

**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής**

Έκθεση Προόδου 2^{ου} Έτους (11/2019 – 11/2020) Υποψήφιου Διδάκτορα

**ΛΙΑΣΚΟΣ ΜΕΛΕΤΙΟΣ
Αριθμό Μητρώου: ΔΜΒ. 1803**

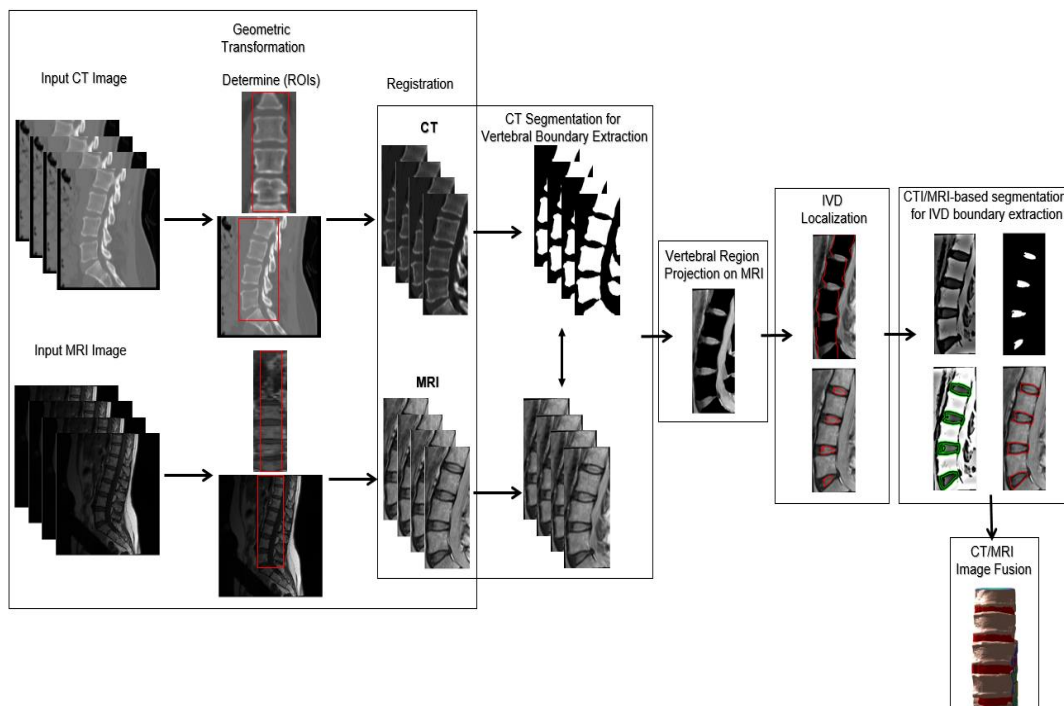
Τίτλος: Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνων Ορθοπεδικού Ενδιαφέροντος

Επιβλέπων: Ασβεστάς Παντελεήμων

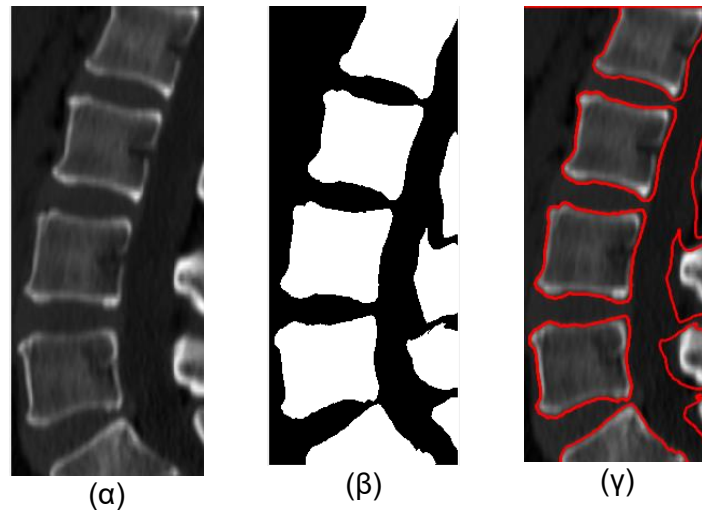
Μέλη Συμβουλευτικής επιτροπής: Ασβεστάς Παντελεήμων, Κωστόπουλος Σπυρίδων, Ματσόπουλος
Γεώργιος

Κατά τη διάρκεια του 2^{ου} έτους (11/2019 – 11/2020) αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε μία μεθοδολογία για την εξαγωγή των ορίων μεσοσπονδύλιου δίσκου χρησιμοποιώντας συνδυαστικά εικόνες αξονικής (CT) και μαγνητικής (MRI) τομογραφίας. Ο εντοπισμός και η τμηματοποίηση του μεσοσπονδύλιου δίσκου (ΜΔ) έχουν πυροδοτήσει εντατικές ερευνητικές προσπάθειες στην κοινότητα ανάλυσης ιατρικής εικόνας, καθώς οι ανωμαλίες του μεσοσπονδύλιου δίσκου είναι ισχυροί δείκτες διαφόρων παθολογιών που σχετίζονται με το νωτιαίο μυελό. Παρά τις εντατικές ερευνητικές προσπάθειες για την εξαγωγή των ορίων του ΜΔ με βάση εικόνες μαγνητικής τομογραφίας, υπάρχει η ανάγκη για την συνδυαστική χρήση δύο απεικονιστικών συστημάτων. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίζεται στην συνδυαστική πληροφορία εικόνων αξονικής και μαγνητικής τομογραφίας. Οι σπόνδυλοι που εξαγονται από την αξονική τομογραφία προβάλλονται πάνω σε εικόνες μαγνητικής τομογραφίας, ώστε να απομονωθεί ο μεσοσπονδύλιος δίσκος. Οι περισσότερες υπάρχουσες προσεγγίσεις βασίζονται στην παρέμβαση από τον χρήστη ή στην εφαρμογή μεθόδων εκμάθησης προτύπων. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για μεγάλο όγκο δεδομένων, χρειάζονται εικόνες από πολλούς ασθενείς. Υπό αυτό το πρίσμα, αυτή η εργασία εισάγει μια μέθοδο συνδυαστικής κατάτμησης για την εξαγωγή ορίων σπονδύλων και μεσοσπονδύλιου δίσκου, η οποία απαιτεί περιορισμένη παρέμβαση από τον χρήστη και δεν βασίζεται στην εκμάθηση προτύπων.

Η προτεινόμενη μέθοδος περιλαμβάνει διάφορα στάδια επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας, συμπεριλαμβανομένης της ευθυγράμμισης CT/MRI, της κατωφλίωσης Otsu και της τμηματοποίησης Chan-Vese (Εικόνα 1). Αναλυτικά, το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας είναι να γίνει συνδυασμός των εικόνων από τα δύο απεικονιστικά συστήματα. Οι εικόνες από την αξονική χρησιμοποιούνται ως αναφορά για την τμηματοποίηση των σπονδύλων. Χρησιμοποιείται φιλτράρισμα Otsu [1] με 3 τόνους του γκρι για την εύρεση του περιγράμματος των σπονδύλων (Εικόνα 2).

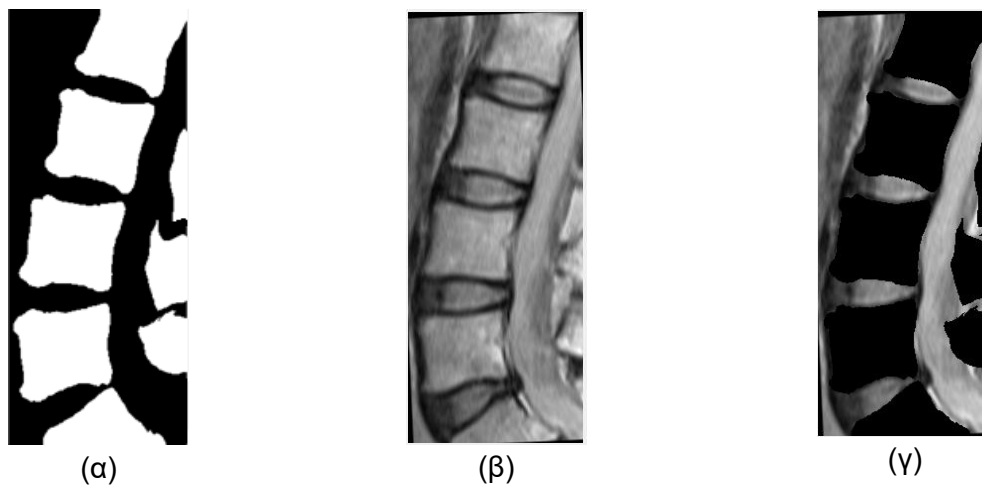


Εικόνα 1. Τα επιμέρους στάδια της μεθοδολογίας.



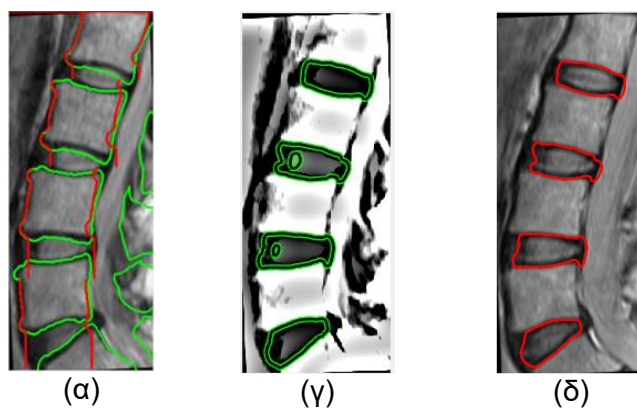
Εικόνα 2. Εύρεση των σπονδύλων από τις εικόνες αξονικής τομογραφίας (α) Αρχική εικόνα αξονικής τομογραφίας. (β) Αποτέλεσμα κατωφλίωσης Otsu. (γ) Υπέρθυση περιγράμματα των σπονδύλων στην αρχική εικόνα.

Οι σπόνδυλοι από την αξονική τομογραφία προβάλλονται στις εικόνες από τον μαγνητικό τομογράφο (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Σύνθεση των εικόνων από τα 2 απεικονιστικά συστήματα (α) Σπόνδυλοι από την αξονική τομογραφία. (β) Ευθυγραμμισμένη εικόνα μαγνητικής τομογραφίας. (γ) Υπέρθυση των δύο εικόνων. Οι σπόνδυλοι από την αξονική τομογραφία είναι με μαύρο χρώμα

Σαρώνοντας την εικόνα της μαγνητικής πληροφορίας, χρησιμοποιώντας την πληροφορία των εξαχθέντων σπονδύλων από την αξονική τομογραφία, εξάγεται το περίγραμμα της σπονδυλικής στήλης (Εικόνα 4(α)) και μία αρχική προσέγγιση των μεσοσπονδυλίων δίσκων (Εικόνα 4(β)). Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση της μεθόδου Chan-Vese [2] για την εξαγωγή του τελικού περιγράμματος των μεσοσπονδυλίων δίσκων (Εικόνα 4 (γ)).



Εικόνα 4. Διαδικασία εύρεσης των μεσοσπονδυλίων δίσκων. (α) Εύρεση σπονδυλική στήλης (κόκκινη γραμμή). Με πράσινο χρώμα είναι τα περιγράμματα των σπονδύλων από την Εικόνα 3(α). (β) Αρχική προσέγγιση μεσοσπονδυλίων δίσκων. (γ) Τελική μορφή μεσοσπονδυλίων δίσκων.

Η μέθοδος εφαρμόστηκε σε 98 εικόνες αξονικής και μαγνητικής τομογραφίας. Δύο μετρικές (Συντελεστής Dice [3] και απόσταση Hausdorff [4]) χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της απόδοσης της μεθόδου σε σχέση με τη χειροκίνητη τμηματοποίηση από ειδικό ιατρό. Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν συντελεστή Dice ίσο με 94,77 % για CT και 86,26 % για MRI, και απόσταση Hausdorff ίσο με 4,4 pixel για CT και 4,5 pixel για MRI. Πειραματικές συγκρίσεις με άλλες μεθόδους τμηματοποίησης CT και MRI οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η προτεινόμενη μέθοδος παρέχει μια αξιόπιστη εναλλακτική λύση για την εξαγωγή ορίων σπονδύλων και IVD (Πίνακες 1, 2).

Πίνακας 1. Σύγκριση της τμηματοποίησης των σπονδύλων με άλλες μεθόδους.

Μέθοδος	Μέση Τιμή Συντελεστή DICE (%) ± SD	Μέση Τιμή Απόστασης Hausdorff (mm) ± SD
Huang [5]	94 ± 2	10.06 ± 1.71
Isaac [6]	90 ± 5.1	5.5
Προτεινόμενη μέθοδος	94.77 ± 1.8	4.4 ± 1.55

Πίνακας 2. Σύγκριση της τμηματοποίησης του μεσοσπονδύλιου δίσκου με άλλες μεθόδους.

Μέθοδος	Μέση Τιμή Συντελεστή DICE (%) ± SD	Μέση Τιμή Απόστασης Hausdorff (mm) ± SD
Lopez Andrade and Glocker [7]	87.9 ± 3.4	4.9 ± 1.5
Wang and Forsberg [8]	90.0 ± 2.6	4.7 ± 0.9
Chen et al. [9]	88.4 ± 3.7	4.7 ± 1.4
Korez et al. [10]	91.5 ± 2.3	4.4 ± 0.7
Προτεινόμενη μέθοδος	86.26 ± 2.1	4.5 ± 0.78

Δημοσιεύτηκε στο παρακάτω περιοδικό:

Meletios Liaskos, Michalis A. Savelonas, Pantelis A. Asvestas, Marios G. Lykissas, George K. Matsopoulos “Bimodal CT/MRI-Based Segmentation Method for Intervertebral Disc Boundary Extraction”, MDPI. information, 11(9) 448 (2020).

Αναφορές

- [1] Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans. Syst. Man. Cyber.* 1979, 9, 62–66.
- [2] Chan, T.F.; Vese, L.A. Active Contours Without Edges. *IEEE Trans. Image Process.* 2001, 10, 266–277
- [3] Taha, A.A.; Hanbury, A. Metrics for evaluation 3D medical image segmentation: Analysis, selection, and tool. *BMC Med. Imaging* 2015, 15, 29.
- [4] Huttenlocher, D.; Klanderma, G.; Rucklidge, W. Comparing Images Using the Hausdorff Distance. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 1993, 15, 850–863.
- [5] Huang, J.; Jian, F.; Wu, H.; Li, H. An improved level set method for vertebra CT image segmentation. *Biomed. Eng. Online* 2013, 12, 48.
- [6] Castro-M, I.; Pozo, J.M.; Pereañez, M.; Lekadir, K.; Lazary, A.; Frangi, A.F. Statistical interspace models (SIMs): Application to robust 3D spine segmentation. *Trans. Med. Imaging* 2015, 34, 1663–1675.
- [7] Andrade, I.L.; Glocker, B. Complementary classification forests with graph-cut refinement for IVD localization and segmentation. In *Proceedings of the MICCAI Workshop & Challenge on Computational Methods and Clinical Applications for Spine Imaging, Munich, Germany, 5–9 October 2015.*
- [8] Wang, C.; Forsberg, D. Segmentation of intervertebral discs in 3D MRI data using multi-atlas based registration. In *Proceedings of the MICCAI Workshop & Challenge on Computational Methods and Clinical Applications for Spine Imaging, Munich, Germany, 5–9 October 2015; pp. 101–110.*
- [9] Chen, H.; Dou, Q.; Wang, X.; Heng, P.A. Deepseg: Deep segmentation network for intervertebral disc localization and segmentation. In *Proceedings of the MICCAI Workshop & Challenge on Computational Methods and Clinical Applications for Spine Imaging, Munich, Germany, 5–9 October 2015.*
- [10] Korez, R.; Ibragimov, B.; Likar, B.; Pernus, F.; Vrtovec, T. Deformable model-based segmentation of intervertebral discs from MR spine images by using the SSC descriptor. In *Proceedings of the MICCAI Workshop & Challenge on Computational Methods and Clinical Applications for Spine Imaging, Munich, Germany, 5–9 October 2015; pp. 111–118.*