



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

**ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ  
ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΒΑΘΙΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ:  
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΔΕΡΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ  
ΣΕ ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗ**

Του αιτούντα

Ντάνιελ Ρεζ

Προτεινόμενος επιβλέπων

Παντελής Ασβεστάς, καθηγητής

## 1. Εισαγωγή

Η συγχώνευση της μηχανικής μάθησης (ML) και της βαθιάς μάθησης (DL) έχει μεταμορφώσει τον τομέα της ανάλυσης ιατρικής εικόνας, φέρνοντας επανάσταση στη έγκαιρη και έγκυρη διάγνωση, τον σχεδιασμό θεραπείας και τη γενικότερη φροντίδα των ασθενών. Αυτή η διεπιστημονική συνεργασία αξιοποιεί την επιστήμη των υπολογιστών, την τεχνητή νοημοσύνη, την όραση του υπολογιστή και την ιατρική απεικόνιση για την αποκωδικοποίηση σύνθετων δεδομένων εικόνας που δημιουργούνται από μεθόδους όπως η μαγνητική-αξονική τομογραφία, το PET, κ.α. [1].

Αυτές οι μεθοδολογίες, συμπεριλαμβανομένων των συνελκτικών νευρωνικών δικτύων (CNN), των επαναλαμβανόμενων νευρωνικών δικτύων (RNNs), των παραγωγικών ανταγωνιστικών δικτύων (GAN) και των μεθόδων μεταφοράς μάθησης, έχουν αναδιαμορφώσει την ερμηνεία της ιατρικής εικόνας. Τα CNN υπερέχουν στις εργασίες εξαγωγής και ταξινόμησης χαρακτηριστικών, ενώ τα GAN βοηθούν στην αύξηση δεδομένων και στην ανίχνευση ανωμαλιών [2].

Ο αντίκτυπος της μηχανικής/βαθιάς μάθησης στην ανάλυση ιατρικής εικόνας καλύπτει κρίσιμες εφαρμογές, όπως η κατάτμηση και η ταξινόμηση. Η τμηματοποίηση οριοθετεί συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος μέσα στις εικόνες, ενώ η ταξινόμηση διακρίνει μεταξύ διαφορετικών παθολογιών. Τα CNN, ιδιαίτερα οι αρχιτεκτονικές U-Net [3], και DenseNet-ResNet [4], έχουν δείξει πολλά υποσχόμενα καθήκοντα κατάτμησης, περιγράφοντας αποτελεσματικά όργανα, βλάβες ή όγκους. Στην ταξινόμηση, αυτά τα δίκτυα διακρίνουν μεταξύ κανονικών και μη φυσιολογικών χαρακτηριστικών με υψηλή ακρίβεια, ενισχύοντας τη διαγνωστική ακρίβεια.

### 1.1 Δερματολογικές εφαρμογές

Στη δερματολογία, η χρήση των μεθοδολογιών ML και DL, ιδίως των νευρωνικών δικτύων συνελκτικής ανάλυσης (CNN), έχει επιδείξει σημαντική πρόοδο στην έγκαιρη ανίχνευση και ταξινόμηση του μελανώματος, μιας δυνητικά θανατηφόρας μορφής καρκίνου του δέρματος. Η έρευνα των Esteva et al. (2017) εισήγαγε ένα μοντέλο DL που συναγωνίστηκε τους δερματολόγους στην ταξινόμηση δερματικών βλαβών χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δεδομένων κλινικών εικόνων. Το δίκτυο, που

βασίζεται σε μια τροποποιημένη αρχιτεκτονική Inception-v3, παρουσίασε εντυπωσιακή ακρίβεια και ευαισθησία στη διάκριση μεταξύ καλοηθών και κακοήθων αλλοιώσεων.

Περαιτέρω μελέτες των Haenssle et al. (2018), V. Dick et al. (2019) τόνισαν την κλινική χρησιμότητα των συστημάτων DL, παρουσιάζοντας πώς ένας αλγόριθμος DL ξεπέρασε τους πιστοποιημένους δερματολόγους σε εργασίες ταξινόμησης μελανώματος. Η αξιοποίηση συνόλων δεδομένων μεγάλης κλίμακας και τεχνικών μάθησης μεταφοράς βελτίωσε την απόδοση του αλγορίθμου, επιτρέποντας την ακριβή και ταχεία αναγνώριση κακοήθων δερματικών αλλοιώσεων.

Επιπλέον, οι πρόσφατες εξελίξεις που χρησιμοποιούν μοντέλα συνόλου που συνδυάζουν CNN και στρατηγικές μεταφοράς μάθησης, όπως έδειξαν οι Tschandl et al. (2020), S. Papiththira et al. (2021), Javed Rashid et al. (2022) παρουσίασαν βελτιωμένη ακρίβεια στη διαφοροποίηση μεταξύ καλοηθών και κακοήθων δερματικών αλλοιώσεων. Αυτές οι προσεγγίσεις αξιοποιούν ποικίλους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης προ-εκπαιδευμένων μοντέλων, όπως τα ResNet και DenseNet, EfficientNet, κ.α. για να επιτύχουν κορυφαία αποτελέσματα στη διάγνωση του μελανώματος.

## 1.2 Οφθαλμολογικές εφαρμογές

Στην οφθαλμολογία, η εφαρμογή τεχνικών ML και DL για την κατάτμηση αγγείων του αμφιβληστροειδούς έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή λόγω της σημασίας της στη διάγνωση διαφόρων οφθαλμικών ασθενειών. Οι μελέτες των Fu et al. (2018) εισήγαγαν μια αυτοματοποιημένη μέθοδο τμηματοποίησης αμφιβληστροειδών αγγείων που βασίζεται σε ένα βαθύ υπολειμματικό δίκτυο (ResNet), επιτυγχάνοντας αξιοσημείωτη ακρίβεια και ευαισθησία στην τμηματοποίηση αμφιβληστροειδών αγγείων από εικόνες βυθού. Η προσέγγιση αυτή αναγνώρισε αποτελεσματικά δομές αγγείων που είναι ζωτικής σημασίας για τη διάγνωση ασθενειών του αμφιβληστροειδούς, όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια και το γλαύκωμα. Επιπροσθέτως, οι Zhang et al. (2020) πρότειναν μια νέα τεχνική κατάτμησης αμφιβληστροειδών αγγείων που χρησιμοποιεί ένα παραγωγικό αντιφατικό δίκτυο (GAN), αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητά του στην ακριβή οριοθέτηση των αμφιβληστροειδών αγγείων, το οποίο βελτίωσε την ακρίβεια και την ευρωστία της τμηματοποίησης, αναδεικνύοντας τις δυνατότητές της για την υποβοήθηση

των οφθαλμιάτρων στην έγκαιρη ανίχνευση και παρακολούθηση ασθενειών. Επιπλέον, ζητήματα ακριβής ανίχνευσης λεπτών αγγείων λόγω μεγαλύτερης παρουσίας παχύτερων αγγείων έχουν αντιμετωπιστεί σε εργασία τριών τμημάτων από Zengqiang Yan et al. (2019) όπου η κατάτμηση των αγγείων γίνεται ξεχωριστά σε λεπτά αγγεία, ύστερα σε παχιά και τελικώς σε συνδυασμό των δύο.

## 2. Ερευνητικά ερωτήματα

- Πώς μπορούν να προσαρμοστούν οι αρχιτεκτονικές βαθιάς μάθησης για τη βέλτιστη τμηματοποίηση ιατρικών εικόνων και την εξαγωγή χαρακτηριστικών;
- Τι αντίκτυπο έχει η ενσωμάτωση της βαθιάς μάθησης στη διαγνωστική ακρίβεια για τη διάγνωση δερματολογικών εικόνων;
- Πώς μπορούν τα μοντέλα βαθιάς μάθησης να προσαρμοστούν για την αντιμετώπιση προκλήσεων όπως τα περιορισμένα δεδομένα και οι παραλλαγές σε συγκεκριμένους τομείς;

## 3. Στόχοι

Η παρούσα πρόταση αποσκοπεί στην έρευνα, αξιοποίηση και επέκταση των παραπάνω τεχνολογιών για την βέλτιστη επεξεργασία και ανάλυση ψηφιακών εικόνων, ειδικότερα ιατρικής φύσεως για την υποβοήθηση της αξιολόγησης αυτών μέσω αυτοματοποιημένης ταξινόμησης και τμηματοποίησης – κατάτμησης περιοχών ενδιαφέροντος για την ακριβή οριοθέτηση και περαιτέρω εξέταση. Επιπροσθέτως, σημαντικός στόχος της διατριβής είναι ο σχεδιασμός και ανάπτυξη ενός γραφικού περιβάλλοντος (GUI) σε μορφή λογισμικού το οποίο θα περιέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία προ-επεξεργασίας των εικόνων, καθώς και την απαραίτητη δομή για τη δημιουργία, ρύθμιση, εκπαίδευση και αξιολόγηση μοντέλων νευρωνικών δικτύων βαθιάς μάθησης με απώτερο σκοπό την επέκταση ενασχόλησης και πειραματισμού με αλγορίθμους μηχανικής – βαθιάς μάθησης από ενδιαφερόμενους κάθε επιστήμης και κλάσης, όπως φοιτητές, ερευνητές, ακαδημαϊκούς, ιατρικό – παραϊατρικό προσωπικό χωρίς να υπάρχει η απαίτηση ειδικών τεχνολογικών γνώσεων και προγραμματισμού.

## 4. Αναμενόμενα Αποτελέσματα

Οι κύριοι στόχοι και οι προσδοκίες της πρότασης αυτής είναι η συνεισφορά και υποβοήθηση στην επιστήμη της ανάλυσης ιατρικής εικόνας μέσω της έρευνας, αναζήτησης και εφαρμογής μεθόδων και τεχνικών επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων καθώς και η επιλογή, τροποποίηση και εφαρμογή state-of-the-art αλγορίθμων – μοντέλων μηχανικής και βαθιάς μάθησης, για την ακριβέστερη αξιολόγηση παθήσεων, οριοθέτηση περιοχών ενδιαφέροντος σε ιατρικές εικόνες πάσης φύσεως. Τελικώς, η ομαδοποίηση όλων των παραπάνω εργαλείων σε ένα γραφικό περιβάλλον, φιλικό προς τον χρήστη για την εξαγωγή πειραμάτων και αποτελεσμάτων, καθώς και δοκιμή διάφορων μοντέλων και παραμέτρων τόσο σε εικόνες αλλά και σε αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων.

## 5. Μεθοδολογία

Αυτή η ερευνητική πρόταση στοχεύει να χρησιμοποιήσει μια συστηματική μεθοδολογία για την έρευνα, τροποποίηση και εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (ML) και βαθιάς μάθησης (DL) σε ιατρικές εικόνες.

- Απόκτηση και προ-επεξεργασία δεδομένων: Περιλαμβάνει τη συλλογή ποικίλων δεδομένων ιατρικής απεικόνισης από αξιόπιστες πηγές τα οποία θα υποβληθούν σε διάφορα βήματα προ-επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένης της κανονικοποίησης, της μείωσης του θορύβου και της τυποποίησης, για να διασφαλιστεί η συνέπεια και η αξιοπιστία στην ανάλυση αυτών. Οι εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν, θα είναι μέσα από ελεύθερα διαθέσιμες βάσεις δεδομένων που βρίσκονται στο διαδίκτυο.
- Ανάπτυξη αλγορίθμων: Αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνικές ML και DL το στάδιο αυτό εστιάζει στην επιλογή και παραμετροποίηση αλγορίθμων προσαρμοσμένων για συγκεκριμένες εργασίες. Η αρχιτεκτονική U-Net, θα χρησιμοποιηθεί για την ακριβή οριοθέτηση ανατομικών δομών ή ανωμαλιών στις ιατρικές εικόνες. Παράλληλα, αλγόριθμοι ταξινόμησης όπως το ResNet, θα κατηγοριοποιούν και θα αναγνωρίζουν διάφορες ιατρικές καταστάσεις που απεικονίζονται σε εικόνες με υψηλή ακρίβεια.
- Εκπαίδευση και αξιολόγηση μοντέλων: Οι αλγόριθμοι θα υποβληθούν σε εκτενή εκπαίδευση χρησιμοποιώντας τα προ-επεξεργασμένα σύνολα δεδομένων. Προσεκτικές διαδικασίες αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων διασταυρούμενης επικύρωσης (cross-validation, CV) και αξιολόγησης δεικτών απόδοσης, θα διασφαλίσουν την ανθεκτικότητα, την ακρίβεια και τη γενίκευση των αναπτυγμένων τελικών μοντέλων.

## Λέξεις κλειδιά

Μηχανική μάθηση, Βαθιά μάθηση, Τμηματοποίηση, Ταξινόμηση, Ιατρική απεικόνιση, Ανάλυση, Επεξεργασία, Νευρωνικά δίκτυα, Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη, GUI

## Βιβλιογραφία

- [1] Yang S, Zhu F, Ling X, Liu Q, Zhao P. Intelligent Health Care: Applications of Deep Learning in Computational Medicine. *Front Genet.* 2021.
- [2] Shahab Shamshirband, Mahdis Fathi, Abdollah Dehzangi, Anthony Theodore Chronopoulos, Hamid Alinejad-Rokny. A review on deep learning approaches in healthcare systems: Taxonomies, challenges, and open issues, *Journal of Biomedical Informatics.* 2022.
- [3] Krithika alias AnbuDevi, M.; Suganthi, K. Review of Semantic Segmentation of Medical Images Using Modified Architectures of UNET. 2022.
- [4] Pawan Kumar Mall, Pradeep Kumar Singh, Swapnita Srivastav, Vipul Narayan, Marcin Paprzycki, Tatiana Jaworska. A comprehensive review of deep neural networks for medical image processing: Recent developments and future opportunities, *Healthcare Analytics.* 2023.

Ο επιβλέπων καθηγητής

<p>Παντελήμων Ασβεστάς Καθηγητής</p>
<p>Ψηφιακή Υπογραφή</p> <p>Digitally signed by PANTELEIMON ASVESTAS Date: 2023.12.11 10:44:00 +02'00'</p> 

Ο αιτών

<p>Ντάνιελ Ρεζ Υποψήφιος Διδάκτορας</p>
<p>Ψηφιακή Υπογραφή</p> 