Διπλωματικές Εργασίες [?], Διδακτορικές Διατριβές [?], Τεχνικές Αναφορές [?], Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας [?]), Κεφάλαια σε συλλογικούς τόμους [?].

Appendix B

Τίτλος 2ου Παραρτήματος

Τα παραρτήματα περιλαμβάνουν συνοδευτικό, υποστηρικτικό υλικό (πίνακες, φωτογραφίες, ερωτηματολόγια, στατιστικά στοιχεία, αποδείξεις, περιγραφές λογισμικών προγραμμάτων, παραδείγματα, περιγραφές πολύπλοκων διαδικασιών, λίστα με πρωτογενή στοιχεία, λεπτομερής περιγραφή και προδιαγραφές εξοπλισμού, οδηγίες εγκατάστασης λογισμικού, κ.λπ.), ή αλλιώς ό,τι θεωρείται χρήσιμο να περιγραφεί, αλλά δεν συνηθίζεται να εντάσσεται μέσα στο κυρίως κείμενο της Εργασίας. Στο κυρίως κείμενο της Εργασίας πρέπει να γίνονται οι κατάλληλες παραπομπές προς τα παραρτήματα, όπου το κείμενο σχετίζεται με υλικό που περιλαμβάνεται σε αυτά. Ένα παράρτημα, αναλόγως με το περιεχόμενό του, μπορεί να είναι ενιαίο, ή να χωρίζεται σε ενότητες.