



Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά  
Τεχνολογικού Τομέα  
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών Τ.Ε.

## **Φίλτρα Kalman και εφαρμογές τους στην ψηφιακή επεξεργασία βιοϊατρικών σημάτων**

**Πτυχιακή Εργασία**

**ΚΑΡΑΧΟΝΤΖΙΤΗΣ, Νικόλαος, ΑΜ 40411  
ΚΥΡΟΥΣΗΣ, Χριστόφορος, ΑΜ 40861**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια  
**Μαρία Ραγκούση**

**Ημερομηνία:  
Σεπτέμβριος 2017**



**Piraeus University of Applied Sciences  
Department of Electronics Engineering**

# **Kalman filters applied in Digital Processing of Biomedical Signals**

**Degree Thesis**

**Karachontzitis, Nikolaos, Reg. Nr. 40411  
Kyrousis, Christoforos, Reg. Nr. 40861**

Supervisor  
**Prof. Maria Rangoussi**

**Date:  
September 2017**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζεται το φίλτρο Kalman και η εφαρμογή του στην επεξεργασία βιοϊατρικών σημάτων. Συγκεκριμένα η εργασία επικεντρώνεται στη μοντελοποίηση του ΗλεκτροΚαρδιοΓραφήματος (ΗΚΓ) με χρήση του Kalman Filter και του Kalman Smoother. Στόχος είναι να ληφθεί ένα βέλτιστο μοντέλο με πόλους (AR) γραμμικό αλλά χρονικά μεταβαλλόμενο, για την αντιμετώπιση σήματος που περιέχει πρόσθετο θόρυβο.

Η μέθοδος που θα ακολουθηθεί είναι να μελετηθεί το σήμα του ΗΚΓ, να μελετηθούν οι αλγόριθμοι του Kalman Filter και του Kalman Smoother και στη συνέχεια να υλοποιηθούν στο περιβάλλον προσομοίωσης Matlab, και να ελεγχθούν τα αποτελέσματα σε πραγματικά σήματα ΗΚΓ.

Στο πρώτο κεφάλαιο η εργασία εξετάζει τα βιοϊατρικά σήματα και ειδικότερα το ΗΚΓ, ως προς τη μέθοδο καταγραφής και τη μορφολογία του. Στο δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και ανάλυση της λειτουργίας του Φίλτρου Kalman. Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζεται η εφαρμογή του φίλτρου στη μοντελοποίηση των βιοϊατρικών σημάτων και του ΗΚΓ ειδικότερα. Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το πειραματικό μέρος της εργασίας, όπου γίνεται η ανάπτυξη των Kalman Filter και Kalman Smoother σε Matlab και η εφαρμογή τους σε πραγματικές λήψεις ΗΚΓ σημάτων. Η εργασία κλείνει με τα Συμπεράσματα και τις προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις της.

## **ABSTRACT**

In this dissertation the Kalman Filter is investigated as to its advantages in Digital Processing of Biomedical Signals. Specifically this research focuses in modeling of the Electrocardiogram (ECG) using Kalman Filter and Kalman Smoother. The objective is to obtain an optimal Auto-regressive (AR) model which is linear but time-varying, and which optimally models the ECG signal in the presence of additive noise.

The method followed is the study of the ECG signal morphology, the study and analysis of the Kalman Filter & Smoother, the implementation of both algorithms in matlab and the application of the code on real ECG recordings with additive noise.

In the first chapter of the dissertation the biomedical signals and specifically the ECG is studied as to its recording methods and morphology. Chapter 2 focuses on the development and analysis of the Kalman Filter functionality. Chapter 3 introduces the Kalman Filter in the modeling of ECG signals. In chapter 4 is described the experimental part, where the Kalman Filter & Smoother code is used to model real ECG recordings, while the values of the parameters are varied. The dissertation is concluded with a review and proposal for future extensions of this work.