



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Δημιουργία και ανάπτυξη ολοκληρωμένου
συστήματος για την αυτοματοποιημένη μέτρηση
του πάχους τοιχώματος της καρωτιδικής
αρτηρίας σε βίντεο υπερήχων.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΑΝΤΩΝΙΑΔΗ Ι. ΑΝΤΩΝΙΟΥ

Επιβλέπων: Χρίστος Π. Λοΐζου
Ειδικό Εκπαιδευτικό Προσωπικό

Λεμεσός, Ιούνιος 2021



Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Δημιουργία και ανάπτυξη ολοκληρωμένου
συστήματος για την αυτοματοποιημένη μέτρηση
του πάχους τοιχώματος της καρωτιδικής
αρτηρίας σε βίντεο υπερήχων.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΑΝΤΩΝΙΑΔΗ Ι. ΑΝΤΩΝΙΟΥ

Επιβλέπων: Χρίστος Π. Λοΐζου

Ειδικό Εκπαιδευτικό Προσωπικό

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 25η Μαΐου 2021.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Χρίστος Π. Λοΐζου

Ειδικό Εκπαιδευτικό Προσωπικό

Λεμεσός, Ιούνιος 2021



Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολο-
γιστών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Copyright ©–All rights reserved Αντωνιάδης Αντώνιος, 2021.

Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις απόψεις του Τμήματος, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε.

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου.

(Υπογραφή)

.....

Αντωνιάδης Αντώνιος

Περίληψη

Κατά την δεύτερη δεκαετία του 21ου αιώνα που διανύουμε, έχει πραγματοποιηθεί μεγάλη πρόοδος στην ιατρική απεικόνιση. Η χρήση του υπερηχογραφήματος και η ανάλυση των αποτελεσμάτων του είναι πλέον μια χαρακτηριστική εφαρμογή της ιατρικής απεικόνισης με ιδιαίτερη σημασία.

Στα πλαίσια αυτής της προόδου, ο θεμελιώδης στόχος αυτής της εργασίας είναι η δημιουργία και η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος για την αυτοματοποιημένη κατάτμηση και μέτρηση του πάχους τοιχώματος αρτηρίας (ΠΤΑ) από βίντεο υπερήχων καρωτιδικής αρτηρίας. Με την εφαρμογή αυτή, ο θεράπων ιατρός θα έχει την δυνατότητα να λαμβάνει στοιχεία για την κατάσταση του ασθενή σε πραγματικό χρόνο, να συμβουλευέται τις υποδείξεις του συστήματος και συνεπώς να οδηγείται σε πιο ασφαλή και άμεσα συμπεράσματα. Η εφαρμογή αυτή αποσκοπεί στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας του υπερηχογραφήματος για την μέτρηση των ορίων της καρωτιδικής αρτηρίας, καθώς και στην κατάτμηση των ορίων αυτών σε φυσιολογικά και μη. Το αναμενόμενο και επιθυμητό αποτέλεσμα του όλου εγχειρήματος είναι το σύστημα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον θεράποντα ιατρό στην κλινική πρακτική για την παρακολούθηση του κίνδυνου εγκεφαλικού επεισοδίου.

Στην παρούσα εργασία ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία, το σύνολο των 27 διαθέσιμων προς ανάλυση βίντεο υπερήχων καρωτιδικής αρτηρίας (ΚΑ), αφού φορτώθηκαν στο σύστημα, δέχτηκαν προεπεξεργασία με despeckle φίλτρα για απομάκρυνση θορύβου και μετά από επιπλέον επεξεργασία, η οποία περιλάμβανε κατωφλίωση και εφαρμογή αλγορίθμων εξεύρεσης ακμών, εισήχθησαν στα βίντεο ενεργά περιγράμματα (active contours) τα οποία με δείκτες και συντεταγμένα σημεία δημιούργησαν τα ποσοτικά αποτελέσματα που αναμέναμε. Το προτεινόμενο ολοκληρωμένο σύστημα έχει υλοποιηθεί σε περιβάλλον MATLAB για την απεικόνιση, κατάτμηση, και ανάλυση ΚΑ σε βίντεο υπερήχων, εξάγοντας ποσοτικές μετρήσεις του ΠΤΑ.

Τα ποσοτικά αποτελέσματα που λάβαμε απεικονίζουν και την κατάσταση του κάθε ασθενούς. Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, εξεταζόμενοι που παρατηρούσαμε οπτικά ότι βρίσκονται σε φυσιολογικά όρια(N), πράγματι επιβεβαιώθηκε ποσοτικά πως βρίσκονταν εντός των ορίων (Αυτοματοποιημένη μέτρηση ΠΤΑ (N): $0,74 \pm 0,14\text{mm}$), σε αντίθεση με συμπτωματικούς(A) εξεταζόμενους που ξεπερνούσαν αυτά τα όρια. Απο το σύνολο των υπό εξέταση βίντεο, λήφθηκαν ποσοτικά αποτελέσματα για τις ελάχιστες, μέγιστες και μέσες τιμές ΠΤΑ, στις οποίες υπήρχαν τόσο φυσιολογικές καταστάσεις όσο και ακραίες τιμές, καλύπτοντας ένα εύρος από $0,57 \pm 0,17$ έως $2,94 \pm 0,07\text{mm}$.

Χαρακτηριστικά αποτελέσματα ενός ασθενούς με φυσιολογικά όρια ΠΤΑ(N) αποτέλεσαν τιμές από $0,65 \pm 0,05$ ελάχιστη, έως $0,82 \pm 0,05$ mm μέγιστη και δεν θεωρήθηκαν ανησυχητικά, ενώ σε περίπτωση ασθενούς με αυξημένο ΠΤΑ τα όρια αυτά κυμάνθηκαν από $0,95 \pm 0,09$ ελάχιστη, έως και $2,94 \pm 0,07$ mm μέγιστη, αποτέλεσμα ιδιαίτερα ανησυχητικό που πρέπει να αξιοποιηθεί από τον ιατρό προς ενημέρωση του ασθενούς και αντιμετώπιση του προβλήματος.

Η συγκεκριμένη μέθοδος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή αποτελεσμάτων του ΠΤΑ, ωστόσο περεταίρω εργασία και αξιολόγηση απαιτείται για την επικύρωσή της. Μελλοντικά μια αξιοσημείωτη και σημαντική προσθήκη θα μπορούσε να ήταν ο συνδυασμός αυτού του συστήματος με ένα νευρωνικό δίκτυο που θα κατένευε τους ασθενείς, ανάλογα με τα αποτελέσματά τους σε συμπτωματικούς ή μη.

Λέξεις Κλειδιά

Απεικόνιση βίντεο υπερήχων, Ρίσκο Εγκεφαλικού Επεισοδίου, Αυτοματοποιημένη Καρωτιδική Κατάτμηση, Καρωτιδική αρτηρία, Πάχος τοιχώματός αρτηρίας

Abstract

During the second decade of the 21st century that we are going through, great progress has been made in medical imaging. The use of ultrasound and the analysis of its effects is now a typical application of medical imaging of great importance.

In the context of this progress, the fundamental goal of this work is the creation and implementation of an integrated system for the automated segmentation and measurement of artery wall thickness (PTA) from carotid artery ultrasound video. With this application, the treating physician will be able to receive information about the patient's condition in real time, to consult the instructions of the system and therefore to be led to safer and immediate conclusions. This application aims to improve the efficiency of the ultrasound to measure the borders of the carotid artery, as well as to divide these limits into normal and abnormal. The expected and desired result of the whole operation is that the system can be used by the treating physician in clinical practice to monitor the risk of stroke.

In the present work, a methodology was followed according to which, the total of 27 available carotid artery (CA) ultrasound videos available for analysis, after being loaded into the system, were pretreated with despeckle filters to remove noise and after additional treatment, which included threshold and application of edge finding algorithms, active contours were introduced in the video which with pointers and coordinates created the quantitative results we expected. The proposed integrated system has been implemented in MATLAB environment for the display, segmentation, and analysis of CA in ultrasonic video, exporting quantitative measurements of the IMT.

The quantitative results we received also reflect the condition of each patient. According to these results, subjects who visually observed that they were within normal limits (N), were indeed quantitatively confirmed that they were within limits (Automated IMT measurement (N): $0.74 \pm 0.14\text{mm}$), in contrast to symptomatic (A) examinees who exceeded these limits. From all the videos under examination, quantitative results were obtained for the minimum, maximum and mean IMT values, in which there were both normal states and extreme values, covering a range from 0.57 ± 0.17 to $2.94 \pm 0.07\text{mm}$.

Characteristic results of a patient with normal IMT limits (N) were values from 0.65 ± 0.05 minimum, up to $0.82 \pm 0.05\text{mm}$ maximum and were not considered worrying, while in the case of a patient with increased IMT, these limits ranged from 0.95 ± 0.09 minimum, up to $2.94 \pm 0.07\text{mm}$ maximum, a particularly worrying result that must be used by the doctor to inform the patient and address the problem.

This method can be used to extract IMT results, however further work and evaluation is required to validate it. A notable and significant addition in the future could be the combination of this system with a neural network that would divide patients, depending on their results into symptomatic or non-symptomatic.

Keywords

Ultrasound Video Illustration, Stroke Risk, Automated Carotid Fraction, Carotid Artery, Artery Wall Thickness

στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Θα ήθελα κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Χρίστο Λοΐζου για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την καθοδήγησή του και την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την καθοδήγηση και την ηθική συμπαράσταση που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.