

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ"

Στέλλα Ν. Λαλισσίδου

Υπολογιστικό σύστημα υποβοήθησης διάγνωσης για τον διαχωρισμό άτυπων καλοηθών σπύλων από κακοήγη μελανώματα με χρήση ψηφιακών δερματολογικών εικόνων και αλγορίθμων επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας

Περίληψη

Εισαγωγή: Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η ανάπτυξη ενός υπολογιστικού συστήματος υποβοήθησης διάγνωσης για τον διαχωρισμό μεταξύ καλοηθών άτυπων σπύλων και κακοηθών μελανωμάτων από ψηφιακές δερματολογικές εικόνες, με την βοήθεια τεχνικών επεξεργασίας εικόνας και αναγνώρισης προτύπων.

Υλικό: Χρησιμοποιήθηκαν 88 εικόνες δερματολογικών αλλοιώσεων, οι οποίες προέρχονται από την online βάση δερματολογικών δεδομένων Dermnet. Από τις 88 εικόνες, οι 44 απεικονίζουν καλοήθεις άτυπους σπύλους και οι υπόλοιπες 44 κακοήγη μελανώματα.

Μέθοδοι: Στην συνέχεια, υλοποιήθηκαν τα παρακάτω τέσσερα βασικά στάδια επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας: προ-επεξεργασία, τμηματοποίηση, εξαγωγή και επιλογή χαρακτηριστικών και ταξινόμηση. Κατά το στάδιο της προ-επεξεργασίας έγινε η ανίχνευση και η αφαίρεση των τριχών από τις εικόνες, με χρήση των αλγορίθμων προσαρμοζόμενης κατωφλίωσης και παρεμβολής μέσης τιμής. Επιπλέον, εφαρμόστηκε μέθοδος διόρθωσης φωτισμού σε εικόνες με έντονες σκιάσεις. Κατά το στάδιο της τμηματοποίησης, δοκιμάστηκαν οι τρεις αλγόριθμοι τμηματοποίησης: Hysteresis, Otsu και ενεργά περιγράμματα. Για κάθε μια μέθοδο, λάβαμε ένα ξεχωριστό σετ τμηματοποιημένων δεδομένων. Έπειτα, ακολούθησε η εξαγωγή 24 χαρακτηριστικών από κάθε εικόνα. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούνται από χαρακτηριστικά υψής 1^{ης} και 2^{ης} τάξης καθώς και από μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτέλεσαν είσοδο σε ένα σύστημα αναγνώρισης προτύπων που σχεδιάστηκε έτσι ώστε να προβλέπει την καλοήθεια ή κακοήθεια της δερματολογικής αλλοίωσης. Υλοποιήθηκαν οι ταξινομητές: Πιθανοκρατικά Νευρωνικά Δίκτυα (PNN) με Gaussian, Exponential και Reciprocal πυρήνα, K- Πλησιέστερων Γειτόνων, Bayes με γραμμικό και Quadratic πυρήνα, Ελάχιστης Απόστασης και Support Vector Machine. Για κάθε ταξινομητή, βρέθηκε ο βέλτιστος συνδυασμός χαρακτηριστικών με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης, σε συνδυασμό με τις μεθόδους Wilcoxon Rank Sum test και Principal Component Analysis (PCA). Το σύστημα αξιολογήθηκε με την μέθοδο Leave-One-Out (LOO). Η απόδοση του συστήματος σε «άγνωστα» δεδομένα εκτιμήθηκε με την μέθοδο External Cross Validation.

Αποτελέσματα: Το προτεινόμενο σύστημα παρουσίασε την μεγαλύτερη ακρίβεια ταξινόμησης (86%) για το σετ τμηματοποιημένων δεδομένων που προέκυψε από τα ενεργά περιγράμματα, χρησιμοποιώντας τον ταξινομητή PNN με Gaussian πυρήνα, με μέθοδο επιλογής χαρακτηριστικών την exhaustive search (έως 8 συνδυασμούς) και μέθοδο αξιολόγησης την LOO. Τα 7 χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν σύμφωνα με την

μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης είναι το εμβαδόν, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η λοξότητα, το εύρος αντίθεσης, η περίμετρος και η μέση τιμή ανομοιομορφίας των επιπέδων του γκρι. Η επιλογή αυτών των χαρακτηριστικών μας αποδεικνύει ότι και οι τρεις τύποι χαρακτηριστικών που εξάγαμε (μορφολογικά, υψής 1^{ης} και 2^{ης} τάξης), συμβάλλουν στον διαχωρισμό μεταξύ καλοθών και κακοθών αλλοιώσεων. Η ακρίβεια ταξινόμησης «αγνώστων» δεδομένων με την External Cross Validation υπολογίστηκε στο 77% ± 8% .

Συζήτηση: Η μέθοδος τμηματοποίησης ενεργών περιγραμμάτων επέδειξε τα καλύτερα αποτελέσματα τμηματοποίησης σε σχέση με τις μεθόδους Otsu και Hysteresis. Η μέθοδος Otsu παρουσίασε αδυναμία τμηματοποίησης εικόνων αλλοιώσεων με έντονες σκιάσεις. Παρόλο που το σύστημα είχε σχετικά μικρό ποσοστό ακρίβειας ταξινόμησης (86%) και ικανότητα γενίκευσης (77%± 8%), τα αποτελέσματά του μπορούν να συγκριθούν με αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία από άλλους ερευνητές. Το προτεινόμενο σύστημα ύστερα από μερικές βελτιστοποιήσεις, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την υποβοήθηση διάγνωσης κακοθών ή καλοθών δερματικών αλλοιώσεων έτσι ώστε μελλοντικά να μειωθεί ο αριθμός των εκτομών-βιοψιών και ταυτόχρονα να συμβάλει στην μείωση του ποσοστού θνησιμότητας από τον καρκίνο του δέρματος.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Επεξεργασία εικόνας, ανάλυση εικόνας, αναγνώριση προτύπων

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μελάνωμα, άτυπος σπίλος, ψηφιακή δερματολογική εικόνα, επεξεργασία, τμηματοποίηση, εξαγωγή χαρακτηριστικών, επιλογή χαρακτηριστικών, αναγνώριση προτύπων

Abstract

Introduction: The aim of the present thesis was the development of a computer-aided diagnosis (CAD) system for the discrimination between benign atypical nevi and malignant melanomas on digital dermatological images using image processing and pattern recognition algorithms.

Data: 88 skin images were downloaded from the online photo dermatology database Dermnet and used as input into the proposed system. From the 88 images, 44 were benign clark nevi and the rest 44 were malignant melanomas.

Methods: Next, four basic steps of image processing and analysis were implemented: preprocessing, segmentation, feature extraction and selection, and classification. At the preprocessing step, the skin lesion hair pixels were detected and removed by the adaptive thresholding and mean-value interpolation methods. Furthermore, an illumination correction method was applied to the images with sharp shadowing. At the segmentation step, three segmentation algorithms were implemented: the hysteresis thresholding, the Otsu's thresholding and the active contours. As a result, three different datasets of segmented skin images were obtained. The next step involved feature extraction, during which 24 features were extracted from each segmented skin lesion image. The features comprised 1st order textural features, 2nd order textural features and morphological features. These features were used as input into a pattern recognition system that was designed to predict the dermatological lesion's category (benign or malignant). The implemented classifiers were: Probabilistic Neural Network (PNN) with Gaussian, Exponential and Reciprocal kernel, K-Nearest Neighbors, Bayes with Linear and Quadratic kernel, Minimum Distance Classifier and Support Vector Machine. For each classifier, the

optimum feature combination was found, using the exhaustive search, in combination with the statistical Wilcoxon Rank Sum test and Principal Component Analysis as feature selection methods. The proposed system was evaluated by the Leave-One-Out method (LOO). The system's performance in 'unknown' data was evaluated using the External Cross Validation method.

Results: The proposed system presented the highest classification accuracy (86%) for the active contours' dataset, using the PNN classifier, with exhaustive search as feature selection method (up to 8 feature combination) and the LOO as the evaluation method. The 7 best features, according to the exhaustive search method, were the area, mean value, standard deviation, skewness, contrast range, perimeter, and the mean value of the gray level non-uniformity. The selection of these features proved that all three types of the extracted features (morphological, 1st and 2nd order textural), contributed to the discrimination between benign and malignant lesions. The "unknown" data classification accuracy was estimated $77\% \pm 8\%$ by the External Cross Validation method.

Discussion: The active contour segmentation method showed the best results compared to Hysteresis thresholding and Otsu's method. Otsu's method presented weakness in segmenting skin lesion images with sharp shadowing. Although the system showed relatively low classification accuracy (86%) and generalization ability ($77\% \pm 8\%$), its results are comparable with the results presented in literature by other researchers. The proposed system can be used to assist the diagnosis of malignant or benign skin lesions, after some optimizations. It could reduce the number of excisions-biopsies, while contributing to the reduction of skin cancer mortality rate by means of early stage detection.

SUBJECT AREA: Image processing, image analysis, pattern recognition

KEYWORDS: melanoma, clark nevus, digital dermatological image, preprocessing, segmentation, feature extraction, feature selection, pattern recognition