

**Πτυχιακή Εργασία**

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ  
ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΑΠΟ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ.**

**Μάριος Κωνσταντίνου**



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΗΜΠ 412 -Διπλωματική Εργασία Ακαδημαϊκό έτος 2024-2025

Όνομα Φοιτητή / ΑΦΤ: Μάρια Κωνσταντίνου

Βαθμός: 8.5

Τίτλος: Σύστημα χαρτογράφησης αερίων διακρίσεων Τομαχάρου  
αυτο αβθεται με Τηλεοπτική αλληλεπίδραση

Επιβλέπων Καθηγητής:

Βασιλίκος Κυριακός  
Όνομα

[Signature]  
Υπογραφή

2/8/2025  
Ημερ.

Εξεταστής 1:

Παύλος Χριστοδουλίδης  
Όνομα

[Signature]  
Υπογραφή

2/8/2025  
Ημερ.

Εξεταστής 2:

Χρίστος Λοΐζου  
Όνομα

[Signature]  
Υπογραφή

2/8/2025  
Ημερ.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ  
ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΑΠΟ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ.

του

Μάριου Κωνσταντίνου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ευθύβουλος Κυριάκου

Λεμεσός, Ιούνιος 2025

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Μάριος Κωνσταντίνου 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχάς τον επιβλέπων καθηγητή μου, Δρ. Ευθύβουλο Κυριάκου για τις συμβουλές και την καθοδήγηση του σε όλη την πορεία της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Ακολούθως θα ήθελα να ευχαριστήσω τόσο τον καθηγητή Δρ. Χρίστο Λοΐζου του οποίου η βοήθεια ήταν πολύτιμη για την επίλυση όποιων δίποτε αποριών δημιουργήθηκαν στην πορεία, καθώς και επεξηγήσεις για μία σωστή αποτίμηση αποτελεσμάτων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την συμπαράσταση που μου έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Πολλαπλή Σκλήρυνση (ΠΣ) είναι μία εξελισσόμενη νευρολογική πάθηση με ανοσολογική βάση, η οποία επηρεάζει το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ), προκαλώντας εκφυλιστικές αλλοιώσεις της μυελίνης και οδηγώντας σε νευρολογικά ελλείμματα. Προσβάλλει κυρίως άτομα νεαρής ηλικίας και σε βάθος χρόνου μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή πλήρη αναπηρία [1]. Η έγκαιρη ανίχνευση και ποσοτική αξιολόγηση των βλαβών είναι καθοριστική για την πρόγνωση της νόσου και τη βελτιστοποίηση της θεραπευτικής προσέγγισης.

Η Μαγνητική Τομογραφία (ΜΤ) αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο απεικονιστικό τρόπο παρακολούθησης της ΠΣ, λόγω της υψηλής ευαισθησίας της στην ανάδειξη παθολογικών εστιών [20]. Παρόλα αυτά, η ερμηνεία των δεδομένων συχνά στηρίζεται σε μη αυτοματοποιημένες μεθόδους, οι οποίες είναι χρονοβόρες, εξαρτώνται από τον εκάστοτε χειριστή και συχνά συνοδεύονται από υποκειμενικά σφάλματα, ειδικά όταν πρόκειται για ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων ή περιορισμένους επαγγελματικούς πόρους.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην υλοποίηση ενός σύγχρονου λογισμικού εργαλείου σε γλώσσα Python, το οποίο επιτρέπει τη σταδιακή και μερικώς αυτοματοποιημένη ανάλυση εικόνων ΜΤ ασθενών με ΠΣ. Το σύστημα συνοδεύεται από ένα εύχρηστο γραφικό περιβάλλον (GUI) μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να φορτώσει εικόνες σε μορφή PNG, JPEG και NIfTI, να εφαρμόσει προεπεξεργασία, να εκτελέσει τμηματοποίηση, να επικαλύψει μάσκες, να αξιολογήσει την ποιότητα των αποτελεσμάτων και να εξάγει ποσοτικά δεδομένα.

Η λειτουργική ροή του συστήματος ξεκινά με την προεπεξεργασία, η οποία περιλαμβάνει την απομόνωση του εγκεφάλου (skull stripping), την αποθορυβοποίηση της εικόνας και την κανονικοποίηση της φωτεινότητας. Η τμηματοποίηση βασίζεται στη χρήση Gaussian Mixture Models (GMM), ταξινομώντας τα pixel σε τρεις βασικές κατηγορίες: Λευκή Ουσία (ΛΟ), Φαία Ουσία (ΦΟ) και Εγκεφαλονωτιαίο Υγρό (ΕΝΥ). Μετά την τμηματοποίηση, το σύστημα επιτρέπει την ανάλυση των βλαβών που προέρχονται είτε από αυτόματη επεξεργασία είτε από εισαγωγή χειροκίνητων μασκών, υπολογίζοντας τον όγκο τους, τη χωρική κατανομή τους και τη θέση τους σε σχέση με τους εγκεφαλικούς ιστούς.

Για την αποτίμηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, το σύστημα περιλαμβάνει τρεις μετρικές: τον Dice Coefficient (DSC), την Hausdorff Distance (HD) και τον Δείκτη Δομικής Ομοιότητας (SSIM). Επιπλέον, ενσωματώνει τη δυνατότητα παραγωγής θερμικών χαρτών, προσφέροντας βελτιωμένη απεικόνιση και κατανόηση των αποτελεσμάτων. Τέλος, όλα τα παραγόμενα στατιστικά δεδομένα

αποθηκεύονται σε αρχεία Excel για μελλοντική χρήση ή συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ φετών και ασθενών.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι η ενσωμάτωση θερμικών χαρτών, οι οποίοι παρέχουν έγχρωμη, διαδραστική οπτικοποίηση της τμηματοποίησης και των βλαβών. Η δυνατότητα αυτή καθιστά ευκολότερη την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, ακόμη και από μη εξειδικευμένους χρήστες. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε αρχεία Excel, υποστηρίζοντας στατιστική ανάλυση, αρχειοθέτηση και συγκρίσεις μεταξύ ασθενών ή φετών.

Το σύστημα αναπτύχθηκε σε Linux περιβάλλον (Ubuntu 24.04 LTS), είναι επεκτάσιμο και μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά ερευνητικά και κλινικά δεδομένα. Η υποστήριξη τόσο για T1 όσο και για T2-σταθμισμένες εικόνες επιτρέπει την πολυδιάστατη ανάλυση της παθολογίας, με έμφαση στην T2, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερη διαγνωστική αξία αλλά σπανίως αξιοποιείται σε βάθος στη βιβλιογραφία.

Συνολικά, η εργασία αυτή επιτυγχάνει τη γεφύρωση μεταξύ τεχνολογίας και ιατρικής πράξης, προσφέροντας ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί για την υποστήριξη της διάγνωσης, την παρακολούθηση της εξέλιξης της ΠΣ και την περαιτέρω ερευνητική ανάλυση δεδομένων MT.

**Λέξεις-κλειδιά:** Πολλαπλή Σκλήρυνση, Μαγνητική Τομογραφία, Τμηματοποίηση, Gaussian Mixture Models, Python, Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη, Ανάλυση Βλαβών, NIfTI, Θερμικός Χάρτης

## ABSTRACT

Multiple Sclerosis (MS) is a progressive autoimmune disorder of the central nervous system (CNS) characterized by demyelination and the formation of inflammatory lesions that affect neural signal transmission. It predominantly affects young adults and can result in long-term neurological deficits and disability [1]. Accurate localization, quantification, and monitoring of these lesions are essential for effective diagnosis, treatment planning, and tracking disease progression.

Magnetic Resonance Imaging (MRI) remains the gold standard imaging modality for MS due to its ability to provide high-resolution and high-contrast images of brain tissues [20]. However, despite advancements in imaging techniques, MRI scan interpretation in clinical practice is still largely based on manual assessment, which is time-consuming and subjective. The growing need for more objective, scalable, and automated image analysis solutions is now more evident than ever.

This thesis presents the development of a Python-based software platform that enables semi-automated MRI brain image analysis tailored for MS cases. The software includes a fully interactive Graphical User Interface (GUI), through which users can load T1- or T2-weighted images in standard formats (PNG, JPEG, NIfTI), perform preprocessing, conduct tissue segmentation, apply lesion masks, evaluate segmentation quality, and export results.

The operational flow of the system starts with preprocessing, which includes skull stripping to remove extracranial structures, denoising, and intensity normalization. Brain tissue segmentation is performed using Gaussian Mixture Models (GMM), classifying pixels into White Matter (WM), Gray Matter (GM), and Cerebrospinal Fluid (CSF). The software supports both automated lesion detection and manual mask overlay, enabling spatial quantification of lesions in relation to specific tissue regions.

To validate segmentation performance, three evaluation metrics are integrated: the Dice Similarity Coefficient (DSC), the Hausdorff Distance (HD), and the Structural Similarity Index Measure (SSIM). These metrics allow for robust quantitative comparisons with ground truth annotations. A distinguishing feature of the tool is the visualization of heatmaps, which enhance interpretation through color-coded, spatial representations of segmentation results.

One of the most innovative features of the software is the generation of heatmaps for intuitive and color-coded visualization of segmentation outcomes and lesion distributions. This visual component significantly enhances interpretability, making the system useful even for non-technical users such as clinicians or medical students. Furthermore, the system automatically exports all relevant statistics—

such as lesion volumes, tissue proportions, and evaluation scores—to Excel format for further analysis and comparison.

The software has been developed and tested under Ubuntu 24.04 LTS and is fully functional across a range of patient data. Emphasis has been placed on enabling the analysis of T2-weighted images, which are often underrepresented in computational neuroimaging literature despite their superior sensitivity to lesion detection.

By combining powerful image analysis algorithms with an accessible user interface, this project contributes an innovative and practical tool to the domain of MS imaging. It is poised to support both research and clinical applications, enhancing diagnostic accuracy, improving efficiency, and facilitating quantitative assessment of MS progression.

**Keywords:** Multiple Sclerosis, Magnetic Resonance Imaging, Python, Brain Segmentation, Gaussian Mixture Models, Medical Image Analysis, Graphical User Interface, Lesion Quantification, Heatmap Visualization, NIfTI