

Η συμβολή πληροφοριακού συστήματος στη διαγνωστική των αδενωματωδών πολυπόδων του παχέος εντέρου

Μ. ΤΖΙΒΡΑΣ¹, Δ. ΤΖΙΒΡΑΣ¹, Κ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΟΥ¹, Δ. ΜΑΡΟΥΛΗΣ², Δ. ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ²

¹Γαστρεντερολογικό Τμήμα Κλινικής Παθολογικής Φυσιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Λαϊκό Νοσοκομείο

²Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Από τη σύνταξη

Παρουσιάζεται ένα πρωτότυπο, τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, υπολογιστικό σύστημα υποβοήθησης της ιατρικής διάγνωσης. Το σύστημα αυτό αποσκοπεί στον εντοπισμό πολυπόδων του εντέρου που παρουσιάζουν μεγάλη πιθανότητα εξαλλαγής. Η ακρίβεια εντοπισμού των πολυπόδων με τη χρήση του συστήματος αξιολογήθηκε υψηλή. Η εφαρμογή του αναμένεται να οδηγήσει στη μείωση των διαγνωστικών σφαλμάτων αλλά και στη μείωση του χρόνου που υποβάλλεται ένας ασθενής σε κολονοσκοπική εξέταση. Ευχαριστούμε θερμά τους συγγραφείς για τη συνεργασία.

Δημ. Ι. Γουλές

1. Εισαγωγή

Η εφαρμογή της τεχνολογίας στο χώρο της ιατρικής έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολύτιμων ιατρικών πληροφοριακών συστημάτων αλλά και απεικονιστικών μεθόδων που, ως πολύτιμα εργαλεία στα χέρια των ειδικευμένων ιατρών, συνεισφέρουν σημαντικά στη διάγνωση πολλών ασθενειών του ανθρώπου. Η διαγνωστική ακρίβεια που επιτυγχάνεται με τις μεθόδους αυτές

μπορεί να αυξηθεί με την επικουρική εφαρμογή μεθοδολογιών τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική διάγνωση. Τα ιατρικά δεδομένα κωδικοποιούνται κατάλληλα κι εφαρμόζονται αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, ικανοί να εκπαιδεύονται στην αναγνώριση ενός συνόλου διαγνωστικών χαρακτηριστικών που προσδιορίζονται από το κάθε ιατρικό πρόβλημα.

Συστήματα που υλοποιούν τέτοιες μεθοδολογίες αποσκοπούν στην ενίσχυση των δυνατοτήτων απόφασης των ειδικευμένων ιατρών ως προς τη διάγνωση και όχι στην αντικατάστασή τους. Παρόμοια συστήματα έχουν προταθεί για τον υπολογιστικά υποβοηθούμενο εντοπισμό αλλοιώσεων του μαστού σε μαστογραφίες¹, όγκων του εγκεφάλου σε τομογραφίες², αλλοιώσεων του τραχήλου της μήτρας σε κολποσκοπικές εικόνες³, αλλοιώσεων του παχέος εντέρου σε εικόνες εικονικής κολονοσκόπησης⁴ και άλλες. Εκτενής ανασκόπηση των συστημάτων και των μεθοδολογιών που έχουν προταθεί γίνεται στις εργασίες 5-7.

Με στόχο τη βελτίωση των απεικονιστικών δυνατοτήτων των ενδοσκοπικών συστημάτων, την αύξηση της διαγνωστικής ακρίβειας αλλά και τη μείωση της δυσφορίας των ασθενών κατά τη διάρκεια της εξέτασης, αναπτύξαμε ένα

πρωτότυπο πληροφοριακό σύστημα που αποσκοπεί στον αυτόματο εντοπισμό των αδενωματωδών πολυπόδων του παχέος εντέρου μέσω της επεξεργασίας και της ανάλυσης των συλλεγόμενων ενδοσκοπικών εικόνων.

Η έρευνα εστιάζεται σε αυτή την κατηγορία πολυπόδων καθώς παρουσιάζουν την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης και τη μεγαλύτερη πιθανότητα κακοήθους εξαλλαγής⁸. Σύμφωνα με τους Kudo et al.^{9,10} και Nagata et al.¹¹, τα ανάγλυφα πρότυπα (pit patterns) που χαρακτηρίζουν την υφή του εσωτερικού τοιχώματος του παχέος εντέρου διαφοροποιούνται μεταξύ των ποικίλων ιστολογικών τους τύπων, αλλά και σε σχέση με τους φυσιολογικούς ιστούς.

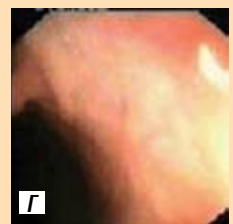
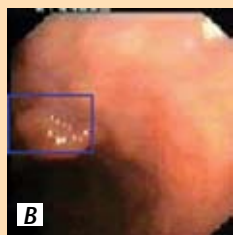
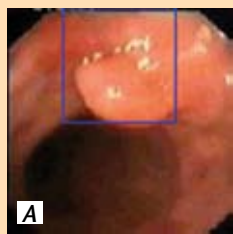
2. Μεθοδολογία

Το πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε ολοκληρώνει α) μια πρωτότυπη μεθοδολογία υπολογισμού διανυσματικών υπογραφών^α της υφής του βλεννογόνου από έγχρωμες ψηφιακές εικόνες, και β) μια μέθοδο διαχωρισμού των υπογραφών αυτών, ανάλογα με την παθολογία των απεικονιζόμενων ιστών.

Κάθε ενδοσκοπική εικόνα που εισάγεται στο σύστημα αναλύεται σε ένα πλήθος υποεικόνων^β σταθερής διά-

^α Διανυσματική υπογραφή είναι ένα σύνολο αριθμητικών τιμών που χαρακτηρίζουν αντιπροσωπευτικά ένα σήμα. Στην περίπτωση που ως σήμα λαμβάνεται μια ψηφιακή εικόνα, μια διανυσματική υπογραφή υπολογίζεται από τις τιμές των εικονοστοιχείων (pixels) που τη συνθέτουν.

^β Ως υποείκονα χαρακτηρίζεται μια εικόνα που αποτελεί τμήμα μιας μεγαλύτερης εικόνας. Ο όρος υποείκονα αντιστοιχεί στον όρο υποσύνολο, θεωρώντας πως μια εικόνα είναι ένα σύνολο εικονοστοιχείων.



Σχήμα 1. Ενδεικτικές εικόνες ενδοσκοπικού βίντεο που παράγονται στην οθόνη. Οι εικόνες (Α), (Β) και (Δ) παρουσιάζουν εντοπισμένο έναν αδενωματώδη πολύποδα, ενώ η εικόνα (Γ) παρουσιάζει φυσιολογικό ιστό, τον οποίο το σύστημα σωστά δεν έχει χαρακτηρίσει ως μη φυσιολογικό.

στασης. Από κάθε υποεικόνα υπολογίζονται διανυσματικές υπογραφές ως εξής:

1) Κάθε μια από τις τρεις χρωματικές συνιστώσες^γ κάθε έγχρωμης υποεικόνας μετασχηματίζεται σύμφωνα με το μετασχηματισμό κυματιδίου^δ.

2) Υπολογίζονται στατιστικά μέτρα δεύτερης τάξης^ε από κάθε μετα-

Πίνακας 1. Ιστολογικός χαρακτηρισμός των διαθέσιμων δειγμάτων

Δείγμα	Απόλυτος πληθυσμός	Ποσοστό (%)	Ποσοστό (%)
Ασθενείς	66		
Πολύποδες	95	100	
Υπερπλαστικοί	35	36,8	
Αδενώματα	60	63,2	100
Καλοήθεις	27		45
Κακοήθεις	33		55

σχηματισμένη συνιστώσα της υποεικόνας.

3) Υπολογίζονται οι συνδιακυμάνσεις των παραπάνω μέτρων μεταξύ των χρωματικών συνιστωσών. Το σύνολο των συνδιακυμάνσεων χρησιμοποιείται ως διανυσματική υπογραφή της υφής στην αντίστοιχη υποεικόνα.

Οι διανυσματικές υπογραφές που εξάγονται με τον παραπάνω τρόπο από εικόνες που παρουσιάζουν ιστούς γνωστής παθολογίας χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία μιας «μηχανής μάθησης». Η μηχανή αυτή αποσκοπεί στην εύρεση του βέλτιστου επιπέδου που διαχωρίζει μεταξύ τους τις υπογραφές που αντιστοιχούν σε φυσιολογικούς ιστούς από εκείνες που αντιστοιχούν σε μη φυσιολογικούς ιστούς (αδενώματα)¹².

Στην έξοδο του συστήματος παράγονται εικόνες στις οποίες σημειώνονται οι παθολογικές περιοχές προς περαιτέρω ιατρικό έλεγχο (σχήμα 1).

3. Αποτελέσματα

Ψηφιακές εικόνες βίντεο συλλέχθηκαν από έναν πληθυσμό 66 ασθενών που υποβλήθηκαν σε κολονοσκόπηση. Οι κολονοσκοπήσεις πραγματο-

ποιήθηκαν με ενδοσκοπική διάταξη τύπου Olympus CF-100HL. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ιστολογικών εξετάσεων που πραγματοποιήθηκαν στους πολύποδες που εντοπίστηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της απόδοσης του προτεινόμενου συστήματος.

Για την εκπαίδευση της «μηχανής μάθησης» χρησιμοποιήθηκαν δύο εικόνες από κάθε βίντεο και το σύστημα δοκιμάστηκε στο σύνολο των υπόλοιπων εικόνων. Με τη μέθοδο αυτή, εντοπίσαμε τους αδενωματώδεις πολύποδες με υψηλή ακρίβεια, η οποία πιστοποιήθηκε σε ειδικότητα (specificity) 97% και σε ευαισθησία (sensitivity) 90%.

4. Συμπεράσματα

Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επικουρικά για τη λήψη απόφασης από τους ενδοσκόπους ιατρούς, παρέχοντας μια δεύτερη γνώμη, βασισμένη σε χαρακτηριστικά που εξάγονται από εικόνες και όχι σε υποκειμενικά κριτήρια, για το διαγνωστικό χαρακτηρισμό των πολυπόδων ως υπόπτων κακοήθους εξαλλαγής.

^γΜια έγχρωμη εικόνα συνίσταται από τρεις μονόχρωμες εικόνες, καθεμιά από τις οποίες, συνήθως, αντιστοιχεί στη συλληφθείσα από την κάμερα ακτινοβολία στα μήκη κύματος του ερυθρού, του πράσινου και του γαλάζιου χρώματος.

^δΟ μετασχηματισμός κυματιδίου μιας εικόνας είναι ένας μαθηματικός μετασχηματισμός, μεταγενέστερος συγγενής του μετασχηματισμού Fourier, ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή νέων εικόνων. Οι νέες εικόνες, στις θέσεις των εικονοστοιχείων της αρχικής, έχουν αριθμητικούς συντελεστές που αντιστοιχούν σε διαφορετικά εύρη συχνοτήτων.

^εΤα στατιστικά μέτρα δεύτερης τάξης είναι στατιστικά μέτρα που υπολογίζονται επί των πιθανοτήτων που αντιστοιχούν στις εμφανίσεις ζευγών από τιμές εικονοστοιχείων. Τα εικονοστοιχεία μπορεί να εντοπίζονται σε οποιεσδήποτε θέσεις και να έχουν οποιονδήποτε προσανατολισμό μέσα στην εικόνα.

Στις άμεσα υλοποιήσιμες προοπτικές επέκτασης της έρευνας εμπίπτει η βελτιστοποίηση και υλοποίηση των πολύπλοκων υπολογισμών που εμπλέκονται στις προτεινόμενες μεθοδολογίες, σε εξειδικευμένο υλικό (hardware), προκειμένου να ελαττωθεί ο συνολικός χρόνος απόκρισης και να είναι εφικτή η εφαρμογή τους σε πραγματικό χρόνο.

Μια τέτοια εφαρμογή, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια μιας κολonosκοπικής εξέτασης προκειμένου να ενισχύσει την ικανότητα του ιατρού στον ταχύτερο εντοπισμό πολυπόδων, μειώνοντας σημαντικά το χρόνο της εξέτασης που είναι εξαιρετικά δυσάρεστη στους ασθενείς.

Προς την κατεύθυνση αυτή, έχει ήδη δρομολογηθεί σχετική δραστηριότητα προς την υλοποίηση της μεθόδου υπολογισμού των στατιστικών μέτρων δεύτερης τάξης σε επαναπρογραμματιζόμενες διατάξεις πυλών (Field Programmable Gate Arrays, FPGAs),

με ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα¹³.

Βιβλιογραφία

1. Mudigonda NR, Rangarayanan RM, and Desautels JEL. Gradient and texture analysis for the classification of mammographic images, IEEE trans. Medical Imaging 2000; 19(10):1215-27.
2. Yu Q, Roch C, Namer IJ, Chambron Mauss Y. Detection of late epilepsy by the texture analysis of MR brain images in the lithium-pilocarpine rat model. Magnetic Resonance Imaging 2000; 20:771-5.
3. Ji Q, Engel J, Craine, E. Texture analysis for classification of cervix lesions, IEEE trans. Medical Imaging 2000; 19:1144-9.
4. Nappi J, Yoshida H. Automated detection of polyps with CT colonography: evaluation of volumetric features for reduction of false positive findings. Acad Radiol 2002; 9(4):386-97.
5. Duncan JS, Ayache N. Medical image analysis: Progress over two decades and the challenges ahead, IEEE trans. Pattern Analysis Machine Intelligence 2000; 22:85-106.
6. West D, West V. Model selection for a medical diagnostic decision support system: A breast cancer detection case. Artificial Intelligence in Medicine 2000; 20:183-204.
7. Kononenko I. Machine learning for medical diagnosis: history, state of the art and perspective. Artificial Intelligence in Medicine 2001; 23:89-109.
8. Itzkowitz SH, Kim YS. In: Sleisinger & Fordtran, editors. Gastrointestinal and Liver Disease. Philadelphia, Pa: WB Saunders Company; 1998. 6th ed. vol. 2.
9. Kudo S, Kashida H, Tamura T, Kogure E, Imai Y, Yamano

H, Hart AR. Colonoscopic diagnosis and management of nonpolypoid early colorectal cancer. World Journal of Surgery 2000; 24:1081-90.

10. Kudo S, Tamura S, Nakajima T, Yamano H, Kusaka H, Watanabe H. Diagnosis of colorectal tumorous lesions by magnifying endoscopy. Gastrointestinal Endoscopy 1996; 44:8-14.

11. Nagata S, Tanaka S, Haruma K, Yoshihara M, Sumii K, Kajiyama G, Shimamoto F. Pit pattern diagnosis of early colorectal carcinoma by magnifying colonoscopy: clinical and histological implications. Int J Oncol 2000; 16:927-34.

12. Theodoridis S, Koutroumbas K. Pattern Recognition. Academic press, San Diego. 1999.

13. Bariamis D, Iakovidis DK, Maroulis DE, Karkanis SK. An FPGA-based architecture for real time image feature extraction, in Proc. International Conference on Pattern Recognition (ICPR), IAPR, Cambridge, UK, 2004, pp. 801.

Ευχαριστίες

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΕΠΕΑΕΚ II) «Πυθαγόρας I: Ενίσχυση των Ερευνητικών Ομάδων στα Πανεπιστήμια», το οποίο συγχρηματοδοτείται κατά 75% από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και κατά 25% από Εθνικούς Πόρους. ■