



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**«Σύστημα Αποθήκευσης και Επεξεργασίας Δερματολογικών Εικόνων σε Περιβάλλον
Υποδομής Νέφους (Cloud Computing)»**

Σταγκόπουλος Παρασκευάς

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπεύθυνος

Κ.Ηλίας Μαγκλογιάννης

Επίκουρος Καθηγητής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ
ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**«Σύστημα Αποθήκευσης και Επεξεργασίας Δερματολογικών Εικόνων σε
Περιβάλλον Υποδομής Νέφους (Cloud Computing)»**

Σταγκόπουλος Παρασκευάς

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων

Κ.Ηλίας Μαγκλογιάννης

Επίκουρος Καθηγητής

Λαμία, 23/09 έτος 2014

**«Σύστημα Αποθήκευσης και Επεξεργασίας Δερματολογικών Εικόνων σε
Περιβάλλον Υποδομής Νέφους (Cloud Computing)»**

Σταγκόπουλος Παρασκευάς

Τριμελής Επιτροπή:

Ηλίας Μαγκλογιάννης, Επίκουρος καθηγητής

Πλαγιανάκος Βασίλης, Αναπληρωτής καθηγητής

Δελήμπασης Κωνσταντίνος, Επίκουρος καθηγητής

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «Σύστημα αποθήκευσης και επεξεργασίας δερματολογικών εικόνων σε περιβάλλον υποδομής νέφους» πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Πληροφορικής με εφαρμογές στην Βιοϊατρική του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας :

Και πρώτα απ' όλα, στον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Ηλία Μαγκλογιάννη για τη συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, τις ουσιώδεις συμβουλές, καθώς και την αδιάκοπη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλο αυτό το διάστημα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ.Χαράλαμπο Δούκα για την πολύτιμη βοήθεια του σχετικά με το υλικό αλλά και με την διευθέτηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με έμαθαν να «προσπερνώ» και με βοήθησαν να γίνουν «ανεκτοί» οι συμβιβασμοί των τελευταίων χρόνων: την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τους συναδέλφους μου. Σε αυτούς, που με την καθημερινή τους συμπαράσταση, την υπομονή τους και την θετική τους σκέψη, ιδιαίτερα τις εποχές των μεγάλων διλημάτων, συνέβαλαν στην εκπλήρωση του στόχου μου, αφιερώνεται η εργασία αυτή.

Περίληψη

Αυτή η εργασία παρουσιάζει ένα έξυπνο σύστημα επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων που απεικονίζουν περιοχές με δερματολογικές αλλοιώσεις. Το σύστημα αποτελείται από μια εφαρμογή που είναι σχεδιασμένη τόσο για κινητά τηλέφωνα όσο και για προσωπικούς υπολογιστές. Η εφαρμογή αυτή, είναι σε θέση να ανακτήσει και να εντοπίσει αλλοιωμένες δερματολογικές περιοχές και να τις ταξινομήσει ανάλογα με τη βαρύτητά τους σε μελάνωμα, σπίλους και καλοήθεις αλλοιώσεις. Το προτεινόμενο σύστημα περιλαμβάνει επίσης μια cloud υποδομή για την αξιοποίηση υπολογιστικών και αποθηκευτικών πόρων. Αυτή η αρχιτεκτονική παρέχει διαλειτουργικότητα και υποστήριξη των διαφόρων κινητών περιβαλλόντων, καθώς και την ευελιξία στην ενίσχυση της στο μοντέλο ταξινόμησης. Τα αρχικά αποτελέσματα της αξιολόγησης είναι αρκετά ελπιδοφόρα και υποδεικνύουν ότι η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή των δερματικών αλλοιώσεων της αρχικής αξιολόγησης.

Keywords: Επεξεργασία εικόνας, δερματολογικές αλλοιώσεις, Καρκίνος του δέρματος, Μελάνωμα, δερματοσκόπηση, Mobile Computing, Teledermatology, Cloud Infrastructures, Android, IOS, Smart Phones

Abstract

This thesis presents a smart phone based system for storing digital images of skin areas depicting regions of interest (lesions) and performing self-assessment of these skin lesions within these areas. The system consists of a mobile application that can acquire and identify moles in skin images and classify them according their severity into melanoma, nevus and benign lesions. The proposed system includes also a cloud infrastructure exploiting computational and storage resources. This cloud-based architecture provides interoperability and support of various mobile environments as well as flexibility in enhancing the classification model. Initial evaluation results are quite promising and indicate that the application can be used for the task of skin lesions initial assessment.

Keywords: Image Analysis, Skin Lesions, Skin Cancer, Melanoma, Mobile Dermoscopy, Mobile Computing, Teledermatology, Cloud Infrastructures, Android, IOS, Smart Phones

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Εισαγωγή.....	10
1.1. Έμφαση στο πρόβλημα – Με λίγα λόγια.....	10
1.2. Σκοπός της διπλωματικής.....	10
1.3. Δομή της διπλωματικής.....	11
Κεφάλαιο 2 – Σχετικό υπόβαθρο.....	12
2.1. Ο καρκίνος του δέρματος.....	12
2.2. Τεχνικές διάγνωσης.....	13
2.3. Η ανάλυση στην υποδομή νέφους και στα κινητά τηλέφωνα.....	15
2.4. Android – Το λειτουργικό σύστημα για κινητά τηλέφωνα.....	17
2.5. Web Services – Σύνδεση του Web με τις συσκευές.....	22
2.6. Υπάρχουσες εμπορικές εφαρμογές στην αγορά.....	38
2.6.1. Doctor Mole Application.....	38
2.6.2. Mole Detective.....	40
2.6.3. MelApp.....	41
2.6.4. OnlineDermClinic.....	42
2.6.5. SpotMole.....	44
2.7. Συμπεράσματα της χρήσης και λειτουργίας των εμπορικών εφαρμογών.....	45
Κεφάλαιο 3 - Προτεινόμενη υλοποίηση.....	47
3.1. Αρχιτεκτονική του συστήματος.....	47
3.2. Αλγόριθμος - Εύρεση της αλλοιωμένης περιοχής.....	48
3.3. Εξαγωγή των χαρακτηριστικών – Τι δηλώνουν.....	50
3.4. Εφαρμογή για προσωπικούς υπολογιστές.....	52
3.5. Εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα.....	53
3.6. Η εφαρμογή στην Νεφοϋπολογιστική Υποδομή (Cloud Computing).....	54
Κεφάλαιο 4 – Το σύστημα στην πράξη.....	56
4.1. Σενάρια λειτουργίας της εφαρμογής για προσωπικούς υπολογιστές.....	56
4.1.1. Ανάκτηση της εικόνας από τον σκληρό δίσκο.....	56

4.1.2.	Επεξεργασία σε τοπικό επίπεδο και προβολή αποτελέσματος	57
4.2.	Σενάρια λειτουργίας της εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα	58
4.2.1.	Ανάκτηση της εικόνας από την κάρτα μνήμης του κινητού	59
4.2.2.	Ανάκτηση της εικόνας από την κάμερα του κινητού	59
4.2.3.	Ανάκτηση της εικόνας από τους προσωπικούς λογαριασμούς σε υποδομές νέφους (Cloud)	60
4.2.4.	Επεξεργασία και προβολή αποτελέσματος	62
4.2.5.	Προβολή ιστορικού	64
4.2.	Πιλοτική λειτουργία και δοκιμές	65
4.3.	Αξιολόγηση του συστήματος	66
	Συμπεράσματα και Μελλοντική εργασία	69
	Δημοσιεύσεις	70
	Βιβλιογραφία	71

Εισαγωγή

1.1. Έμφαση στο πρόβλημα – Λίγα λόγια...

Τα πληροφοριακά συστήματα βρίσκουν όλο και περισσότερο σημαντικές εφαρμογές στο χώρο της υγείας. Εκτός των παραδοσιακών συστημάτων υποστήριξης της διοικητικής και οικονομικής λειτουργίας των μονάδων της υγείας, ένας από τους τομείς εφαρμογής των τεχνολογιών πληροφορικής είναι ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος ασθενούς. Ένα από τα βασικότερα προβλήματα εφαρμογής αυτών των συστημάτων είναι το γεγονός ότι η πληροφορία, ή αλλιώς τα δεδομένα που τον απαρτίζουν είναι κατακερματισμένη και αποθηκευμένη σε διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα διαφορετικών τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών. Είναι λοιπόν εξαιρετικά χρήσιμη αλλά ταυτόχρονα επιστημονικά και ερευνητικά ενδιαφέρουσα η σχεδίαση και υλοποίηση μηχανογραφικών συστημάτων που είναι σε θέση να παρουσιάζουν με τρόπο ενιαίο αλλά και διαφανή για τον χρήστη, το σύνολο της διαθέσιμης πληροφορίας για κάθε ασθενή. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, κανείς έχει να αντιμετωπίσει αρκετά προβλήματα τόσο επιχειρησιακά όσο και τεχνολογικά. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα ζητήματα ασφαλείας των ευαίσθητων δεδομένων και βέβαια την κωδικοποίηση των δεδομένων.

1.2. Σκοπός της διπλωματικής

Η παρούσα διπλωματική έχει σχεδιάσει και υλοποιήσει έναν ανάλογο σύστημα που αναλύει και αποθηκεύει εικόνες που απεικονίζουν δερματολογικές αλλοιώσεις με ταυτόχρονη κατηγοριοποίηση τους σε σπίλους, καλοήθεις αλλοιώσεις και μελανώματα. Μεγάλη βαρύτητα δόθηκε στην αρχιτεκτονική πρόταση υλοποίησης του ενιαίου συστήματος αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τεχνολογικές προσεγγίσεις περί ανάπτυξης συστημάτων βασισμένες σε τεχνολογίες υποδομών νέφους. Επιπλέον, για την αντιμετώπισή των αναγκών ενιαιοποίησης των δεδομένων του συστήματος, έχει σχεδιαστεί ένα σύστημα βάσης δεδομένων με δομές και οντότητες σχεδιασμένες για την εξυπηρέτηση της ανάλυσης και αποθήκευσης. Τέλος, η εργασία προσεγγίζει την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος στον οποίον ο εκάστοτε ασθενής μπορεί να κάνει χρήση της απομακρυσμένης πρόσβασης.

1.3. Δομή της διπλωματικής

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές πληροφορίες σχετικά με την απεικόνιση της βλάβης του δέρματος και αναφέρονται οι αντίστοιχες τεχνικές εύρεσης και κατηγοριοποίησης αυτών των βλαβών. Επίσης παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες εφαρμογές που αναπτύχθηκαν για κινητά τηλέφωνα για την εύρεση αυτών. Στην συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα προτεινόμενο σύστημα που αναπτύχθηκε από την ομάδα μας όπου μπορεί να αξιολογήσει την βλάβη του δέρματος τόσο σε ένα προσωπικό υπολογιστή και σε ένα κινητό τηλέφωνο όσο και στο Cloud, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του δικτύου. Στο επόμενο κεφάλαιο, δείχνουμε συνοπτικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής μας έναντι των αντίστοιχων εμπορικών εφαρμογών-αλγορίθμων. Τέλος, κλείνοντας γίνεται λόγος για τις μελλοντικές προκλήσεις που ρέουν από τις προσδοκίες των ερευνών.

Κεφάλαιο 2 – Σχετικό υπόβαθρο

2.1. Ο καρκίνος του δέρματος

Ο καρκίνος του δέρματος είναι μεταξύ των συχνότερων τύπων καρκίνου και ένας από τους πιο κακοήθεις όγκους. Η συχνότητά εμφάνισης του έχει αυξηθεί ταχύτερα από ό, τι των άλλων μορφών καρκίνου. Οι ετήσιοι ρυθμοί συνεχώς αυξάνονται με κλίμακα της τάξεως του 3-7% σε ανοιχτόχρωμο δέρμα [1]. Αυτή την στιγμή, κάθε χρόνο καταγράφονται στα παγκόσμια στατιστικά δύο με τρία εκατομμύρια μη επικίνδυνες ανωμαλίες-βλάβες του δέρματος και 132.000 μελανωμάτων. Ένας στους τρεις τύπους καρκίνου που διαγιγνώσκονται είναι καρκίνος του δέρματος και, σύμφωνα με το Skin Cancer Foundation Statistics, ένας στους πέντε Αμερικανούς θα αναπτύξει καρκίνο του δέρματος στη διάρκεια της ζωής του [2]. Κάθε χρόνο υπάρχουν περισσότερες νέες περιπτώσεις καρκίνου του δέρματος από τη συνδυασμένη επίπτωση των καρκίνων του μαστού, του προστάτη, του πνεύμονα και του παχέος εντέρου [3].

Για το δερματικό μελάνωμα, που είναι ο πιο κοινός τύπος καρκίνου του δέρματος, δεν έχει βρεθεί ακόμα κάποια αποτελεσματική θεραπεία. Ωστόσο όταν διαγνωσθεί σε πρώιμα στάδια μπορεί να αντιμετωπιστεί και να θεραπευτεί χωρίς επιπλοκές. Οι στατιστικές αποκαλύπτουν ότι από το 1970 έως το 2009, η συχνότητα εμφάνισης του μελανώματος αυξήθηκε κατά 800 τοις εκατό μεταξύ των νέων γυναικών και 400 τοις εκατό μεταξύ των νεαρών ανδρών [4]. Ένας άνθρωπος πεθαίνει από μελάνωμα κάθε ώρα (κάθε 57 λεπτά) ενώ υπολογίζεται ότι 76.690 νέες περιπτώσεις μελανώματος θα διαγνωστούν στις ΗΠΑ το 2013.

Η διαφοροποίηση και ανίχνευση των μελανωμάτων σε πρώιμο στάδιο από άλλες μελαγχρωματικές βλάβες του δέρματος (π.χ., καλοήθη νεοπλάσματα) είναι αρκετά δύσκολη διαδικασία ακόμη και για τους έμπειρους δερματολόγους. Σε αρκετές περιπτώσεις, οι γιατροί της πρωτοβάθμιας φροντίδας φαίνεται να υποτιμούν τα διάφορα μελανώματα σε πρώιμο στάδιο [5]. Το τελευταίο έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, οι οποίοι έχουν αναπτύξει συστήματα για την αυτόματη ανίχνευση των βλαβών του δέρματος. Τέτοια συστήματα απαιτούν την απόκτηση της αλλοιωμένης εικόνας του δέρματος, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως μικροσκοπία epilluminescence (ELM ή δερματοσκόπηση), ηλεκτρονικά μικροσκόπια μετάδοσης (TEM), ακόμα και βιντεοκάμερες [6]. Τα τελευταία συστήματα αποτελούνται από έναν ακριβό εξοπλισμό που είναι εγκατεστημένο σε αντίστοιχα δερματολογικά κέντρα αξιολόγησης και θεραπείας, που με την σειρά του, ο κάθε ασθενής μπορεί να τα επισκεφτεί ανά πάσα στιγμή. Αντιθέτως, τα ανάλογα κινητά συστήματα teledermoscopy μπορούν να προσφέρουν μια αποτελεσματική, χαμηλού κόστους και έγκαιρη διάγνωση του καρκίνου αυτού.

Οι μελαγχρωματικές βλάβες εμφανίζονται ως επιθέματα με πιο σκούρο χρώμα στο δέρμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αιτία είναι η υπερβολική συγκέντρωση μελανίνης στο δέρμα. Σε καλοήθεις βλάβες (π.χ. κοινή σπίλοι) οι ποσότητες της μελανίνης βρίσκονται κυρίως στην επιδερμίδα. Σε κακοήθεις αλλοιώσεις (π.χ. μελάνωμα), τα μελανοκύτταρα αναπαράγουν μελανίνη σε ένα υψηλό, μη φυσιολογικό ρυθμό (βλέπε Εικόνα 1). Αντίστοιχα, ως σπίλους ορίζουμε δυσπλαστικές βλάβες του δέρματος που έχουν υψηλό κίνδυνο να γίνουν μελανώματα, δεδομένου ότι η χρονική παραμόρφωση της μελανίνης είναι μια σημαντική ένδειξη του μελανώματος [7].



Εικόνα 1. Απεικόνιση ενός (a) μελανώματος, (b) δυσπλαστικού σπίλου και ενός (c) κοινού σπίλου.

2.2. Τεχνικές διάγνωσης

Στην συμβατική διαδικασία, υπάρχουν 5 βασικές μέθοδοι διάγνωσης:

- ABCD κανόνας (Asymmetry, Border, Color, Diameter και Evolutionτης περιοχής).
- Pattern Analysis
- Menzies μέθοδος
- 7-Point Checklist
- Texture Analysis.

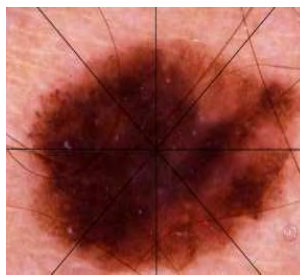
Ο κανόνας ABCD διερευνά την ασυμμετρία, την περίμετρο, το χρώμα και την απόκλιση των δομών της αλλοίωσης και ορίζει τη βάση για την διάγνωση από έναν δερματολόγο . Η μέθοδος Menzies αναζητά τα αρνητικά χαρακτηριστικά (την συμμετρία ενός μοτίβου και την παρουσία ενός ενιαίου χρώματος) και τα θετικά (τις πολλαπλές καφέ κουκίδες, pseudopods , radial streaming, την ουλή, τις περιφερειακές μαύρες κουκίδες / σφαιρίδια, τα πολλαπλά(5 - 6) χρώματα και τις πολλαπλές μπλε / γκρι τελείες). Ο 7-Point Checklist περιλαμβάνει επτά κριτήρια που αξιολογούν αμφότερα τα χρωματικά χαρακτηριστικά και το σχήμα ή / και την υφή της βλάβης[10][11]. Τα κριτήρια αυτά είναι το δίκτυο χρωστικής ουσίας, η μπλε -

υπόλευκη στρώση, το αγγειακό πρότυπο, οι παράτυπες ραβδώσεις, οι αντίστοιχες κουκκίδες/σφαιρίδια, οι παράτυπες κηλίδες, και οι δομές παλινδρόμησης. Κάθε ένα θεωρείται ότι επηρεάζει την τελική αποτίμηση με διαφορετικό βάρος. Η δερματολογική εικόνα μιας μελανοκυτταρικής δερματικής αλλοίωσης αναλύεται προκειμένου να αποδειχθεί η παρουσία αυτών των τυπικών κριτηρίων. Από κάθε ανάλυση υπολογίζεται και μια βαθμολογία η οποία εάν υπερβαίνει το συνολικό σκορ των τριών (3) ή περισσότερων τότε η βλάβη είναι δεδομένη και ταξινομείται ως κακοήθεις αλλιώς χαρακτηρίζεται ως σπίλος . Τέλος η Texture analysis είναι η προσπάθεια να ποσοτικοποιηθούν οι έννοιες της υφής , όπως «fine» , « rough » και « irregular» για τον εντοπισμό , τη μέτρηση και την αξιοποίηση των διαφορών μεταξύ τους. Τα χαρακτηριστικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την ανάλυση χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις στατιστικές και τις διαρθρωτικές. Οι στατιστικοί μέθοδοι καθορίζουν την υφή από την άποψη των τοπικών στατιστικών του επιπέδου του γκρι που είναι σταθερό ή μεταβάλλεται αργά σε μια ανάγλυφη περιοχή. Διαφορετικές υφές μπορούν να διακριθούν από τη σύγκριση των στατιστικών στοιχείων.

Μια συνηθισμένη διαδικασία αυτοματοποιημένης αξιολόγησης περιλαμβάνει την κατάτμηση της βλάβης του δέρματος, την εξαγωγή χαρακτηριστικών με βάση τις προαναφερθείσες μεθόδους διάγνωσης και τέλος τη φάση της ταξινόμησης. Το τελευταίο βασίζεται στην παραγωγή των μοντέλων με βάση μια αρχική δέσμη. Στην βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες ταξινομητές οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση του μελανώματος. Στο [8] παρουσιάζουμε μια λεπτομερή σύγκριση μεταξύ των πιο κοινών μεθόδων και ερευνητικών έργων. Ένα παράδειγμα του πώς λειτουργεί ο κανόνας ABCD απεικονίζεται στις Εικόνες 2,3 και 4.



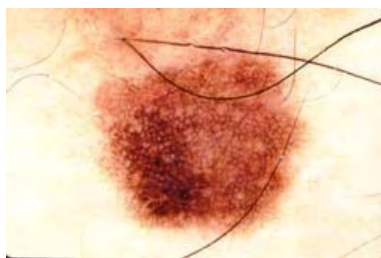
Εικόνα 2. Δοκιμή της ασυμμετρίας



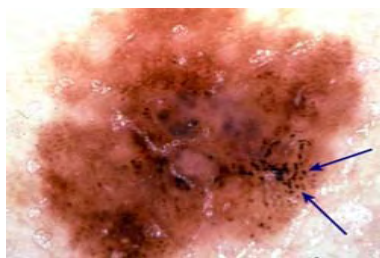
Εικόνα 3. Δοκιμή της περιμέτρου



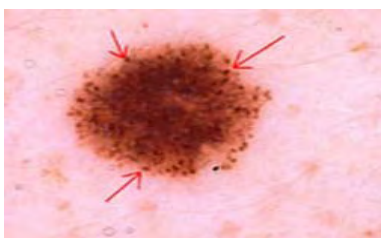
Εικόνα 4. Ποικιλοχρωμία του δέρματος



Εικόνα 5. Μελαγχρωματικό δίκτυο



Εικόνα 6. Μικροσκοπικές
δερματολογικές κουκίδες



Εικόνα 7. Δερματολογικά σφαιρίδια



Εικόνα 8 . Δερματολογικές ραβδώσεις

(source: <http://www.dermoncology.com>)

2.3. Η ανάλυση στην υποδομή νέφους και στα κινητά τηλέφωνα

Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η περιορισμένη πρόσβαση σε πληροφορίες που σχετίζονται με τον ασθενή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και η αναποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας φροντίδας του ασθενούς είναι εγγύς αιτίες των ιατρικών λαθών στον τομέα της υγείας ([9], [10]). Έτσι, η κινητή πρόσβαση σε δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης θεωρείται αρκετά χρήσιμη για τη σωστή επιλογή της θεραπείας. Το Cloud Computing είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την διευκόλυνση και την πρόσβαση στο δίκτυο σε μια κοινόχρηστη ομάδα προσαρμοσμένων υπολογιστικών πόρων (π.χ., δίκτυα, servers, storage, εφαρμογές και υπηρεσίες) που μπορούν να τροφοδοτηθούν γρήγορα και να λειτουργήσουν με την ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή παροχής υπηρεσιών. Αυτό το μοντέλο cloud προωθεί την διαθεσιμότητα και αποτελείται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα παροχής υπηρεσιών και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης. Τα κύρια χαρακτηριστικά του Cloud Computing μπορούν να συνοψιστούν στα εξής [11]: (A) On-demand self-service: Ο καταναλωτής μπορεί να λάβει μονομερώς πρόσβαση σε υπολογιστικές δυνατότητες, όπως η ώρα του server, χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη αλληλεπίδραση με τον πάροχο της κάθε υπηρεσίας (B) Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο: Οι πόροι είναι διαθέσιμοι μέσω του δικτύου και δίνεται η δυνατότητα πρόσβασης τους μέσω τυποποιημένων μηχανισμών που προωθούν την

χρήση από ετερογενείς πλατφόρμες thin or thick client (π.χ., smart phones) (C) Συγκέντρωση πόρων: οι πόροι πληροφορικής του παρόχου συγκεντρώνονται για να εξυπηρετήσουν πολλούς καταναλωτές, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο multi-tenant το οποίο παρέχει διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους δυναμικά που με την σειρά τους ανατίθενται εκ νέου ανάλογα με τη ζήτηση των καταναλωτών. Παραδείγματα των πόρων αυτών περιλαμβάνουν την αποθήκευση, την επεξεργασία, τη μνήμη, το εύρος ζώνης του δικτύου, και τις εικονικές μηχανές (D) Ταχεία ελαστικότητα: Οι πόροι μπορούν να τροφοδοτηθούν γρήγορα και ελαστικά και σε ορισμένες περιπτώσεις αυτόματα (E) Measured Service: Τα Cloud συστήματα, με αυτόματο τρόπο, ελέγχουν και βελτιστοποιούν την χρήση των υπολογιστικών πόρων με την κατάλληλη διαχείρισή τους σε κάποιο επίπεδο αφαίρεσης ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας (π.χ., αποθήκευση, επεξεργασία, το εύρος ζώνης, και ενεργούς λογαριασμούς χρηστών).

Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του Cloud Computing και την ευελιξία των υπηρεσιών που μπορούν να αναπτυχθούν, ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η ευελιξία να διατίθενται οι αντίστοιχοι υπολογιστικοί πόροι γρήγορα και χωρίς κόστος ανάλογα με την τεχνολογική τους υποδομή. Επίσης, αυτή η υποδομή επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε εφαρμογές και συστήματα χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα περιήγησης στο web, ανεξάρτητα από την τοποθεσία ή την εκάστοτε συσκευή που χρησιμοποιείται (π.χ., κινητά τηλέφωνα). Το Multi-tenancy επιτρέπει την κοινή χρήση των πόρων και των αντίστοιχων δαπανών σε ένα μεγάλο εύρος χρηστών επιτρέποντας έτσι τη συγκέντρωση των υποδομών σε περιοχές με χαμηλότερο κόστος. Η αξιοπιστία των υποδομών νέφους βελτιώνεται μέσω της χρήσης πολλαπλών θέσεων, γεγονός που καθιστά το Cloud Computing κατάλληλο για χρήση από την επιχειρησιακή σκοπιά. Η ασφάλεια, ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα για τα πληροφοριακά συστήματα, συνήθως βελτιώνεται λόγω της συγκέντρωσης των δεδομένων και την αύξηση των πόρων. Επιπλέον, η βιωσιμότητα επιτυγχάνεται μέσω της βελτίωσης της χρησιμοποίησης των πόρων που καθιστούν αυτά τα συστήματα πιο αποτελεσματικά.

Μια σειρά από πλατφόρμες Cloud Computing είναι ήδη διαθέσιμες στην αγορά για κινητά τηλέφωνα οι οποίες δίνουν την δυνατότητα στους χρήστες να μπορούν να διαχειριστούν τα προσωπικά τους δεδομένα, είτε δωρεάν (π.χ., iCloud [16] και DropBox [18]) είτε με κάποιο χρηματικό αντίτιμο (π.χ., GoGrid [15] και η Amazon AWS [17]). Γενικά, το Cloud computing παρέχει μια ελκυστική πλατφόρμα IT που μειώνει το κόστος των προηγμένων ιατρικών συστημάτων τόσο από άποψη ιδιοκτησίας όσο και της συντήρησης πολλών ιατρικών πρακτικών που επιτρέπουν σε διάφορες τεχνικές την εκ των προτέρων επεξεργασία των δεδομένων τους, χωρίς την ανάγκη χρήσης κάποιας επεξεργαστικής ισχύς. Είναι ευρέως αναγνωρισμένο ότι το cloud computing και τα ανοικτά πρότυπα είναι σημαντικά για τον εξορθολογισμό της υγειονομικής περιθαλψής όπως την διατήρηση αρχείων υγείας, την παρακολούθηση των ασθενών και την διαχείριση των ασθενών. Το πεδίο των διάχυτων

υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης απαιτεί ότι οι πόροι και οι πληροφορίες πρέπει να είναι διαθέσιμες οπουδήποτε και οποτεδήποτε, εφόσον είναι αναγκαία η ταχεία και ασφαλή ανταλλαγή τους αλλά και η διάθεση των μεγάλων όγκων πληροφοριών στο σημείο της φροντίδας.

2.4. Android – Το λειτουργικό σύστημα για κινητά τηλέφωνα

Το Android είναι ένα λειτουργικό σύστημα για κινητές συσκευές, όπως τα smartphones και τα tablets και είναι βασισμένο στα Linux. Όλες οι λειτουργίες του κινητού τηλεφώνου ελέγχονται από τις εφαρμογές (apps), τις οποίες ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει και να εγκαταστήσει ελεύθερα.

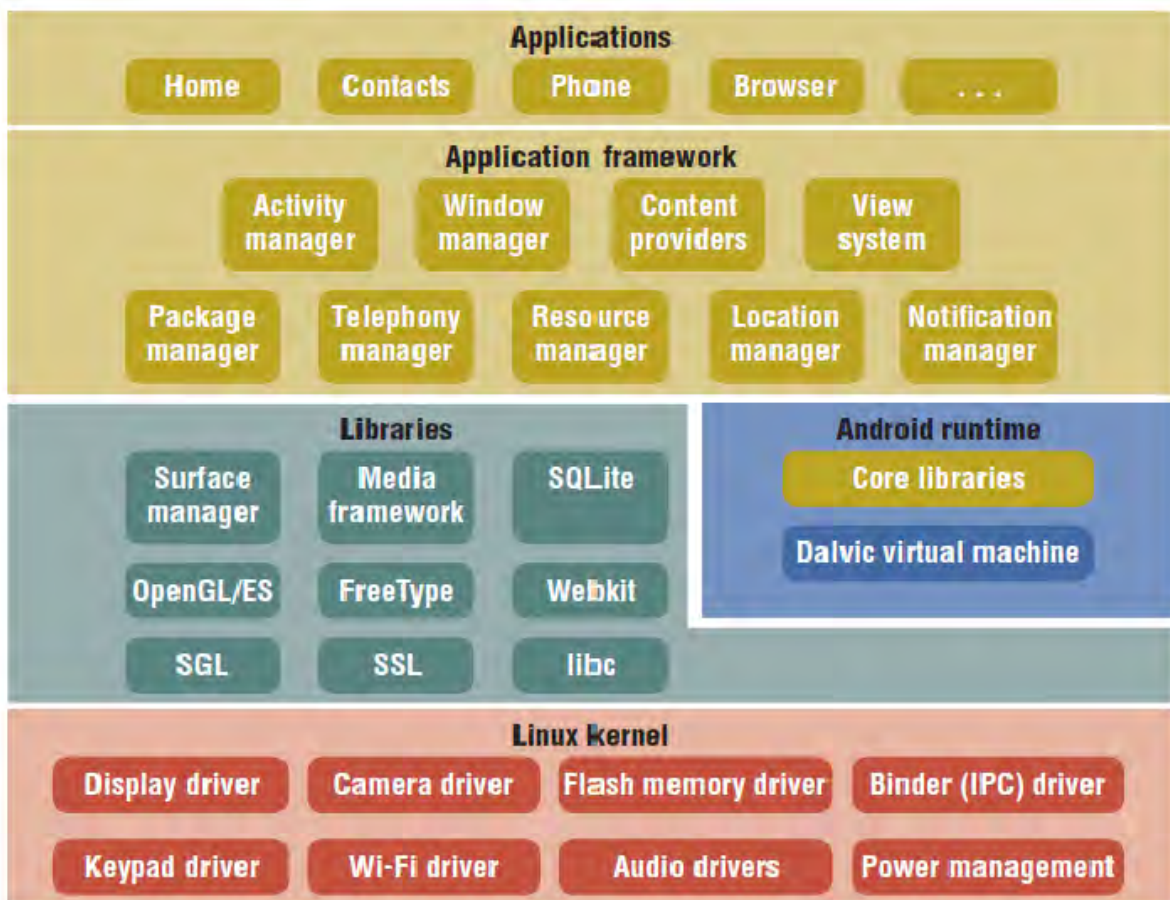
Αξίζει να σημειωθεί ότι το Android είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα (free and open source software) πράγμα που επιτρέπει στους χρήστες την ανάπτυξη δωρεάν παιχνιδιών και κάθε είδους εφαρμογής. Αυτή ακριβώς η δυνατότητα συντέλεσε στην ταχεία διάδοση του. Επιπλέον, τα εργαλεία για να αναπτύξει εφαρμογές οποιοσδήποτε προγραμματιστής μπορεί να τα βρει δωρεάν στο Internet.

Ιστορικά Στοιχεία

Το λειτουργικό σύστημα Android αναπτύχθηκε από την εταιρεία Android Inc. που εξαγοράστηκε πλήρως από την Google τον Αύγουστο του 2005. Επιτρέπει στους κατασκευαστές λογισμικού να συνθέτουν κώδικα με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Java, ελέγχοντας την συσκευή μέσω βιβλιοθηκών λογισμικού ανεπτυγμένων από την Google. Δύο χρόνια αργότερα, τον Νοέμβριο του 2007, έκανε την εμφάνισή της η Open Handset Alliance, μια κοινοπραξία 48 τηλεπικοινωνιακών εταιρειών, εταιρειών λογισμικού και κατασκευής hardware, ανάμεσα τους ονόματα όπως LG, Intel, HTC, Motorola και NVidia. Στόχος της ήταν η δημιουργία ανοικτών προτύπων για κινητές συσκευές. Παράλληλα, δημοσίευσαν το πρώτο τους προϊόν, το Android, μια πλατφόρμα βασισμένη στον πυρήνα του Linux (Linux kernel) 2.6. Επίσης, η Google έδωσε στην δημοσιότητα το μεγαλύτερο μέρος του πηγαίου κώδικα του Android υπό τους όρους της Apache License.

Σχεδιασμός

Το Android αποτελείται από έναν kernel βασισμένο σε αυτόν του Linux με το middleware, τις βιβλιοθήκες και τα APIs να είναι γραμμένα σε C και το software των εφαρμογών που τρέχει πάνω σε ένα πλαίσιο (applications framework) που περιλαμβάνει βιβλιοθήκες συμβατές με την Java. Το Android χρησιμοποιεί την εικονική μηχανή Dalvik (Dalvik virtual machine). Η κύρια πλατφόρμα του hardware είναι η ARM αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται σε ευρέως σε 32-bit συστήματα.



Εικόνα 9. Αρχιτεκτονική του Android

Linux

Η αρχιτεκτονική του Linux είναι βασισμένη στις αρχές του λειτουργικού Unix αλλά έχει αναπτυχθεί εκ του μηδενός και δεν περιλαμβάνει κώδικα από το Unix. Η ανάπτυξη του Linux είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα εθελοντικής συνεργασίας από διαδικτυακές κοινότητες, ενώ όλο το έργο είναι ανοικτού κώδικα και ελεύθερα προσβάσιμο από όλους για αντιγραφή, τροποποίηση ή αναδιανομή χωρίς περιορισμό. Το Linux είναι διαθέσιμο υπό άδειες όπως η GNU General Public License.

Δημιουργός του πυρήνα Linux είναι ο Linus Torvalds, από το όνομα του οποίου προήλθε και η ονομασία Linux. Ο Torvalds άρχισε να αναπτύσσει ένα συμβατό kernel το 1991, εμπνευσμένος από το λειτουργικό MINIX, χρησιμοποιώντας πολλά προγράμματα και βιβλιοθήκες από το GNU του Richard Stallman. Πάνω στον αρχικό πυρήνα του Torvalds έχουν εργαστεί χιλιάδες χρήστες αλλά και εταιρείες. Λόγω των στενότερων σχέσεων μεταξύ Linux και GNU, πολλές φορές το σύστημα αυτό αναφέρεται ως GNU/Linux, ονομασία που είναι πιο ακριβής και την προτιμά και το Ίδρυμα Ελεύθερου Λογισμικού.

Ο kernel του Android είναι βασισμένος σε αυτόν του Linux αλλά έχει αρκετές αρχιτεκτονικές διαφορές κυρίως χάρη στην Google. Δεν υποστηρίζει το πλήρες σύνολο των καθιερωμένων βιβλιοθηκών GNU πράγμα που καθιστά δύσκολη την μεταφορά εφαρμογών και βιβλιοθηκών από το Linux στο Android. Ορισμένα χαρακτηριστικά που η Google έδωσε πίσω στον Linux kernel, ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας που ονομάζεται wake lock, απορρίφτηκε από τους προγραμματιστές του κυρίως kernel επειδή φάνηκε ότι δεν έδειχνε και πολλή σημασία στην δικιά τους δουλειά. Σήμερα πολλοί προγραμματιστές εργάζονται για τη τροποποίηση των υφιστάμενων kernel και ROM, για να δημιουργήσουν νέα που θα είναι συμβατά με το νέο λειτουργικό σύστημα Android. Αυτές οι προσπάθειες για το Android γίνονται συνήθως μέσω του XDA-developers και του androidforums.com.

Χαρακτηριστικά

Συνδεσιμότητα

Το Android υποστηρίζει διάφορες τεχνολογίες ανάμεσα στις οποίες είναι GSM/EDGE, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX και LTE.

Μηνύματα

Υποστηρίζει τις κλασικές μορφές SMS και MMS καθώς επίσης και το Android Cloud. Το Device Messaging (C2DM), που είναι μια υπηρεσία προώθησης ειδοποιήσεων που βοηθά τους προγραμματιστές να στέλνουν δεδομένα από τον server στις εφαρμογές τους.

Browser

Ο browser που είναι διαθέσιμος στο Android βασίζεται στην διάταξη ανοικτού κώδικα WebKit, που είναι μια μηχανή που ενδυναμώνει διάφορους browsers.

Υποστήριξη Java

Ενώ οι περισσότερες εφαρμογές είναι γραμμένες σε Java, δεν υπάρχει Java virtual machine και δεν εκτελείται Java byte code. Οι κλάσεις στην Java συντάσσονται σε εκτελέσιμα τα οποία τρέχουν πάνω στο Dalvik, ένα virtual machine ειδικά για το Android που είναι βελτιστοποιημένο για συσκευές που τροφοδοτούνται από μπαταρία με περιορισμένη μνήμη και υπολογιστική ισχύ.

Αποθήκευση

Χρησιμοποιείται το SQLite, μια μικρή σε απαιτήσεις σχεσιακά βάση δεδομένων για την αποθήκευση δεδομένων. Επιπλέον υπάρχει ένα ευρύ φάσμα από χαρακτηριστικά όπως το Multitasking, κλήσεις μέσω IP, εξωτερική κάρτα μνήμης κ.α.

Προγραμματιστικά εργαλεία

Η κύρια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών Android είναι η Java, ενώ τους τελευταίους μήνες γίνονται προσπάθειες για να συμπεριληφθούν και άλλες γλώσσες όπως η C και η C++. Οπότε βασική προϋπόθεση είναι να διαθέτουμε τα αντίστοιχα εργαλεία της γλώσσας προγραμματισμού και συγκεκριμένα το Java Development Kit (JDK). Ακόμη χρειαζόμαστε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης

(integrated development environment ή IDE) για να μεταγλωττίσουμε και να τρέξουμε τα προγράμματα μας, όπως είναι για παράδειγμα το Eclipse.

Το βασικότερο εργαλείο αποτελεί το Android SDK (software development kit) το οποίο ουσιαστικά μας παρέχει τα επιπλέον εργαλεία ώστε να μπορούμε να γράψουμε κώδικα για την κατασκευή μιας εφαρμογής Android. Η σύνδεση του Android SDK με το γραφικό μας περιβάλλον (Eclipse) γίνεται μέσω μιας επέκτασης (Android Development Tools ή ADT Plug-in) που κάνουμε εγκατάσταση στο Eclipse, ώστε να μπορέσουμε να μεταγλωττίσουμε την εφαρμογή μας και έπειτα να την τρέξουμε. Καθώς το λειτουργικό σύστημα Android κυκλοφορεί σε διάφορες εκδόσεις, όπως αναφέραμε παραπάνω, καθίσταται σαφές ότι η κάθε έκδοση θα χρησιμοποιεί και διαφορετικά προγραμματιστικά εργαλεία. Έτσι μέσα από το ADT Plug-in μπορούμε να εγκαταστήσουμε τα εργαλεία καθώς και την τεκμηρίωση (documentation) αλλά και διάφορα παραδείγματα για την υλοποίηση της εφαρμογής σε οποιαδήποτε έκδοση. Για παράδειγμα, αν θέλουμε η εφαρμογή μας να είναι συμβατή και σε παλαιότερες εκδόσεις του Android τότε θα πρέπει , μαζί με άλλες αλλαγές που θα παρουσιάσουμε στην συνέχεια της διπλωματικής (βλ. Android Manifest), να εγκαταστήσουμε και τα αντίστοιχα εργαλεία και να δοκιμάσουμε την εφαρμογή μας σε αυτές.

Τέλος, για να δοκιμάσουμε την εφαρμογή μας και να δούμε τα αποτελέσματα της θα χρειαστούμε κάποιον προσομοιωτή κινητού τηλεφώνου, αν δεν διαθέτουμε εμείς οι ίδιοι, στον υπολογιστή μας. Τη λύση μας δίνει μια εικονική συσκευή Android Android Virtual Device ή AVD) η οποία ουσιαστικά αποτελεί προσομοιωτή τόσο software όσο και hardware ενός κινητού τηλεφώνου με λειτουργικό σύστημα Android (Εικόνα 14). Την συσκευή αυτή την εγκαθιστάμε μέσα από το ADT Plug-in, από όπου μπορούμε να ρυθμίσουμε πολλές παραμέτρους της, όπως τι έκδοση Android θα χρησιμοποιεί, το μέγεθος της οθόνης, το μέγεθος της εξωτερικής κάρτας αποθήκευσης και της cache, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με την τοποθεσία (GPS), την δυνατότητα λήψης φωτογραφιών, κ.α. Απαιτούνται αρκετοί υπολογιστικοί πόροι και μεγάλη έκταση μνήμης RAM για την εκτέλεση της AVD, πράγμα που καθιστά τις περισσότερες φορές αργή την εκτέλεση της εφαρμογής μας στη συσκευή αυτή. Φυσικά, κάθε φορά μπορούμε να εγκαθιστούμε και να ελέγχουμε τις εφαρμογές μας σε φυσική συσκευή, όπως ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα tablet που χρησιμοποιούν λειτουργικό σύστημα Android, συνδέοντας το απλά σε μια θύρα USB του υπολογιστή μας.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειώσουμε ότι όλα τα παραπάνω προγραμματιστικά εργαλεία διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο από τους κατασκευαστές τους τα οποία μπορούμε να κατεβάσουμε και να χρησιμοποιήσουμε χωρίς κανένα κόστος.

2.5. *Web Services – Σύνδεση του Web με τις συσκευές*

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, η δερματική εικόνα μπορεί να μεταφερθεί στην Cloud υποδομή είτε για την αποθήκευση της είτε για την επεξεργασία της. Συνεπώς, έπρεπε να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί ένα ανάλογο web service που θα είναι υπεύθυνο να εκτελέσει αυτές τις λειτουργίες.

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για το τι είναι web services, περίπου όσοι και οι εταιρίες πληροφορικής που αναπτύσσουν εργαλεία για τα web services.

Ένας πολύ καλός ορισμός έρχεται από την IBM ¹:

Τα web services είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στις εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξαρτήτως πλατφόρμας και γλώσσας προγραμματισμού. Ένα web service είναι μια διεπαφή λογισμικού (software interface) που περιγράφει μια συλλογή από λειτουργίες οι οποίες μπορούν να προσεγγιστούν από το δίκτυο μέσω πρότυπων μηνυμάτων XML. Χρησιμοποιεί πρότυπα βασισμένα στη γλώσσα XML για να περιγράψει μία λειτουργία (operation) προς εκτέλεση και τα δεδομένα προς ανταλλαγή με κάποια άλλη εφαρμογή. Μια ομάδα από web services οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθορίζει μια εφαρμογή web services.

Η Microsoft μέσα από το MSDN της καταλήγει ότι όλα τα web services έχουν τρία κοινά χαρακτηριστικά:

- *Τα web services εκθέτουν χρήσιμη λειτουργικότητα σε χρήστες του διαδικτύου μέσα από ένα πρότυπο δικτυακό πρωτόκολλο. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό το πρωτόκολλο είναι το SOAP (Simple Object Access Protocol).*
- *Τα web services παρέχουν ένα τρόπο να περιγράψουν τις διεπαφές τους με αρκετή λεπτομέρεια ώστε να επιτρέψουν στο χρήστη τους να χτίσει μια εφαρμογή πελάτη η οποία να επικοινωνήσει μαζί τους. Η περιγραφή συνήθως παρέχεται σε ένα έγγραφο XML το οποίο ονομάζεται έγγραφο WSDL (Web Services Description Language).*
- *Τα web services καταχωρούνται ώστε οι δυνητικοί χρήστες να μπορούν να τα βρουν εύκολα. Αυτό γίνεται με το UDDI (Universal Discovery Description and Integration).*

Τα web services λοιπόν αποτελούν μία αρχιτεκτονική κατανεμημένων συστημάτων κατασκευασμένη από πολλά διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα τα οποία επικοινωνούν μέσω του δικτύου ώστε να δημιουργήσουν ένα σύστημα. Αποτελούνται από ένα σύνολο από πρότυπα τα οποία επιτρέπουν στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη (προγραμματιστές -

developers) να υλοποιήσουν κατανεμημένες εφαρμογές (χρησιμοποιώντας διαφορετικά εργαλεία από διαφορετικούς προμηθευτές) ώστε να κατασκευάσουν εφαρμογές που χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό από ενότητες λογισμικού (software modules) οι οποίες καλούνται από συστήματα που ανήκουν σε διαφορετικά τμήματα ενός οργανισμού ή σε διαφορετικούς οργανισμούς .

Τα web services από την επιχειρηματική σκοπιά

Σε ένα υψηλότερο εννοιολογικό επίπεδο, μπορούμε να δούμε τα web services σαν μονάδες εργασίας (units of work). Ένα βήμα παραπέρα, αυτές οι μονάδες μπορούν να συνδυαστούν σε εργασίες επιχειρησιακού προσανατολισμού για να χειριστούν συγκεκριμένες επιχειρησιακές λειτουργίες. Αυτό με τη σειρά του επιτρέπει σε μη τεχνικούς ανθρώπους να σχεδιάσουν εφαρμογές οι οποίες μπορούν να χειριστούν τα επιχειρησιακά ζητήματα συνδυάζοντας τα web services σε ροές εργασίας. Σε μία αναλογία από τον χώρο των αυτοκινήτων, ο αρχιτέκτονας των επιχειρησιακών διαδικασιών μπορεί να συνδυάσει ολόκληρο τον κινητήρα με το πλαίσιο, τη μετάδοση και τα υπόλοιπα υποσυστήματα παρά να ασχοληθεί με τα εσωτερικά κομμάτια του κινητήρα. Επιπλέον η δυναμική πλατφόρμα σημαίνει ότι ο κινητήρας μπορεί να συνεργαστεί με τη μετάδοση ή άλλα υποσυστήματα διαφορετικών κατασκευαστών.

Αυτό που προκύπτει από αυτή την πτυχή είναι ότι τα web services βοηθούν στη γεφύρωση του κενού που υπάρχει ανάμεσα στους ανθρώπους του «επιχειρείν» και τους ανθρώπους της πληροφορικής σε ένα οργανισμό. Οι άνθρωποι του «επιχειρείν» μπορούν να περιγράψουν γεγονότα και δραστηριότητες και οι τεχνικοί μπορούν να τα συνδέσουν με τις κατάλληλες υπηρεσίες.

Με καθολικά καθορισμένες διεπαφές και καλά σχεδιασμένες λειτουργίες, γίνεται επίσης εύκολο να επαναχρησιμοποιηθούν αυτές οι λειτουργίες άρα και οι εφαρμογές που αντιπροσωπεύουν. Η επαναχρησιμοποίηση μιας εφαρμογής λογισμικού σημαίνει καλύτερη απόδοση της επένδυσης (return on investment) διότι μπορεί να παράγει περισσότερα με τους ίδιους πόρους. Επιτρέπει στους ανθρώπους να εξετάσουν το ενδεχόμενο χρησιμοποίησης μιας ήδη υπάρχουσας εφαρμογής με ένα διαφορετικό τρόπο ή το ενδεχόμενο προσφοράς αυτής σε ένα συνεργάτη με διαφορετικό τρόπο, αυξάνοντας ενδεχομένως τις επιχειρησιακές συναλλαγές μεταξύ των συνεργατών.

Επομένως, τα κύρια ζητήματα που τα web services προσπαθούν να λύσουν είναι τα ζητήματα ολοκλήρωσης (integration) δεδομένων και εφαρμογών και αυτά της μεταμόρφωσης των τεχνικών λειτουργιών σε υπολογιστικές λειτουργίες επιχειρησιακού προσανατολισμού.

Τα web services από την τεχνική σκοπιά

Ενώ τα web services προσφέρουν όλα αυτά τα δυναμικά χαρακτηριστικά ώστε να συνδυάσουμε υπηρεσίες σε εφαρμογές, πρέπει πρώτα να χτίσουμε αυτές τις υπηρεσίες. Οι γλώσσες προγραμματισμού στην πληροφορική συνεχώς εξελίσσονται. Ξεκινήσαμε δεκαετίες πριν με την ιδέα της function στην οποία παρέχουμε μερικές παραμέτρους, εκτελεί μια λειτουργία με αυτές τις παραμέτρους, και επιστρέφει μια τιμή βασισμένη στους υπολογισμούς που έγιναν. Τελικά, αυτή η πρώτη έννοια εξελίχθηκε σε αντικείμενο (object) όπου κάθε αντικείμενο είχε όχι απλώς έναν αριθμό από λειτουργίες (functions) που μπορεί να εκτελέσει αλλά και τις δικές του ιδιωτικές μεταβλητές (private data variables), αντί να στηρίζεται σε εξωτερικές μεταβλητές του συστήματος που προηγουμένως έκανα πιο περίπλοκη την ανάπτυξη εφαρμογών. Δεδομένου ότι οι εφαρμογές άρχισαν να επικοινωνούν μεταξύ τους, η έννοια του καθορισμού καθολικών διεπαφών (universal interfaces) για αντικείμενα έγινε σημαντική, επιτρέποντας αντικείμενα σε διαφορετικές πλατφόρμες να επικοινωνούν ακόμη και αν είχαν αναπτυχθεί σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού και εκτελούνταν σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα.

Στο πιο πρόσφατο βήμα, τα web services προχώρησαν μπροστά με την έννοια των διεπαφών και επικοινωνιών καθορισμένων με XML, ενώνοντας τελικά κάθε είδους εφαρμογή με οποιαδήποτε άλλη, όπως και παρέχοντας την ελευθερία στις εφαρμογές αν αλλάξουν και να εξελιχθούν με το χρόνο, αρκεί να είναι σχεδιασμένες σύμφωνα με την κατάλληλη διεπαφή. Η μεταβλητότητα της XML είναι αυτό που κάνει τα web services διαφορετικά από τεχνολογίες προηγούμενων γενεών. Επιτρέπει το διαχωρισμό της γραμματικής δομής (syntax) και της γραμματικής έννοιας (semantics), και του πώς αυτά υποβάλλονται σε επεξεργασία και κατανοούνται από μία υπηρεσία και το περιβάλλον μέσα στο οποίο υπάρχει. Έτσι λοιπόν τώρα, τα αντικείμενα μπορούν να καθοριστούν σαν υπηρεσίες, οι οποίες επικοινωνούν με άλλες υπηρεσίες σε γραμματική καθορισμένη σε XML, με την οποία κάθε υπηρεσία μεταφράζει και αναλύει το μήνυμα σύμφωνα με μην τοπική της υλοποίησης και το περιβάλλον της. Κατά συνέπεια μια δικτυακή εφαρμογή μπορεί πραγματικά να συντεθεί από πολλαπλές οντότητες διαφόρων υλοποιήσεων και σχεδιασμών εφόσον προσαρμόζονται στους κανόνες που καθορίζονται από την προσανατολισμένη στις υπηρεσίες αρχιτεκτονική τους .

Κατά συνέπεια, με αυτά στο μυαλό, τα web services μας επιτρέπουν :

- Την αλληλεπίδραση μεταξύ υπηρεσιών σε οποιαδήποτε πλατφόρμα, γραμμένες σε οποιαδήποτε γλωσσά προγραμματισμού.
- Να αντιληφθούμε λειτουργίες εφαρμογών ως εργασίες, οδηγούμενοι σε ανάπτυξη και ροές εργασιών προσανατολισμένες σε εργασίες. Αυτό επιτρέπει μια υψηλότερη

αφαίρεση του λογισμικού το οποίο μπορεί να υιοθετηθεί από λιγότερο τεχνικά καταρτισμένους χρήστες.

- Τη χαλαρή συνδεσιμότητα μεταξύ εφαρμογών, πράγμα που σημαίνει ότι αλληλεπιδράσεις μεταξύ υπηρεσιών δε θα χαλάνε κάθε φορά που υπάρχει κάποια αλλαγή το πώς μία ή περισσότερες υπηρεσίες σχεδιάζονται ή υλοποιούνται.
- Την προσαρμογή ήδη υπαρχουσών εφαρμογών στις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές συνθήκες και ανάγκες των πελατών.
- Να παρέχουμε υπάρχουσες εφαρμογές λογισμικού με διαπαφές υπηρεσιών χωρίς να αλλάξουμε τις αρχικές εφαρμογές, επιτρέποντάς τους να λειτουργούν πλήρως στο περιβάλλον των υπηρεσιών.
- Να εισάγουμε άλλες διοικητικές λειτουργίες ή λειτουργίες διαχείρισης διαδικασιών όπως η αξιοπιστία, υπευθυνότητα, ασφάλεια, κ.λπ., ανεξάρτητες της αρχικής λειτουργίας μιας εφαρμογής, αυξάνοντας κατά συνέπεια τη μεταβλητότητα και τη χρησιμότητά της στο επιχειρησιακό περιβάλλον.

Εφαρμογές των web services

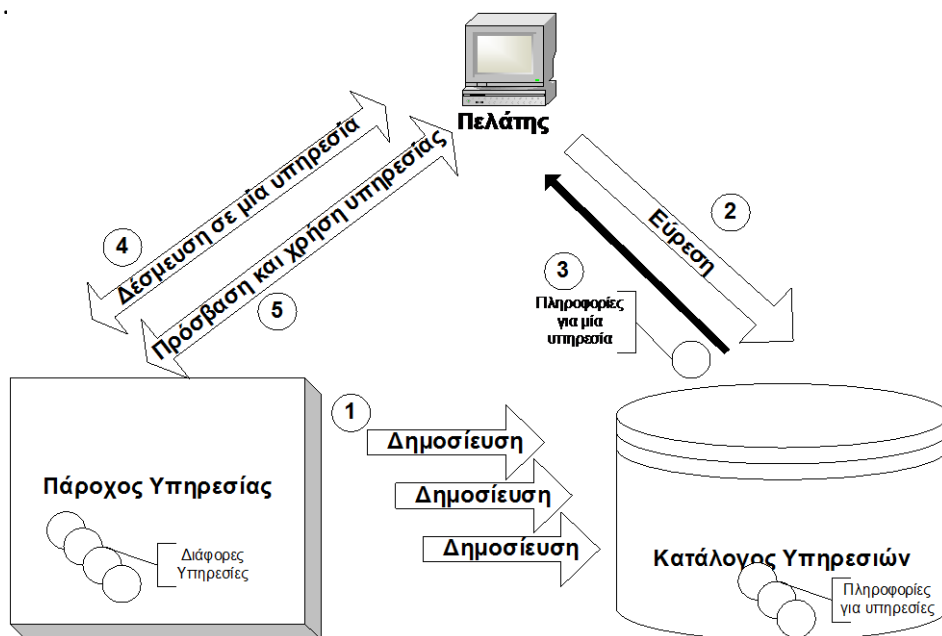
Τα πρώτα web services σκόπευαν να είναι πηγές πληροφορίας τις οποίες μπορεί κανείς πολύ εύκολα να ενσωματώσει στις εφαρμογές του : τιμές μετοχών, προβλέψεις καιρού, αποτελέσματα αθλητικών παιναδιών κλπ. Είναι εύκολο να φανταστεί κανείς μια ολόκληρη κατηγορία εφαρμογών που μπορεί να κατασκευάσει ώστε να αναλύει και να συνδυάζει πληροφορία που τον ενδιαφέρει και να την παρουσιάζει με ποικίλους τρόπους. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να έχουμε ένα λογιστικό φύλλο (spreadsheet) το οποίο συνοψίζει όλη την οικονομική μας εικόνα : μετοχές, τραπεζικούς λογαριασμούς, δάνεια κλπ. Αν αυτή η πληροφορία ήταν διαθέσιμη μέσω web services το λογιστικό φύλλο θα μπορούσε να ενημερώνεται συνεχώς. Οι περισσότερες από αυτές τις πληροφορίες είναι ήδη διαθέσιμες στον παγκόσμιο ιστό αλλά τα web services θα κάνουν την προγραμματιστική πρόσβαση σε αυτές πιο εύκολη και πιο αξιόπιστη.

Εκθέτοντας ήδη υπάρχουσες εφαρμογές σαν web services θα επιτρέψει στους χρήστες να κατασκευάσουν νέες πιο ισχυρές εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούν τα web services σαν δομικά στοιχεία. Για παράδειγμα, ένας χρήστης θα μπορούσε να αναπτύξει μια εφαρμογή προμηθειών η οποία να παίρνει αυτόματα τιμές από προμηθευτές, να επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει προμηθευτή, να υποβάλει την παραγγελία και να παρακολουθεί την αποστολή έως ότου να γίνει η παραλαβή της. Η εφαρμογή του προμηθευτή, εκτός από το να εκθέτει τις υπηρεσίες της στον ιστό, θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει άλλα web services για να ελέγξει την πιστοληπτική ικανότητα του πελάτη, να χρεώσει τον τραπεζικό λογαριασμό του πελάτη και να καθορίσει την αποστολή με μια εταιρία μεταφορών².

Στο άμεσο μέλλον, μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα web services θα υποστηρίζουν εφαρμογές που χρησιμοποιούν τον ιστό για να κάνουν πράγματα που δεν μπορούν να γίνουν σήμερα. Για παράδειγμα, μία από τις υπηρεσίες που τα web services θα κάνουν δυνατή είναι η υπηρεσία ημερολογίου. Αν ο οδοντίατρος ή ο μηχανικός σας εξέθεταν τα ημερολόγιά τους μέσω μιας τέτοιας web service, θα μπορούσατε να προγραμματίσετε τα ραντεβού σας με αυτούς ή θα μπορούσαν να προγραμματίσουν αυτοί τα ραντεβού κατευθείαν στο δικό σας ημερολόγιο αν θέλατε. Με λίγη φαντασία, μπορούμε να οραματιστούμε εκατοντάδες εφαρμογές οι οποίες μπορούν να κατασκευαστούν μόλις έχουμε τη δυνατότητα να προγραμματίσουμε τον ιστό .

Αρχιτεκτονική και δομικά στοιχεία των web services

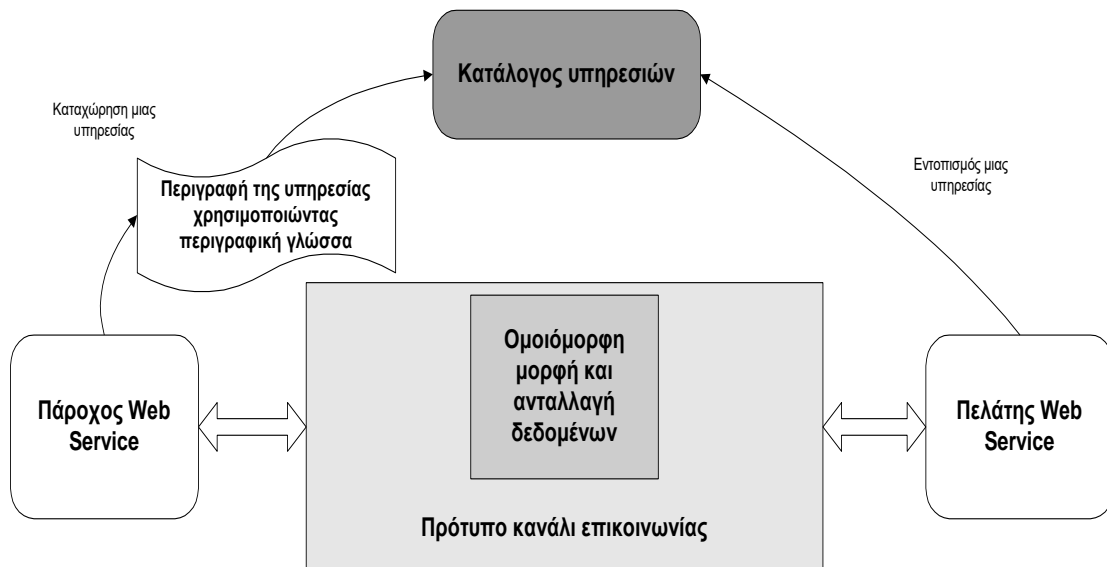
Το μοντέλο των web services ακολουθεί το παράδειγμα **δημοσίευση (publish), εύρεση(find)** και **σύνδεση(bind)**. Στο πρώτο βήμα, ο προμηθευτής της υπηρεσίας δημοσιεύει την υπηρεσία σε ένα κατάλογο υπηρεσιών. Στο δεύτερο βήμα, ο πελάτης ο οποίος ψάχνει για μία υπηρεσία η οποία να καλύπτει τις απαιτήσεις του την αναζητεί στον κατάλογο. Αφού επιτυχημένα βρει πολλαπλές υπηρεσίες επιλέγει μία βάσει των προτιμήσεών του. Τότε μεταφορτώνει την περιγραφή της υπηρεσίας και συνδέεται (δεσμεύεται) με αυτήν ώστε να μπορέσει να καλέσει και να εκτελέσει την υπηρεσία



Εικόνα 11. Λειτουργία ενός Web Service

Όταν μιλάμε λοιπόν για μία αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες προκύπτουν ορισμένα ζητήματα. Η εφαρμογή που παρέχει την υπηρεσία και η εφαρμογή-πελάτης η οποία χρησιμοποιεί την υπηρεσία μιλάνε μεταξύ τους σε μια κοινή γλώσσα. Έπειτα οι δύο εφαρμογές χρειάζονται ένα τρόπο να εντοπίζουν η μία την άλλη πριν ξεκινήσουν να μιλούν μεταξύ τους. Αυτό αληθεύει ακόμη παραπάνω για τις κατανεμημένες εφαρμογές όπου μία εφαρμογή δεν έχει καμία γνώση της θέσης της άλλης. Ως εκ τούτου, μπορούμε να πούμε ότι μια βασική αρχιτεκτονική για web services πρέπει να παρέχει ⁵:

- Έναν πρότυπο τρόπο για επικοινωνία.
- Ένα ομοιόμορφο μηχανισμό για περιγραφή και ανταλλαγή των δεδομένων.
- Μια πρότυπη περιγραφική γλώσσα (meta language) για να περιγράψει τις υπηρεσίες που προσφέρονται.
- Ένα μηχανισμό για να καταχωρούνται και να εντοπίζονται οι εφαρμογές που βασίζονται σε web services.



Εικόνα 12. Αρχιτεκτονική του Web Service

Διαφορές από προηγούμενες τεχνολογίες

Τίποτα από τα παραπάνω δεν είναι καινούργιο. Στην πραγματικότητα τα SUN/RPC, DCE/RPE, DCOM και EJB όλα παρέχουν παρόμοιες υπηρεσίες. Η διαφορά, εντούτοις, είναι στο πώς παρέχονται αυτές οι υπηρεσίες. Οι παραδοσιακές RPC υπηρεσίες απαιτούν παρόμοια αρχιτεκτονική υποδομή, μορφή δεδομένων, κλπ. Για παράδειγμα, δύο διαφορετικές υλοποιήσεις RPC προκειμένου να επικοινωνήσουν, και οι δύο πρέπει να παράσχουν μηχανισμούς επικοινωνίας. Ιστορικά τέτοια επικοινωνία καθορίστηκε φτωχά και απαιτούσε μεγάλη φροντίδα για να μπορέσουν τα δύο συστήματα να επικοινωνήσουν ⁶.

Τα web services διαφέρουν από τους παραδοσιακούς RPC μηχανισμούς από πολλές απόψεις :

- Τα δεδομένα είναι μορφοποιημένα για μεταφορά χρησιμοποιώντας XML, βελτιώνοντας ή εξαλείφοντας το marshalling, το unmarshalling και άλλες σχετικά με τη μετάφραση απαιτήσεις που συνήθως προγραμματίζονταν από τον ίδιο τον προγραμματιστή.
- Τα δεδομένα ανταλλάσσονται χρησιμοποιώντας προτυποποιημένα πρωτόκολλα όπως το HTTP ή το SMTP, τα οποία έχουν δημοσιευμένα καλά καθορισμένα πρότυπα.
- Η προς έκθεση υπηρεσία είναι καλά καθορισμένη χρησιμοποιώντας ένα γνωστό και αποδεκτό μηχανισμό, την WSDL.
- Οι υπηρεσίες ανευρίσκονται χρησιμοποιώντας ένα καλά καθορισμένο πρότυπο, το UDDI, και το πιο εξελιγμένο ebXML

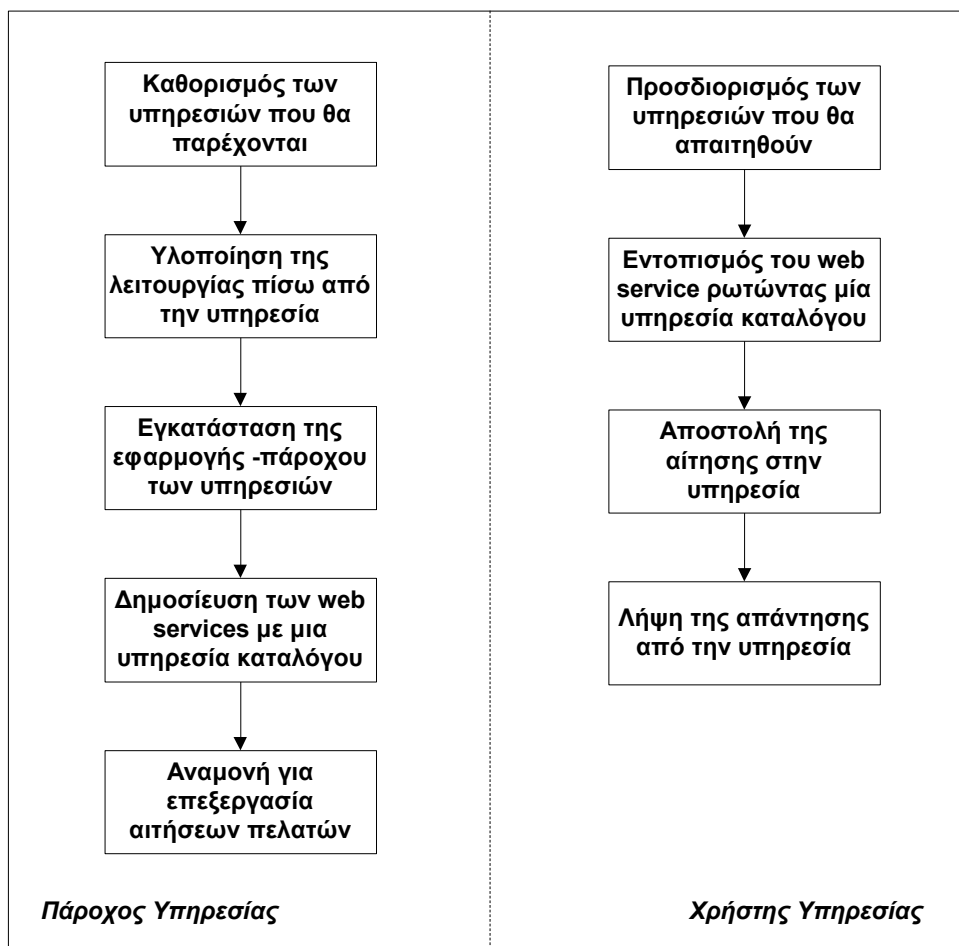
Βασικές Τεχνολογίες των web services

Επίπεδο	Τεχνολογία	Περιγραφή
Ομοιόμορφος ορισμός και ανταλλαγή δεδομένων	XML	Η Extended Markup Language (XML) είναι μια μετά-γλώσσα (περιγραφική γλώσσα) η οποία έχει καλή καθορισμένη σύνταξη και σημασιολογία. Τα «αυτοπεριγραφικά» χαρακτηριστικά της XML την κάνουν απλό, αλλά δυνατό, μηχανισμό για τη σύλληψη και την ανταλλαγή των στοιχείων μεταξύ των διαφορετικών εφαρμογών.

<p>Πρότυπο κανάλι επικοινωνίας</p>	<p>SOAP</p>	<p>ο Simple Object Access Protocol (SOAP) είναι το κανάλι που χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταξύ μιας εφαρμογής - προμηθευτή web services και μιας εφαρμογής-πελάτη. Η απλότητα του SOAP είναι το ότι δεν καθορίζει κανένα νέο πρωτόκολλο μεταφοράς. Αντίθετα, επαναχρησιμοποιεί μεταξύ άλλων το Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) ή το Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) για μεταφορά δεδομένων σαν μηνύματα. Αυτή η χρήση του HTTP ή του SMTP σαν πρωτόκολλο μεταφοράς εξασφαλίζει ότι οι εφαρμογές - προμηθευτές με τις εφαρμογές - πελάτες μπορούν να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο σαν ραχοκοκαλιά. Είναι η χρήση του SOAP που πολλαπλασιάζει τις ικανότητες των web services.</p>
<p>Πρότυπη περιγραφική γλώσσα για την περιγραφή των παρεχόμενων υπηρεσιών</p>	<p>WSDL</p>	<p>Οι εφαρμογές που παρέχουν web services διαφημίζουν τις διάφορες υπηρεσίες που παρέχουν χρησιμοποιώντας μια πρότυπη περιγραφική γλώσσα που ονομάζεται Web Services Description Language (WSDL). Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, η WSDL βασίζεται στην XML και χρησιμοποιεί ένα ειδικό σύνολο ετικετών (tags) για να περιγράψει ένα web service, τις υπηρεσίες που παρέχονται, που να εντοπιστεί και ούτω καθεξής. Οι</p>

		εφαρμογές-πελάτες λαμβάνουν πληροφορίες για ένα web service πριν από την πρόσβασή τους σε αυτό και τελικά τη χρήση του.
Καταχώρηση και εντοπισμός των παρεχόμενων υπηρεσιών	UDDI	Ο «χρυσός οδηγός» των web services είναι το Universal Description Discovery and Integration (UDDI). Οι εφαρμογές που παρέχουν web services παρατίθενται σε ένα κατάλογο από πάροχους υπηρεσιών χρησιμοποιώντας το UDDI. Παρόμοια, οι εφαρμογές-πελάτες εντοπίζουν τους παρόχους εφαρμογών web services χρησιμοποιώντας UDDI. Όπως και στην περίπτωση της WSDL, και το UDDI βασίζεται στην XML.

Βασικά βήματα για την ανάπτυξη εφαρμογών με web services



Εικόνα 13. Βήματα ανάπτυξης μιας εφαρμογής

Αυτά τα βήματα θα είναι τα ίδια ανεξαρτήτου τεχνολογίας και γλώσσας προγραμματισμού η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση των web services .

SOAP Web Service

Το W3C από τον Ιούνιο του 2003 έχει συντάξει μία σύσταση (recommendation) η οποία είναι ότι πιο κοντινό υπάρχει στην προδιαγραφή (specification) του Simple Object Access Protocolv1.2.

Μέσα στη σύσταση αυτή βρίσκεται ο παρακάτω ορισμός:

"Το SOAP στην έκδοση 1.2 είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο προορισμένο για την ανταλλαγή δομημένων πληροφοριών σε ένα αποκεντρωμένο, διανεμημένο περιβάλλον. Χρησιμοποιεί τεχνολογίες XML για να καθορίσει ένα επεκτάσιμο πλαίσιο παρέχοντας μια δομή μηνυμάτων η οποία μπορεί να ανταλλαχθεί πάνω από ποικίλα δικτυακά πρωτόκολλα. Το πλαίσιο έχει σχεδιαστεί να είναι ανεξάρτητο από οποιοδήποτε προγραμματιστικό μοντέλο και σημασιολογία υλοποίησης."

Δύο βασικοί στόχοι του σχεδιασμού του SOAP είναι η απλότητα και η επεκτασιμότητα. Το SOAP προσπαθεί να πετύχει αυτούς τους στόχους παραλείποντας, από το πλαίσιο μηνυμάτων, χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία συνήθως συναντούνται σε κατανεμημένα συστήματα. Μερικά από αυτά τα γνωρίσματα είναι η «αξιοπιστία» (reliability), η «ασφάλεια» (security), ο «συσχετισμός» (correlation), η «δρομολόγηση» (routing) και τα «σχέδια ανταλλαγής μηνυμάτων» (Message Exchange Patterns - MEPs). Ενώ αναμένεται ότι πολλά χαρακτηριστικά θα καθοριστούν, η παρούσα προδιαγραφή παρέχει τις λεπτομέρειες μόνο για δύο MEPs : το HTTP και το SMTP. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αφήνονται να καθοριστούν από άλλες προδιαγραφές ¹².

Με πιο απλά λόγια το SOAP είναι ένα πρωτόκολλο βασισμένο στην XML το οποίο επιτρέπει στις εφαρμογές να ανταλλάσσουν πληροφορία πάνω από κοινώς χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα του διαδικτύου.

Χαρακτηριστικά του SOAP

Στην προσπάθεια δημιουργίας του SOAP επιλέχτηκαν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Το SOAP είναι απλό. Άρα το κόστος και η πολυπλοκότητα υλοποίησης μειώνονται αισθητά.
- Το SOAP είναι ανεξάρτητο από πλατφόρμα και γλώσσα προγραμματισμού οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών γραμμένων για διαφορετικές πλατφόρμες και σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού.
- Το SOAP είναι ευέλικτο. Χρησιμοποιεί πρότυπα πρωτόκολλα όπως το HTTP και το SMTP ως μέσα μεταφοράς οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο διαδίκτυο και να διαπερνά τύχη προστασίας χωρίς συμβιβασμούς στην ασφάλεια της υποδομής μιας επιχείρησης. Αυτό αυτομάτως μειώνει και σε ορισμένες περιπτώσεις εξαλείφει το κόστος υποδομής αφού οι περισσότερες επιχειρήσεις σήμερα έχουν και τον εξοπλισμό και την τεχνογνωσία για τη χρήση του διαδικτύου.

- Το SOAP είναι επεκτάσιμο. Αν και δεν προσφέρει τόσες πολλές λειτουργίες όσο άλλες τεχνολογίες όπως το CORBA και το DCOM επιτρέπει σε άλλα πρότυπα να το επεκτείνουν παρέχοντας υπηρεσίες που λείπουν από αυτό. Αυτό το χαρακτηριστικό αποδείχθηκε ίσως το σημαντικότερο γιατί επάνω του βασίζονται πολλές αναπτυσσόμενες τεχνολογίες των web services που προσφέρουν υπηρεσίες όπως «αξιοπιστία» (reliability), «δρομολόγηση» (routing) και «ασφάλεια» (security).

Δομή ενός μηνύματος SOAP

Ένα μήνυμα SOAP είναι ένα συνηθισμένο έγγραφο XML το οποίο περιέχει τα παρακάτω στοιχεία (elements) :

- Ένα απαιτούμενο στοιχείο Envelope από το οποίο αναγνωρίζεται το έγγραφο XML ως μήνυμα SOA.
- Ένα προαιρετικό στοιχείο Header που περιλαμβάνει βοηθητικές πληροφορίες.
- Ένα απαιτούμενο στοιχείο Body το οποίο περιλαμβάνει την κύρια πληροφορία του μηνύματος.
- Ένα προαιρετικό στοιχείο Fault το οποίο παρέχει πληροφορίες για σφάλματα που προκλήθηκαν κατά την επεξεργασία ενός μηνύματος.

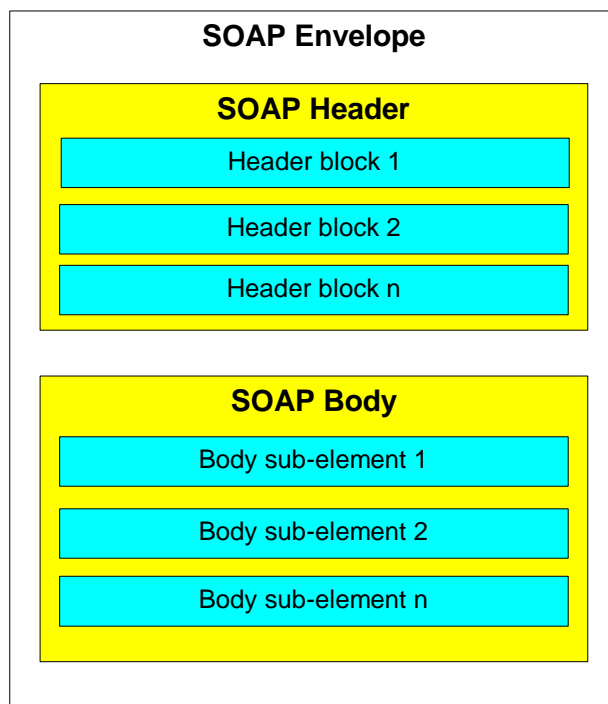
Μερικοί σημαντικοί κανόνες σύνταξης είναι οι παρακάτω:

- Ένα μήνυμα SOAP ΠΡΕΠΕΙ να είναι κωδικοποιημένο χρησιμοποιώντας XML.
- Ένα μήνυμα SOAP ΠΡΕΠΕΙ να χρησιμοποιεί το SOAP Envelope namespace.
- Ένα μήνυμα SOAP ΠΡΕΠΕΙ να χρησιμοποιεί το SOAP Encoding namespace.
- Ένα μήνυμα SOAP ΔΕΝ ΠΡΕΠΕΙ να περιέχει αναφορά σε DTD.
- Ένα μήνυμα SOAP ΔΕΝ ΠΡΕΠΕΙ να περιέχει XML Processing Instructions.

Ο σκελετός ενός μηνύματος SOAP φαίνεται παρακάτω :

```
<?xml version="1.0"?>
<soap:Envelope
xmlns:soap="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
soap:encodingStyle=" http://www.w3.org/2001/12/soap-encoding">
<soap:Header>
...
...
</soap:Header>
<soap:Body>
...
...
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

Σχηματικά θα μπορούσε να παρασταθεί ως εξής:



Εικόνα 14. Δομή μηνύματος SOAP

SOAP Envelope

Το SOAP Envelope είναι το στοιχείο που περικλείει όλα τα υπόλοιπα στοιχεία σε ένα μήνυμα SOAP. Η ύπαρξη του ως αρχικού στοιχείου (root element) ενός εγγράφου XML σηματοδοτεί ότι πρόκειται για μήνυμα SOAP.

Για το SOAP Envelope είναι απαραίτητα τα εξής:

- Το όνομα του στοιχείου πρέπει να είναι Envelope.
- Το όνομα του namespace του να είναι <http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope>.
- Να περιέχει μηδέν ή περισσότερες ιδιότητες ορισμένες με namespace.
- Να περιέχει ένα ή δύο στοιχεία-παιδιά με την εξής σειρά :
 - Ένα προαιρετικό στοιχείο Header
 - Ένα απαραίτητο στοιχείο Body

SOAP Header

Το SOAP Header παρέχει ένα μηχανισμό για επέκταση ενός μηνύματος SOAP με ένα αποκεντρωμένο και δομημένο τρόπο.

Για το SOAP Header είναι απαραίτητα τα εξής:

- Το όνομα του στοιχείου πρέπει να είναι Header.
- Το όνομα του namespace του να είναι "<http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope>".
- Μπορεί να περιέχει μηδέν ή περισσότερες ιδιότητες ορισμένες με namespace.
- Μπορεί να περιέχει μηδέν ή περισσότερα στοιχεία-παιδιά ορισμένα με namespace.

Κάθε στοιχείο-παιδί του SOAP Header ονομάζεται SOAP header block.

SOAP Body

Το SOAP Body παρέχει ένα μηχανισμό για μετάδοση πληροφοριών στον τελικό αποδέκτη ενός μηνύματος SOAP.

Για το SOAP Body είναι απαραίτητα τα εξής:

- Το όνομα του στοιχείου πρέπει να είναι Body.
- Το όνομα του namespace του να είναι "<http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope>".
- Μπορεί να περιέχει μηδέν ή περισσότερες ιδιότητες ορισμένες με namespace.
- Μπορεί να περιέχει μηδέν ή περισσότερα στοιχεία-παιδιά ορισμένα με namespace.

- Μπορεί να περιέχει μηδέν ή περισσότερους κόμβους-παιδιά χαρακτήρων.

Κάθε στοιχείο-παιδί του SOAP Body ονομάζεται SOAP Body child Element.

SOAP Fault

Το SOAP Fault χρησιμοποιείται για να κουβαλάει πληροφορίες σφαλμάτων μέσα σε ένα μήνυμα SOAP.

Για το SOAP Fault είναι απαραίτητα τα εξής:

- Το όνομα του στοιχείου πρέπει να είναι Fault.
- Το όνομα του namespace του να είναι "http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope".
- Πρέπει να περιέχει δύο ή περισσότερα στοιχεία-παιδιά με την παρακάτω σειρά:
 - Ένα υποχρεωτικό στοιχείο Code.
 - Ένα υποχρεωτικό στοιχείο Reason.
 - Ένα προαιρετικό στοιχείο Node.
 - Ένα προαιρετικό στοιχείο Role.
 - Ένα προαιρετικό στοιχείο Detail.

Για να αναγνωριστεί ότι ένα μήνυμα SOAP κουβαλάει πληροφορίες σφάλματος πρέπει να περιέχει ένα στοιχείο Fault σαν το μοναδικό στοιχείο-παιδί του SOAP Body.

Απομακρυσμένες κλήσεις διαδικασιών (RPC)

Το SOAP είναι ένα απλό πλαίσιο μηνυμάτων για ανταλλαγή μηνυμάτων σε μορφή XML μεταξύ ενός αρχικού αποστολέα και ενός τελικού αποδέκτη. Τα πιο ενδιαφέροντα σενάρια περιλαμβάνουν πολλαπλές ανταλλαγές μηνυμάτων μεταξύ των δύο αυτών κόμβων. Η πιο απλή από αυτές τις περιπτώσεις είναι η μορφή αίτηση-απάντηση (request-response).

Οι αρχικές χρήσεις του SOAP έδιναν έμφαση στο μοντέλο αίτησης-απάντησης για τη χρήση του σε απομακρυσμένες κλήσεις διαδικασίας που ήταν και ένας από τους στόχους κατά το σχεδιασμό του πρωτοκόλλου.

Το SOAP έχει καθορίσει μία ομοιόμορφη αναπαράσταση μηνύματος για κλήσεις RPC και απαντήσεις.

Στα παρακάτω παραδείγματα φαίνονται η αίτηση SOAP και η απάντηση SOAP για μία κλήση RPC και αφορούν την απομακρυσμένη κλήση μιας διαδικασίας με όνομα GetStockPrice

η οποία δέχεται ένα όρισμα με όνομα StockName τύπου αλφαριθμητικού και επιστρέφει μία τιμή τύπου πραγματικού

Παράδειγμα SOAP Request

```
<?xml version="1.0"?>
<soap:Envelope
xmlns:soap="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
soap:encodingStyle=" http://www.w3.org/2001/12/soap-encoding">
  <soap:Body xmlns:m="http://www.example.org/stock">
    <m:GetStockPrice>
      <m:StockName>IBM</m:StockName>
    </m:GetStockPrice>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>
```

Παράδειγμα SOAP Response

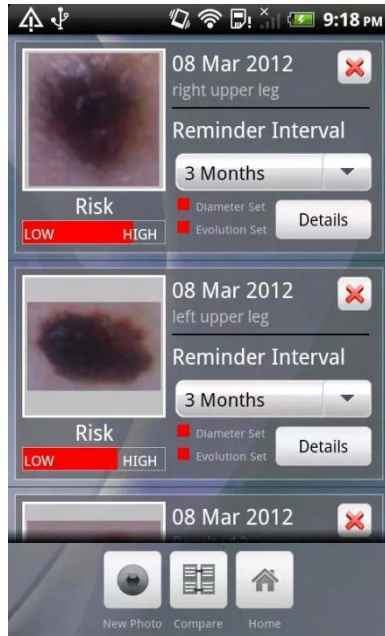
```
<?xml version="1.0"?>
<soap:Envelope
xmlns:soap="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
soap:encodingStyle=" http://www.w3.org/2001/12/soap-encoding">
  <soap:Body xmlns:m="http://www.example.org/stock">
    <m:GetStockPriceResponse>
      <m:Price>34.5</m:Price>
    </m:GetStockPriceResponse>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>
```

2.6. Υπάρχουσες εμπορικές εφαρμογές στην αγορά

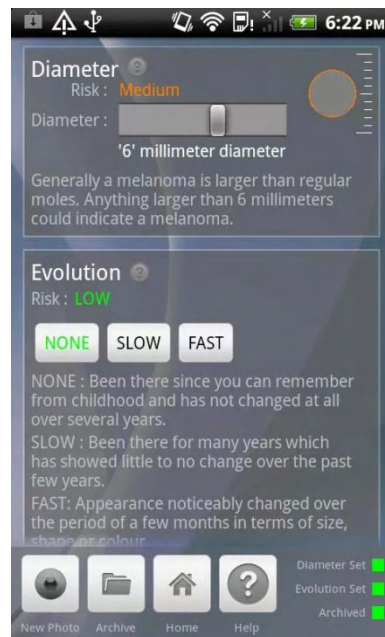
Σύμφωνα με μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε, υπάρχουν διάφορες εμπορικές (ή δωρεάν) εφαρμογές οι οποίες είναι ικανές να εντοπίσουν τις αντίστοιχες δερματολογικές αλλοιώσεις. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί πως τα κινητά αυτά είχαν προεγκατεστημένο είτε Android είτε iOS λειτουργικό. Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές εφαρμογές με τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

2.6.1. Doctor Mole Application

Αυτή η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει τις δερματολογικές βλάβες- αλλοιώσεις σε πραγματικό χρόνο. Συγχρόνως, εξάγει και ένα ποσοστό επικινδυνότητας του αντίστοιχου μελανώματος με βάση το Asymmetry, Border, Color and Diameter (ABCD Rule). Οι ψηφιακές εικόνες, οι οποίες είτε είναι αποθηκευμένες στο κινητό τηλέφωνο είτε λήφθηκαν από την αντίστοιχη κάμερα, μπορούν να επεξεργαστούν και να συγκριθούν με άλλες εικόνες σε μεταγενέστερο στάδιο. Επιπλέον, η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να αξιολογεί τις αντίστοιχες κρεατοελιές και να είναι σε θέση να καθοδηγήσει τον χρήστη ώστε να τραβήξει την εικόνα του επιθυμητού μελανώματος με τον σωστό φωτισμό και την σωστή απόσταση. Όλη η επεξεργασία γίνεται στο τηλέφωνο με συνέπεια τα αποτελέσματα να είναι άμεσα. Επιπλέον, η εφαρμογή περιέχει ένα μικρό δερματολογικό ιατρικό φάκελο με όλες τις επεξεργασμένες εικόνες. Συνέπεια αυτού, είναι να επιτρέπεται στον χρήστη να επανεξετάσει όλες τις εικόνες μαζί με τα αποτελέσματα τους και να κάνει συγκρίσεις μεταξύ των κρεατοελιών του σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Παρακάτω, είναι μερικά ενδεικτικά στιγμιότυπα αυτής της εφαρμογής.



Εικόνα 15. Σύγκριση αποθηκευμένων εικόνων **Εικόνα 16.** Αποτελέσματα ανάλυσης

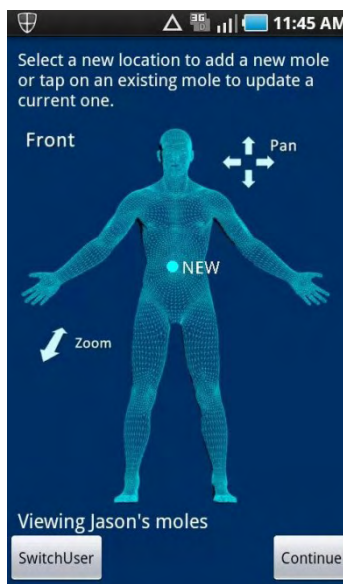


Εικόνα 17. Προβολή ενός μελανώματος

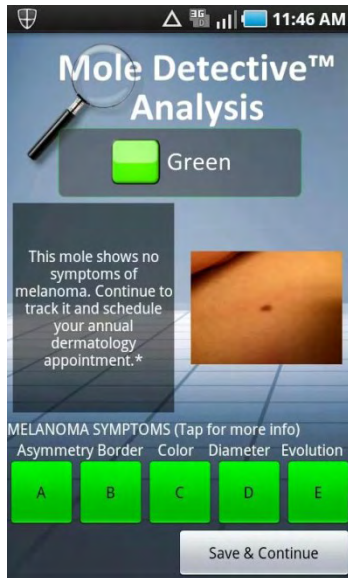
Εικόνα 18. Προβολή δείκτη ακριβείας

2.6.2. Mole Detective

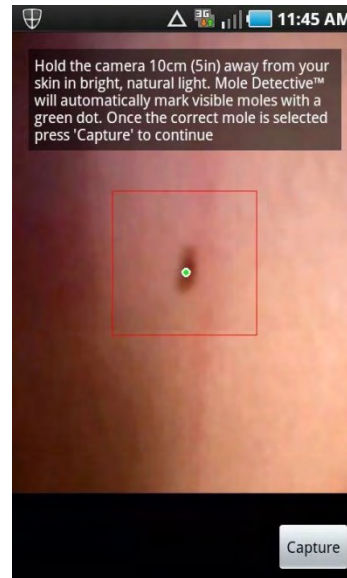
Το Mole Detective δέχεται ως είσοδο εικόνες αντίστοιχων σπύλων από το δέρμα του χρήστη και σε δεύτερη φάση μπορεί να αναλύσει τα συμπτώματά ώστε να είναι σε θέση να ανίχνευσει τον καρκίνο του δέρματος σε πρώιμα στάδια. Επιπλέον, η εφαρμογή επιτρέπει στο χρήστη να μπορεί ο ίδιος να υποδεικνύει την θέση της βλάβης του δέρματος. Όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή, γίνεται η χρήση του κανόνα ABCD ώστε να εξαχθούν να αναμενόμενα χαρακτηριστικά της εκάστοτε εικόνας.



Εικόνα 19. Προβολή έναρξης της εφαρμογής **Εικόνα 20.** Τοποθεσία



Εικόνα 21. Αποτελέσματα



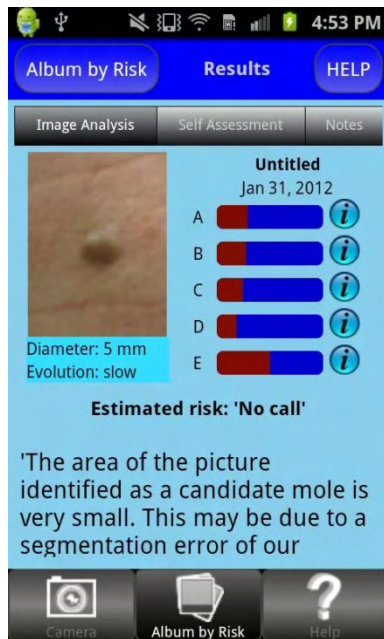
Εικόνα 22. Λήψη δερματολογικής εικόνας

2.6.3. MelApp

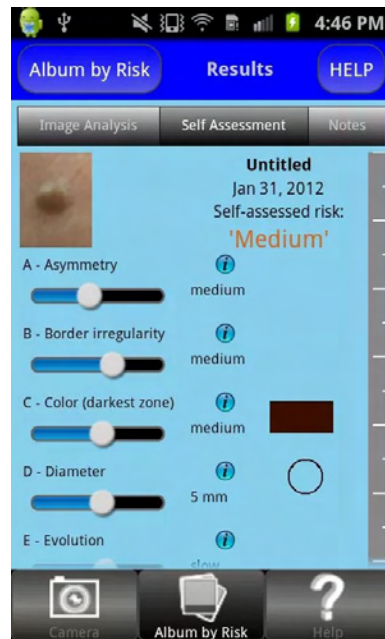
Η Mel-App εφαρμογή μπορεί να εκτιμά το πόσο επικίνδυνο είναι ένα μελάνωμα. Αποτέλεσμα αυτού, η συγκεκριμένη εφαρμογή βοηθά στην έγκαιρη ανίχνευση του μελανώματος. Η επεξεργασία προβλέπει δύο στάδια:

- Την λήψη της εικόνας με την δερματική βλάβη χρησιμοποιώντας την κάμερα του τηλεφώνου. Για να ολοκληρωθεί αυτό το βήμα πρέπει ο κάθε χρήστης να τοποθετήσει το mole σε ένα πράσινο κύκλο που του εμφανίζεται στην οθόνη με την αντίστοιχη επιλογή του zoom.
- Το pin point όπου σαρώνεται η φορτωμένη εικόνα επιστρέφοντας εάν η δερματική βλάβη είναι κοινός σπίλος ή μελάνωμα.

Η εφαρμογή κάνει χρήση διάφορων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που με την σειρά τους προστατεύονται οι μαθηματικοί αλγόριθμοι και οι τεχνολογίες αναγνώρισης προτύπων που αναλύουν την φορτωμένη εικόνα. Επίσης, οι εικόνες μπορούν να αποθηκεύονται στο web σύμφωνα με την ημερομηνία, την ετικέτα ή τον κίνδυνο. Ένας βασικός τρόπος για την εκτίμηση τυχόν αλλοιώσεων ή κρεατοελιών είναι η χρήση του ABCD. Τα αντίστοιχα screenshots φαίνεται στα σχήματα 23, 24.



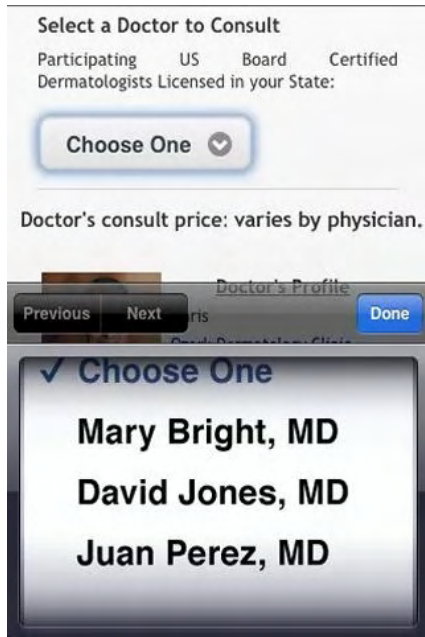
Εικόνα 23. Ιστορικό



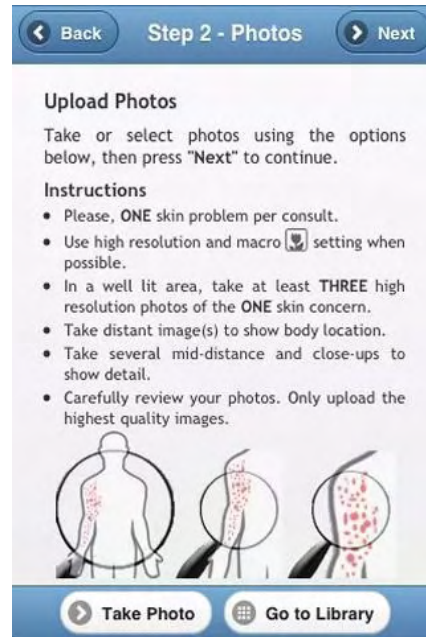
Εικόνα 24. Αποτελέσματα εικόνας

2.6.4. OnlineDermClinic

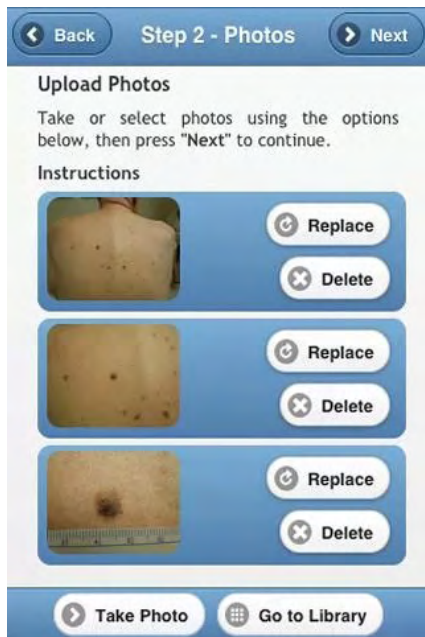
Η εφαρμογή OnlineDermClinic απαιτεί την αποστολή των δερματολογικών εικόνων με τις πρόσθετες πληροφορίες που συμπληρώνονται από το χρήστη. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από τρία διαφορετικά στάδια και ως εκ τούτου, η εφαρμογή δημιουργεί ένα περιστατικό, το οποίο είναι αποθηκευμένο στη βάση δεδομένων OnlineDermClinic.com. Τα τρία βήματα περιλαμβάνουν την επιλογή του ιατρού με βάση την γεωγραφική περιοχή και το βιογραφικό του, το φόρτωμα των δερματολογικών εικόνων και την απεικόνιση των παραγόμενων χαρακτηριστικών. Σε κάθε περίπτωση που ο χρήστης έχει ένα εξάνθημα, κνησμό, ή οποιαδήποτε άλλο δερματικό πρόβλημα μπορεί να κάνει χρήση της γρήγορης ιατρικής φροντίδας που διατίθεται από το OnlineDermClinic.com. Το OnlineDermClinic είναι ένα εργαλείο, το οποίο λειτουργεί ως επέκταση της λειτουργικότητας που υπάρχει στο web. Η εφαρμογή επιτρέπει επίσης τη ρύθμιση των εικονικών ραντεβού με τους γιατρούς. Μια αξιοσημείωτη καινοτομία του συστήματος αυτού είναι ο οδηγός διάγνωση DermaLearn, ο οποίος αποτελείται από μια σειρά ερωτήσεων ώστε να μπορεί να βοηθήσει τους ασθενείς και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Το DermaLearn περιλαμβάνει μια λίστα με τις πιο πιθανές διαγνώσεις.



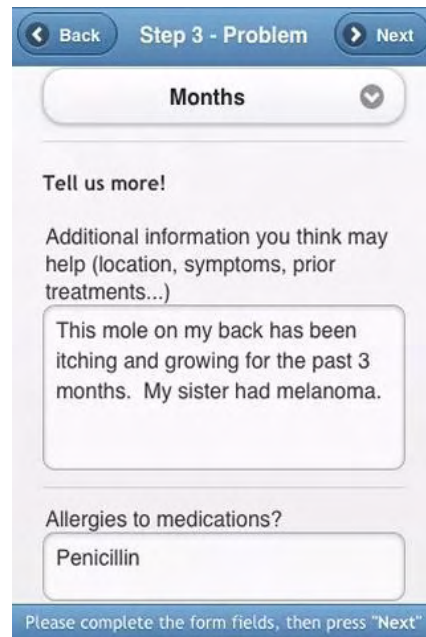
Εικόνα 25. Επιλογή γιατρού



Εικόνα 26. Λήψη εικόνας



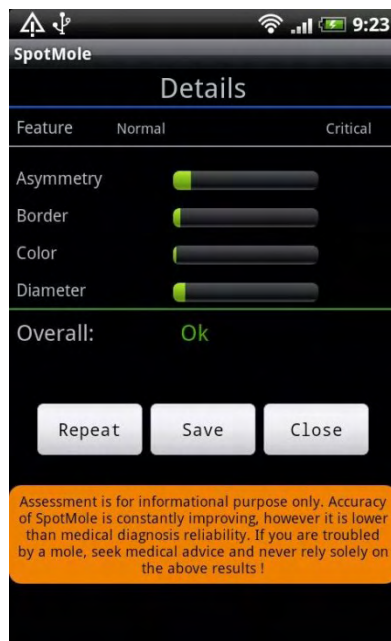
Εικόνα 27. Προβολή όλων των εικόνων



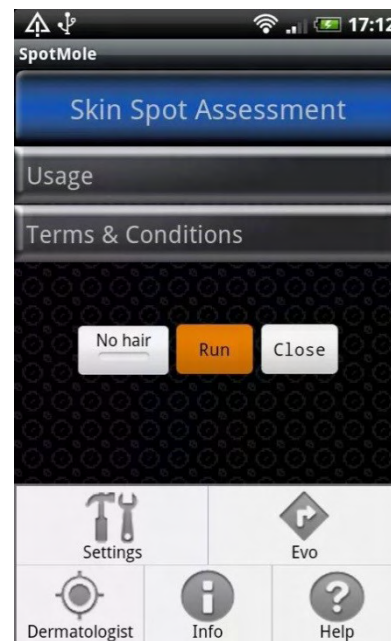
Εικόνα 28. Περιγραφή μελανώματος

2.6.5. SpotMole

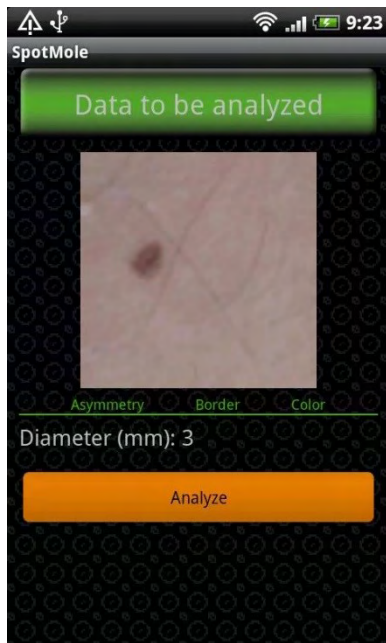
Το SpotMole παρέχει έναν απλό και γρήγορο τρόπο που βοηθά στον έλεγχο των κηλίδων του δέρματος. Η συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιεί ως είσοδο μια εικόνα από ένα μελανοκύτταρο, η οποία είναι φορτωμένη είτε από την gallery του τηλεφώνου ή λαμβάνεται από την κάμερα του. Επιπλέον, είναι σε θέση να ανιχνεύσει τα σημάδια ενός τυπικού μελανώματος χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως επεξεργασίας εικόνας και αναγνώρισης προτύπων. Επίσης, έχει ενσωματωμένο ένα αυτόματο αλγόριθμο που αναλύει το αντίστοιχη εικόνα. Ως πρώτο βήμα, ο χρήστης λαμβάνει μια close-up και καλά επικεντρωμένη εικόνα που απεικονίζει ένα σημείο του δέρματος ή ένα mole και στο επόμενο στάδιο εμφανίζει τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά της. Το SpotMole χρησιμοποιεί τυποποιημένες διαδικασίες οπτικής ανάλυσης για να ελέγχει τις κηλίδες πάνω στο δέρμα. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα εξαγονται με βάση τον κανόνα ABCDE (Ασυμμετρία, σύνορα, χρώμα, διάμετρος και η Εξέλιξη του μελανώματος). Επιπλέον, η εφαρμογή παρέχει επιπλέον λειτουργίες για τη βελτίωση της ανάλυσης της εικόνας (δηλαδή, για να ρυθμίσετε τα σύνορα της βλάβης του δέρματος - βλέπε σχήμα 32).



Εικόνα 29. Προβολή δεικτών ABCD



Εικόνα 30. Βασικό μενού



Εικόνα 31. Επεξεργασία εικόνας



Εικόνα 32. Εξαγόμενη εικόνα

2.7. Συμπεράσματα της χρήσης και λειτουργίας των εμπορικών εφαρμογών

Συμπερασματικά, οι πιο ενδεικτικές εφαρμογές για τον έλεγχο δερματολογικών αλλοιώσεων, χρησιμοποιούν το κοινό και απλό κανόνα ABCDE για την εξαγωγή χαρακτηριστικών και την εκτίμηση του κινδύνου. Οι δερματολογικές εικόνες που υφίσταντο επεξεργασία, είτε λαμβάνονται από την κάμερα του κινητού τηλεφώνου ή φορτώνονται από εξωτερικές πηγές. Οι εφαρμογές αυτές, λειτουργούν επίσης είτε σε on-line (συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο) είτε σε off-line λειτουργία. Ο χρήστης, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί, έχει την ικανότητα να επεξεργάζεται την εικόνα είτε στον web ή στον επεξεργαστή του κινητού. Η τοπική επεξεργασία των εικόνων του δέρματος στο κινητό τηλέφωνο είναι σε γενικές γραμμές πολύ πιο αργή. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τον τρόπο που κάθε εφαρμογή χειρίζεται την εικόνα του δέρματος.

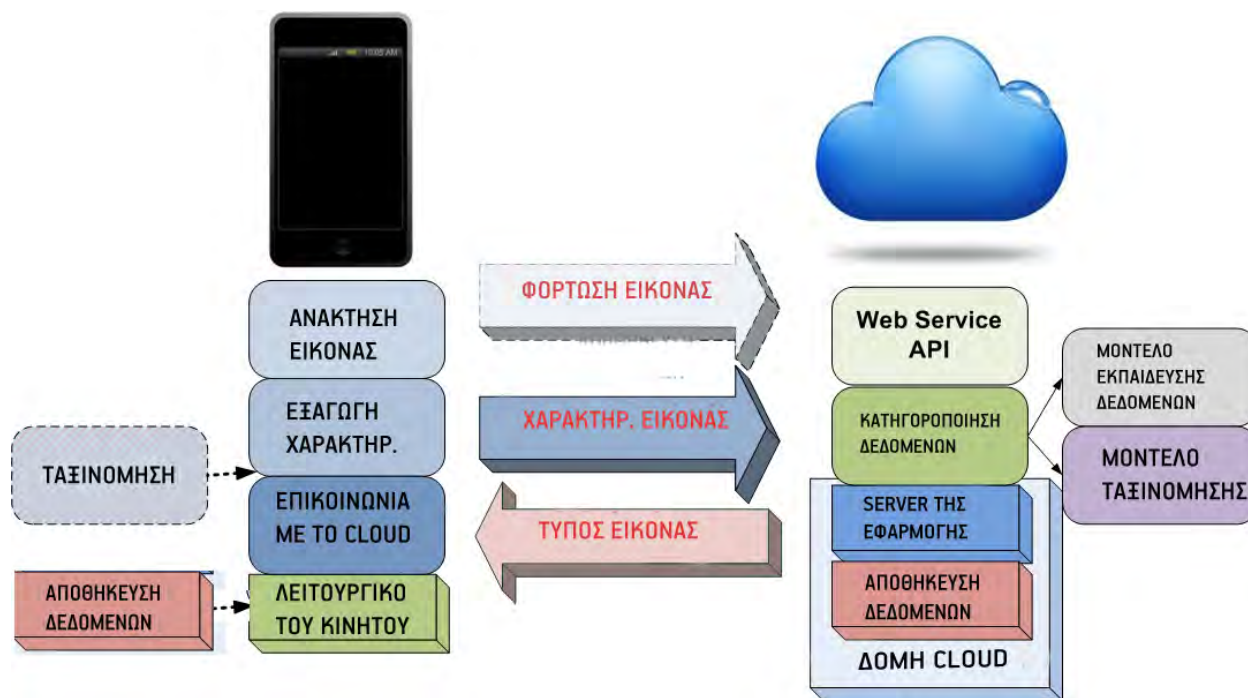
<i>Εφαρμογή</i>	Ανάλυση και αποθήκευση στο Cloud	Ανάλυση και αποθήκευση σε τοπικό επίπεδο
DoctorMole	NO	YES
Mole Detective	NO	YES
MelApp	NO	YES
OnlineDermClinic	YES	NO
SpotMole	NO	YES

Πίνακας 1. Τρόπος αποθήκευσης των εξαγόμενων εικόνων από τις εμπορικές εφαρμογές

Κεφάλαιο 3 - Προτεινόμενη υλοποίηση

3.1. Αρχιτεκτονική του συστήματος

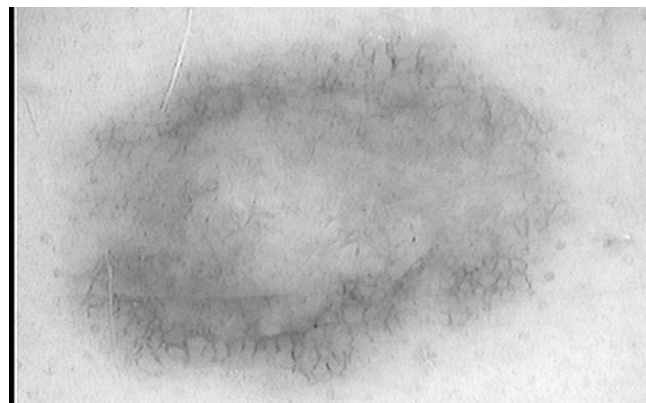
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται ένα σύστημα που αναπτύχθηκε από την ομάδα μας που μπορεί να αξιολογήσει την βλάβη του δέρματος και να ταξινομήσει τα χαρακτηριστικά που εξάγει ο αλγόριθμός μας τόσο σε ένα κινητό τηλέφωνο και σε έναν προσωπικό υπολογιστή όσο και στο Cloud Computing, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του δικτύου. Η εφαρμογή αυτή, εφαρμόζεται σε Android συσκευές. Η τοπική επεξεργασία πραγματοποιείται όταν η σύνδεση στο διαδίκτυο δεν είναι διαθέσιμη. Ωστόσο, η πλατφόρμα Cloud παρέχει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την ταχύτητα αξιολόγησης. Επιπλέον, προσφέρει on-line δυνατότητες αποθήκευσης. Στην εικόνα 36 παρουσιάζει μια επισκόπηση της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Το σύστημα διαιρείται σε δύο μέρη: το κινητό μέρος που αποκτά το είδωλο του μελανώματος του δέρματος από τον χρήστη και εκτελεί τα βασικά βήματα της επεξεργασίας της εικόνας και το τμήμα Cloud που περιέχει το μοντέλο ταξινόμησης και εκτελεί την εργασία ταξινόμησης για μια νέα εικόνα [25].



Εικόνα 36. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος μας

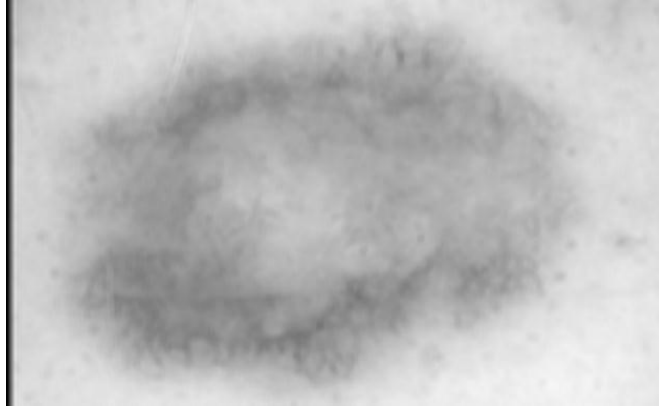
3.2. Αλγόριθμος - Εύρεση της αλλοιωμένης περιοχής

Το σύστημα μας είτε είναι χτισμένο για προσωπικούς υπολογιστές είτε για κινητά τηλέφωνα βασίζεται σε έναν αλγόριθμο με τον οποίο γίνεται η ανάλυση και επεξεργασία της επιθυμητής δερματολογικής περιοχής. Σαν είσοδο του αλγορίθμου, δίνεται μια δερματολογική εικόνα που με την σειρά της παρουσιάζει κάποια αλλοίωση ή βλάβη. Μετά την ανάλυση και επεξεργασία προβάλλονται το τι τύπου είναι η εικόνα (μελάνωμα, δυσπλαστικός σπίλος, κοινός σπίλος) και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά που συνοδεύουν την κατηγοριοποίηση αυτή. Πιο συγκεκριμένα, από τεχνικής σκοπιάς, στο πρώτο στάδιο γίνεται φόρτωση της εικόνας μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος από πλευράς του κινητού ή του προσωπικού υπολογιστή. Παράλληλα με την εικόνα αποθηκεύεται η τοποθεσία που είναι αποθηκευμένη αλλά και το όνομα της, επειδή η επεξεργασμένη εικόνα θα αποθηκευτεί στον ίδιο κατάλογο με την αρχική. Επιπλέον στο τέλος αυτού του σταδίου, μετατρέπεται η εικόνα από RGB σε Greyscale ώστε να η επεξεργασία να είναι πιο εύκολη και πιο γρήγορη.

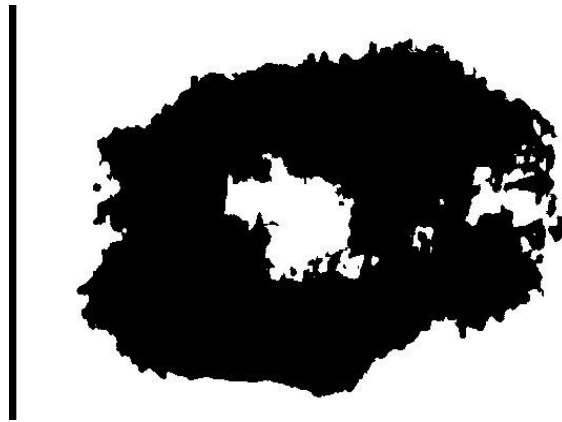


Εικόνα 33. Grayscale εικόνα

Η ασπρόμαυρη εικόνα υφίσταται φιλτράρισμα και κανονικοποίηση. Το φιλτράρισμα γίνεται ώστε να ελαττωθεί η ένταση της εικόνας (Εικόνα 34) κόβοντας κάποιες συχνότητες ενώ η κανονικοποίηση που λαμβάνει χώρα μετά το φιλτράρισμα, είναι μια διαδικασία που αλλάζει την σειρά των τιμών της έντασης με αποτέλεσμα να απεικονίζεται με μαύρο το μελάνωμα και άσπρο το φόντο(Εικόνα 35).



Εικόνα 34. Η grayscale εικόνα μετά το φιλτράρισμα



Εικόνα 35. Η εικόνα μετά την διαδικασία της κανονικοποίησης

Μόλις τελειώσουν οι μαθηματικές πράξεις του φιλτραρίσματος και της κανονικοποίησης, δημιουργείται ένας δυαδικός πίνακας που στα σημεία που έχει την τιμή 1 αντιστοιχεί σε μελάνωμα και με μηδέν σε δέρμα.

Στο τελευταίο μέρος γίνονται οι κατάλληλοι μετασχηματισμοί πάνω στο δυαδικό πίνακα ώστε να υπολογιστούν τα χαρακτηριστικά του μελανώματος όπως για παράδειγμα η περίμετρος ή η περιοχή που λαμβάνει χώρα. Μόλις ολοκληρωθεί η εξαγωγή αυτών των χαρακτηριστικών, γίνεται η ανάλογη αποθήκευση τους στην τοπική βάση δεδομένων. Παρακάτω γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά για το τι δηλώνουν τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά που δημιουργεί ο αλγόριθμος μας.

3.3. Εξαγωγή των χαρακτηριστικών – Τι δηλώνουν

Τα χαρακτηριστικά που εξάγονται από την εφαρμογή μας, έχουν ζωτική σημασία γιατί με βάση αυτά γίνεται η εκπαίδευση του συστήματος μας ώστε να κατηγοριοποιηθούν οι αντίστοιχες ψηφιακές εικόνες σύμφωνα με την επικινδυνότητά τους. Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος ερευνά την ασυμμετρία, την περίμετρο και το χρώμα της ενδιαφερόμενης περιοχής, αλλά και την δομή με την οποία έχει αναπτηχθεί το συγκεκριμένο μελάνωμα.

Ως ασυμμετρία ορίζεται η βλάβη που διχοτομείται από δύο άξονες που με την σειρά τους είναι τοποθετημένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγουν τη χαμηλότερη δυνατή ασυμμετρία, από την άποψη των συνόρων, των χρώματων, και των δομών. Η ασυμμετρία εξετάζεται είτε σε σχέση με ένα σημείο είτε σε σχέση με έναν ή περισσότερους άξονες.

Η περίμετρος περιγράφει το σχήμα της βλάβης εφόσον έχει υπολογιστεί. Για να παραχθούν οι πληροφορίες σχετικά με την περίμετρο, πραγματοποιείται η ανάλογη κατάτμηση της εικόνας. Επιπλέον, θεωρείται ότι είναι ένα κρίσιμο βήμα στην διαδικασία της αναγνώρισης της βλάβης του δέρματος και περιλαμβάνει την εξαγωγή της περιοχής ενδιαφέροντος (ROI), που με την σειρά του περιλαμβάνει την βλάβη και τον διαχωρισμό από το υγιές δέρμα. Οι περισσότεροι μέθοδοι βασίζονται στο μετασχηματισμό της κανονικοποίησης, της περιφερειακής ανάπτυξης και του μετασχηματισμού του χρώματος και χρησιμοποιούνται κυρίως για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών αλλοιώσεων του δέρματος. Οι τελευταίοι μέθοδοι χαρακτηρίζονται και ως περιοχές προσεγγίσεων, διότι βασίζονται σε διαφορετικούς μετασχηματισμούς του χρώματος μεταξύ των κακοήθων περιοχών και της περιμέτρου. Μια άλλη κατηγορία τεχνικών τμηματοποίησης είναι οι προσεγγίσεις που γίνονται με βάση την περίμετρο. Χρησιμοποιούνται γνωστοί μέθοδοι για να ανιχνεύσουν τις αντίστοιχες ακμές (π.χ., Sobel, Canny, κλπ) που παράγουν μια συλλογή από ακμές αφήνοντας την επιλογή του ορίου στον ανθρώπινο παρατηρητή.

Τα πιο δημοφιλή χαρακτηριστικά που προκύπτουν κατά την παραπάνω διαδικασία είναι η μέγιστη διάμετρος, η περιοχή, τα σύνορα της περιοχής, η παρατυπία, ο δείκτης που δείχνει πόσο λεπτό ή παχύ είναι, ο δείκτης που δείχνει ποσο κυκλικό σχήμα έχει, η διακύμανση της απόστασης από τα συνοριακά σημεία της βλάβης και η συμμετρική απόσταση. Ο δείκτης κυκλικότητα (CIRC), στα μαθηματικά ορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$CIRC = \frac{4A\pi}{p^2}$$

όπου το A είναι η επιφάνεια της περιοχής που εξετάστηκε και ρ η περίμετρο του. Η συμμετρική απόσταση (SD) υπολογίζει τη μέση μετατόπιση μεταξύ ενός αριθμού κορυφών ως προς το αρχικό σχήμα που μετασχηματίζεται σε ένα συμμετρικό σχήμα. Το συμμετρικό σχήμα που πλησιάζει προς το αρχικό σχήμα P, ονομάζεται συμμετρικός μετασχηματισμός (ST) του P. Το SD ενός αντικειμένου προσδιορίζεται από την ποσότητα της προσπάθειας που απαιτείται για να μετατραπεί το αρχικό σχήμα σε ένα συμμετρικό σχήμα και μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$SD = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \|P_i - \hat{P}_i\|$$

Εκτός από τον προσδιορισμό της περιμέτρου, επίσης δίνεται έμφαση και στα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν τη μετάβαση (ταχύτητα) από τη βλάβη στο δέρμα. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η ελάχιστη, μέγιστη και μέση απόκριση από την κλίση του φορέα. Εφαρμόζεται στην ένταση της εικόνα κατά μήκος της περιμέτρου της βλάβης.

Το χρώμα του εσωτερικού της βλάβης που εξετάζεται κάθε φορά, προσδιορίζεται από τον αριθμός των χρωμάτων που υπάρχουν μέσα σε αυτό. Τα χρώματα αυτά μπορεί να είναι: ανοικτό καφέ, σκούρο καφέ, μαύρο, κόκκινο και μπλε. Επιπλέον, η υφή του χρώματος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της φύσης του μελανοκυτταρικών αλλοιώσεων του δέρματος. Οι τυπικές έγχρωμες εικόνες αποτελούνται από τρία κανάλια χρώματος (κόκκινο, πράσινο, μπλε). Τα χρωματικά χαρακτηριστικά βασίζονται είτε στις μετρήσεις των κανάλιων που φέρουν το χρώμα είτε σε άλλα κανάλια όπως το CMY (Cyan, Magenta, Yellow), το HSV (Hue, Saturation, Value), το YUV (Υ-φωτεινότητα, χρωματική συστατικά UV) ή διάφοροι άλλοι συνδυασμοί τους. Επιπλέον, τα επιπρόσθετα χρωματικά χαρακτηριστικά αποτελούν τις σφαιρικές συντεταγμένες της μέση LAB και της αποκλίσης των εικονοστοιχείων εντός της βλάβης. Υπολογίζονται ως,

$$L = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$$

$$\text{AngleA} = \cos^{-1}\left[\frac{B}{L}\right]$$

$$\text{AngleB} = \cos^{-1}\left[\frac{R}{L \sin(\text{AngleA})}\right]$$

Η ποικιλοποίηση του χρώματος μπορεί να υπολογιστεί από τη μέτρηση της ελάχιστης και μέγιστης απόκλισης από τις επιλεγμένες τιμές των καναλιών, της έντασης του χρώματος .

3.4. Εφαρμογή για προσωπικούς υπολογιστές

Η εφαρμογή, ανακτά την εκάστοτε δερματολογική εικόνα από τον σκληρό δίσκο του υπολογιστή μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος χτισμένο στην αντικειμενοστραφή γλώσσα JAVA. Στην συνέχεια, πάνω στην εικόνα εφαρμόζεται ο αλγόριθμος της ανάλυσης και της επεξεργασίας, που προαναφέρθηκε παραπάνω, ώστε να παραχθούν τα χαρακτηριστικά και να γίνει η κατηγοριοποίηση της εικόνας ανάλογα με τον τύπο της. Τέλος, πάλι μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος γίνεται η προβολή των χαρακτηριστικών ως προς τον χρήστη που συγχρόνως, του δίνεται η δυνατότητα να μπορεί να αποθηκεύσει τα εξαγόμενα αποτελέσματα είτε σε μορφή excel είτε σε xml. Για να επιτευχθεί το τελευταίο κομμάτι χρησιμοποιήθηκαν ειδικές βιβλιοθήκες που παρέχουν την δυνατότητα της διαμόρφωσης των αποτελεσμάτων ανάλογα με την μορφή που απαιτείται ώστε να προβληθούν ή χρησιμοποιηθούν μεταγενέστερα.

Για να υλοποιηθεί η ανάλογη εφαρμογή του συστήματος για τους προσωπικούς υπολογιστές, χρησιμοποιήθηκε η αντίστοιχη πλατφόρμα Eclipse IDE που παρέχει την δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών με την γλώσσα JAVA. Προτιμήσαμε αυτήν την πλατφόρμα γιατί είναι ένα open-source λογισμικό, εύκολο στη χρήση και με πολλά tutorials. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει η δυνατότητα λήψης από το ακόλουθο ιστότοπο <http://www.eclipse.org/downloads/>. Για την εγκατάσταση του, χρειάζεται να γίνει η λήψη του .zip αρχείου από το επίσημο site. Αφού αποσυμπίεστεί το αρχείο αυτό μπορεί να γίνει η εκτέλεση του αντίστοιχου εκτελέσιμου (Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι portable).

Για την κατασκευή του γραφικού περιβάλλοντος έγινε η χρήση της αντίστοιχης Swing βιβλιοθήκης της Java. Η βιβλιοθήκη Swing είναι ένα τμήμα της συλλογής του Java Foundation Classes (JFC). Περιλαμβάνει όλο το σύνολο με τα χαρακτηριστικά που υποστηρίζουν την δημιουργία των αντίστοιχων Graphical User Interfaces(GUI). Τόσο η ανάκτηση και η αποθήκευση της εικόνας όσο και η προβολή των οδηγιών του συστήματος γίνεται με μια κλάση αυτής της βιβλιοθήκης, την JFileChooser. Στην ουσία μέσω αυτού του περιβάλλοντος δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να μπορεί να εισάγει και να εξάγει τις εικόνες στο σύστημα μας ανεξάρτητα από την τοποθεσία αποθήκευσης των αντίστοιχων εικόνων. Τέλος για την προβολή της εξαγόμενης εικόνας γίνεται η χρήση της κλάσης JFrame που έχει σχεδιαστεί για να μπλοκάρει μια περιοχή στην οθόνη για να εμφανίζει ένα μόνο στοιχείο.

3.5. Εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα

Η εφαρμογή παρέχει όλη την απαραίτητη λειτουργικότητα για την ανάκτηση της εικόνας (είτε από μία συσκευή μέσω αποθήκευσης, όπως μια κάρτα SD ή μέσω της κάμερας του κινητού τηλεφώνου). Είναι επίσης υπεύθυνη για την κατάτμηση των κηλίδων του δέρματος και την εξαγωγή των βασικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον, επιτρέπει στους χρήστες να προσθέτουν στα συμφραζόμενα, διάφορες πληροφορίες όπως την ηλικία, τον παράγοντα κληρονομικότητας του μελανώματος, την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία και πληροφορίες σχετικά με την βλάβη του δέρματος όπως την εκτίμηση της ηλικίας της βλάβης, κ.λπ.

Η κατάτμηση της δερματολογικής εικόνας και τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά που αναπαράγονται πάνω στην κινητή συσκευή του τηλεφώνου κάνουν χρήση μιας μεθόδου που παρουσιάζεται στο [19]. Η μέθοδος αυτή, δεν απαιτεί τη χρήση ειδικών βιβλιοθηκών επεξεργασίας εικόνας και συνεπώς μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε κινητή πλατφόρμα. Αρχικά η περιοχή της βλάβης του δέρματος είναι κατακεραματισμένη και στη συνέχεια εξάγονται η ανάγλυφη περιοχή (όπως ASM και GSM), το μέγεθος (όπως η περιοχή, περιμετρικά), ο δείκτης ασυμμετρίας και το χρώμα. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται μπορεί επίσης να βρεθεί στο [8]. Στην συνέχεια, τα χαρακτηριστικά μαζί με τις συμφραζόμενες πληροφορίες κρυπτογραφούνται χρησιμοποιώντας την AES συμμετρική κρυπτογράφηση με κλειδί μήκους 128bit όπου με την σειρά του το κλειδί αυτό αποθηκεύεται εντός της κινητής συσκευής. Μόλις κρυπτογραφούνται τα δεδομένα μπορούν να αποστέλλονται στην υπηρεσία Cloud για τη διαδικασία χαρακτηρισμού. Η επικοινωνία με την υπηρεσία γίνεται μέσω μιας αίτησης HTTP POST χρησιμοποιώντας το API REST Web που παρέχεται από την υπηρεσία. Η απάντηση της κλήσης API REST είναι η εκτίμηση του κινδύνου που φέρει η προβληματική περιοχή του δέρματος. Επίσης, για τους σκοπούς της αξιολόγησης έχουμε μεταφέρει τη μονάδα ταξινόμησης (με βάση το WEKA) προς την εφαρμογή του κινητού που επιτρέπει την επεξεργασία της εικόνας και την εξαγωγή χαρακτηριστικών.

Για να υλοποιηθεί αυτό το μέρος του συστήματος έγινε χρήση της πλατφόρμας Android Studio που ειδικεύεται στην ανάπτυξη εφαρμογών για Android συσκευές. Αναλυτικότερα, το Android Studio είναι ένα νέο περιβάλλον ανάπτυξης με βάση το IntelliJ IDEA. Παρέχει νέα χαρακτηριστικά και βελτιώσεις πάνω στο Eclipse ADT και είναι πλέον το επίσημο Android IDE. Τέλος, σε κάθε προγραμματιστή του δίνεται η δυνατότητα λήψης αυτής της πλατφόρμας μέσω του ιστότοπου <https://developer.android.com/sdk/installing/studio.html#download>.

Η κατασκευή του γραφικού περιβάλλοντος της εφαρμογής αυτής έγινε με την χρήση μιας ειδικής γλώσσας που μοιάζει με την XML. Η συγκεκριμένη γλώσσα φέρει μαζί της κάποια πακέτα που με την σειρά τους περιλαμβάνουν τα User Interface συστατικά όπως Buttons, TextView κ.τ.λ. Από την αντίθετη πλευρά, όσον αφορά την λειτουργικότητα της εφαρμογής, η

ανάκτηση μιας εικόνας είτε από το cloud είτε από την κάρτα μνήμης του κινητού γίνεται εφικτή μέσω του Media Framework που παρέχεται από το λειτουργικό. Επίσης, η αποθήκευση των χαρακτηριστικών που εξάγονται κατά την διάρκεια της ανάλυσης της κάθε δερματολογικής εικόνας αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων που δημιουργείται αυτόματα την πρώτη φορά που ο χρήστης θα ανοίξει αυτήν την εφαρμογή. Η βάση δεδομένων για το λειτουργικό σύστημα του Android βασίζεται στην SQLite. Η SQLite είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων που περιέχεται σε μια C προγραμματιστική βιβλιοθήκη. Σε αντίθεση με άλλα συστήματα διαχείρισης βάσης δεδομένων, η SQLite δεν είναι μια ξεχωριστή διεργασία που προσπελάζεται από μια εφαρμογή, αλλά είναι μέρος της. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφέρω πως πριν γίνει οποιαδήποτε αποθήκευση στην βάση, πρώτα γίνεται ένας μετασχηματισμός κρυπτογράφησης των δεδομένων αυτών για λόγους ασφαλείας. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, εφαρμόστηκε η αντίστοιχη βιβλιοθήκη του Android SDK, η SSL.

3.6. Η εφαρμογή στην Νεφοϋπολογιστική Υποδομή (Cloud Computing)

Η Cloud υποδομή αποτελείται από μια εφαρμογή Java EE, που παρέχει τόσο ένα περιβάλλον διαχείρισης γραφικών όσο και τις διεπαφές για την επικοινωνία με τους αισθητήρες. Ως υποδομή Cloud έχει επιλεγεί η πλατφόρμα Jelastic. Η Jelastic [12] είναι μια πλατφόρμα ως υπηρεσία (PaaS), που επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύξουν εφαρμογές που βασίζονται σε Java. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα παρέχει όλα τα απαραίτητα συστατικά (περιπτώσεις server εφαρμογών, βάσεων δεδομένων, balancers φορτίου, κλπ) και την κατάλληλη κλιμάκωση. Επίσης, παρέχει την πλήρη πρόσβαση στο περιβάλλον του server, με συνέπεια να επιτρέπεται η ανάπτυξη πρόσθετων εργαλείων και εφαρμογών σε περιβάλλον Java, όπως βιβλιοθήκες κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας.

Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, ως εξυπηρετητής χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Tomcat μαζί με την MySQL ως βάση δεδομένων. Η αποκρυπτογράφηση των δεδομένων έχει επιτευχθεί χρησιμοποιώντας το συμμετρικό μηχανισμό(AES) με το ίδιο κλειδί κρυπτογράφησης για την εφαρμογή που αφορά τα κινητά τηλέφωνα. Η επικοινωνία με την εφαρμογή γίνεται μέσω ενός REST Web Service API. Το REST Web Services είναι ένα πολύ ελαφρύ πρωτόκολλο επικοινωνίας, κατάλληλο για την υποδομή του Cloud που στην περίπτωση μας αλληλεπιδρά με τις κινητές συσκευές (σε σχέση με τις παλαιότερες τεχνολογίες SOAP) ([13]). Μόλις τα δεδομένα έχουν ληφθεί από την κινητή συσκευή, γίνεται η αποκρυπτογράφηση τους και αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων για μελλοντική χρήση. Στην συνέχεια, τα χαρακτηριστικά αυτά υφίστανται μια σειρά από επεξεργασίες, από την μονάδα ταξινόμησης των δεδομένων

για τον χαρακτηρισμό της βλάβης του δέρματος. Η μονάδα χρησιμοποιεί ως μηχανή ταξινόμησης το εργαλείο WEKA ([14]). Η μηχανή ταξινόμησης χρησιμοποιεί μοντέλα που έχουν ήδη δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας το εργαλείο αυτό. Αρκετά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί η καλύτερη ακρίβεια. Ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί αρχικά να επικυρώσει ένα νέο σύνολο χαρακτηριστικών για τη διάκριση της αντίστοιχης εικόνας ανάμεσα σε 3 κατηγορίες: μελάνωμα, δυσπλαστικό σπίλο και καλοήγη σπίλο. Σε περίπτωση που εκτιμάται πως είναι μελάνωμα ή ένας καλοήγη σπίλος, ενεργοποιείται αυτόματα ένα δεύτερο μοντέλο ώστε να εξάγει αντίστοιχα και πάλι αυτά τα χαρακτηριστικά. Αυτό γίνεται ώστε να επιτευχθεί με τον καλύτερο τρόπο η ακρίβεια του αποτελέσματος. Επιπλέον, τα μοντέλα ταξινόμησης μπορούν να ενημερώνονται με περισσότερα στοιχεία ή προηγμένες τεχνικές ταξινόμησης και να δέχονται διάφορους παραμέτρους ανά πάσα στιγμή, χωρίς να επηρεάζουν την συνολική απόδοση του συστήματος και την ανάγκη για ενημέρωση. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή που είναι στο Cloud έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η διαχείριση και η αποθήκευση των εικόνων με δερματολογικές βλάβες στην Cloud τοποθεσία. Οι πόροι αποθήκευσης και συντήρησης των δεδομένων (π.χ., δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας, την ανάκτηση, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος και της απόλυσης, κ.λπ.), παρέχονται αυτόματα από την πλατφόρμα Jelastic Cloud.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται τα βασικά σενάρια λειτουργίας του συστήματος τόσο για κινητά τηλέφωνα όσο για τους προσωπικούς υπολογιστές και κάποιες αρχικές αξιολογήσεις του συστήματος αυτού.

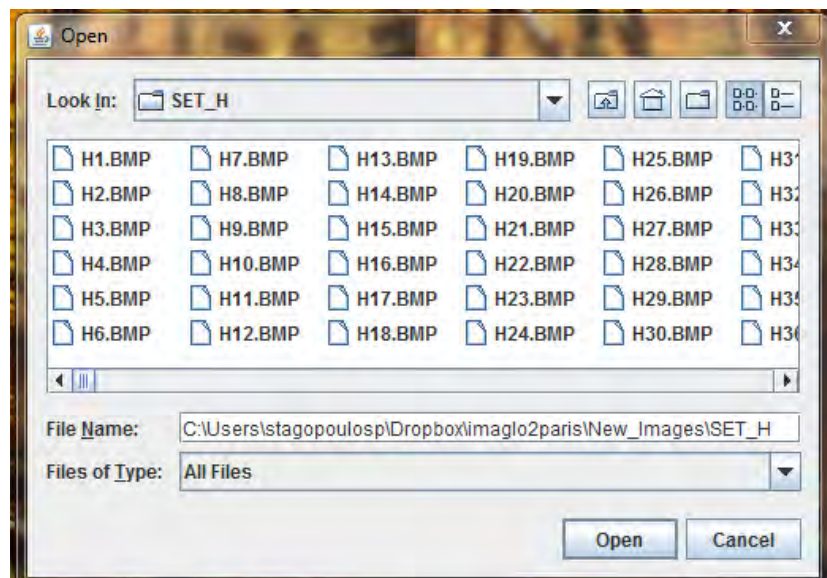
Κεφάλαιο 4 – Το σύστημα στην πράξη

4.1. Σενάρια λειτουργίας της εφαρμογής για προσωπικούς υπολογιστές

Η εφαρμογή για τους προσωπικούς υπολογιστές σχεδιάστηκε ώστε να μπορεί να προσφέρει γρήγορα και ακριβή αποτελέσματα προς τον χρήστη. Αποτελείται από ένα απλό και εύχρηστο γραφικό περιβάλλον ώστε να μπορέσει να βοηθήσει τους χρήστες να ανακτήσουν τις ενδιαφερόμενες εικόνες από το σκληρό τους δίσκο με άμεσο τρόπο.

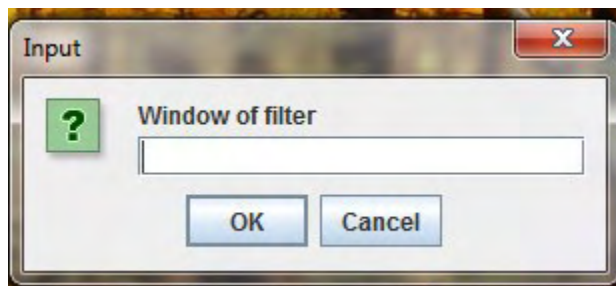
4.1.1. Ανάκτηση της εικόνας από τον σκληρό δίσκο

Ανοίγοντας την εφαρμογή (το αντίστοιχο .jar αρχείο) εμφανίζεται ένα γραφικό περιβάλλον που επιτρέπει στον χρήστη να περιηγηθεί στα προσωπικά του αρχεία στον τοπικό σκληρό δίσκο (Εικόνα 37).



Εικόνα 37. Φόρτωση της εικόνας από τον σκληρο δίσκο

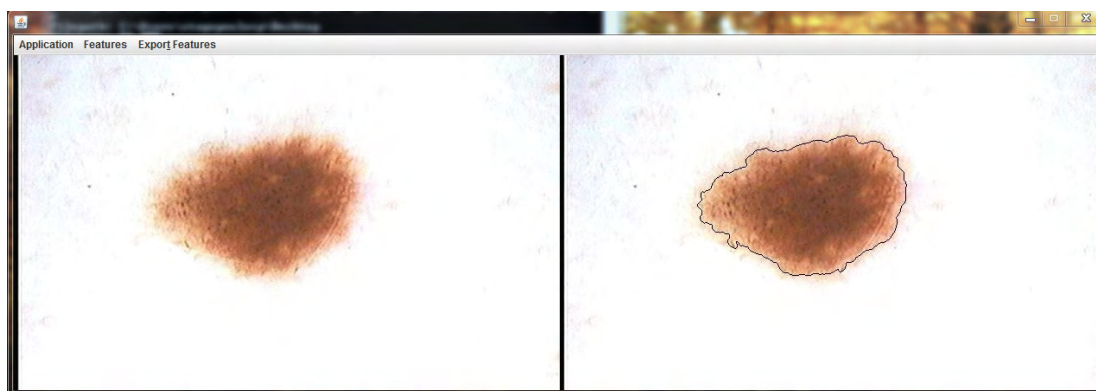
Εφόσον εισάγει με επιτυχία ο χρήστης την εικόνα που θέλει να αναλύσει στην εφαρμογή, θα πρέπει να σετάρει τις βασικές παραμέτρους της αναλύσης (μέγεθος της μάσκας του φιλτραρίσματος, μέγεθος της μάσκας του κανονικοποίησης κ.τ.λ. Εικόνα 38).



Εικόνα 38. Ρύθμιση των παραμέτρων της ανάλυσης

4.1.2. Επεξεργασία σε τοπικό επίπεδο και προβολή αποτελέσματος

Μόλις ολοκληρωθεί το παραπάνω στάδιο, λαμβάνει χώρα η ανάλυση και η επεξεργασία της δερματολογικής εικόνας. Η ανάλυση και η επεξεργασία γίνεται σε τοπικό επίπεδο (στον επεξεργαστή του υπολογιστή) και δεν επικοινωνεί με την Cloud υποδομή. Όταν ολοκληρωθεί η εν λόγω ανάλυση τότε αυτόματα στον χρήστη εμφανίζεται ένα γραφικό περιβάλλον μέσω του οποίου απεικονίζεται η επεξεργασμένη εικόνα μαζί με τα χαρακτηριστικά και την κλαση στην οποία έχει ταξινομηθεί. Επίσης ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί μέσω ενός απλού μενού που βρίσκεται στο πάνω μέρος του γραφικού περιβάλλοντος στις οδηγίες και να εξάγει τα αποτελέσματα σε μορφή excel ή xml (Εικόνα 39).

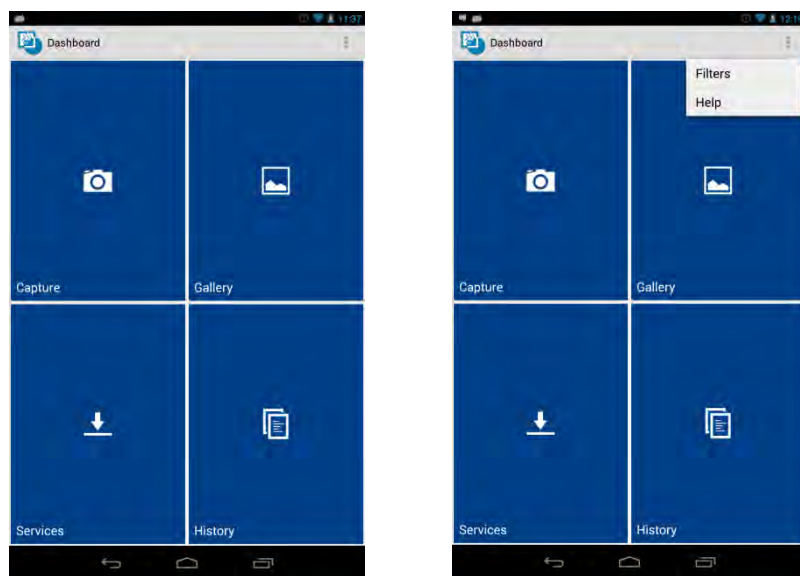


Εικόνα 39. Εμφάνιση αποτελέσματος

4.2. Σενάρια λειτουργίας της εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα

Η εφαρμογή που αφορά τα κινητά τηλέφωνα έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει τη κατάλληλη ευχρηστία και απλότητα στην περιήγηση του χρήστη. Για να επιτευχθεί αυτό, στο στάδιο της ανάπτυξης δόθηκε αρκετός χρόνος για το σχεδιασμό των αντίστοιχων γραφικών περιβαλλόντων που απαρτίζουν τις οθόνες του κινητού ενώ κατά το τέλος της ανάπτυξης μοιράστηκαν διάφορα ερωτηματολόγια σε χρήστες ώστε να αξιολογήσουν την ευχρηστία αλλά και να δώσουν κάποιους εναλλακτικούς τρόπους χρήσης. Παρακάτω παρουσιάζουμε διάφορα σενάρια για το πώς ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή.

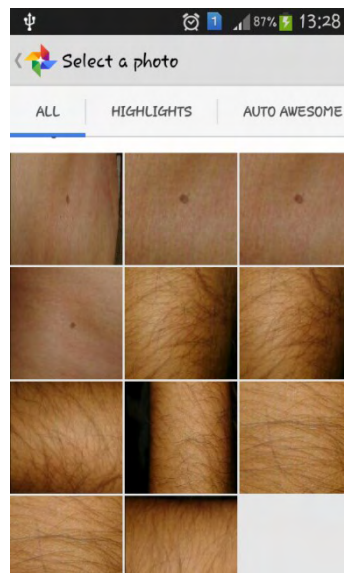
Ανοίγοντας την εφαρμογή, ο κάθε χρήστης είναι σε θέση να ανακτήσει οποιαδήποτε εικόνα της αρεσκείας του μέσω του βασικού μενού που περιλαμβάνει η εφαρμογή (Εικόνα 40). Η ανάκτηση της εικόνας μπορεί να γίνει από την κάμερα του κινητού σε πραγματικό χρόνο, από την κάρτα μνήμης ή από διάφορους προσωπικούς λογαριασμούς σε διάφορες πλατφόρμες αποθήκευσης (Dropbox, Google drive, κ.τ.λ.).



Εικόνα 40. Βασικό μενού της εφαρμογής

4.2.1. Ανάκτηση της εικόνας από την κάρτα μνήμης του κινητού

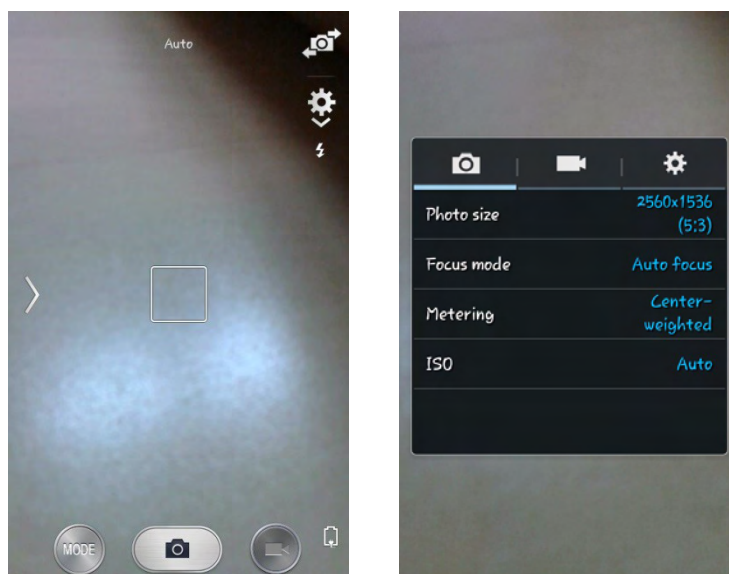
Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αυτό τον τρόπο ανάκτησης της δερματολογικής εικόνας πατώντας την επιλογή «Gallery» από το βασικό μενού. Αμέσως ανοίγει ένα παράθυρο μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να κάνει περιήγηση στα αρχεία του κινητού και να επιλέξει το αντίστοιχο αρχείο (Εικόνα 41).



Εικόνα 41. Περιήγηση στα αρχεία του κινητού

4.2.2. Ανάκτηση της εικόνας από την κάμερα του κινητού

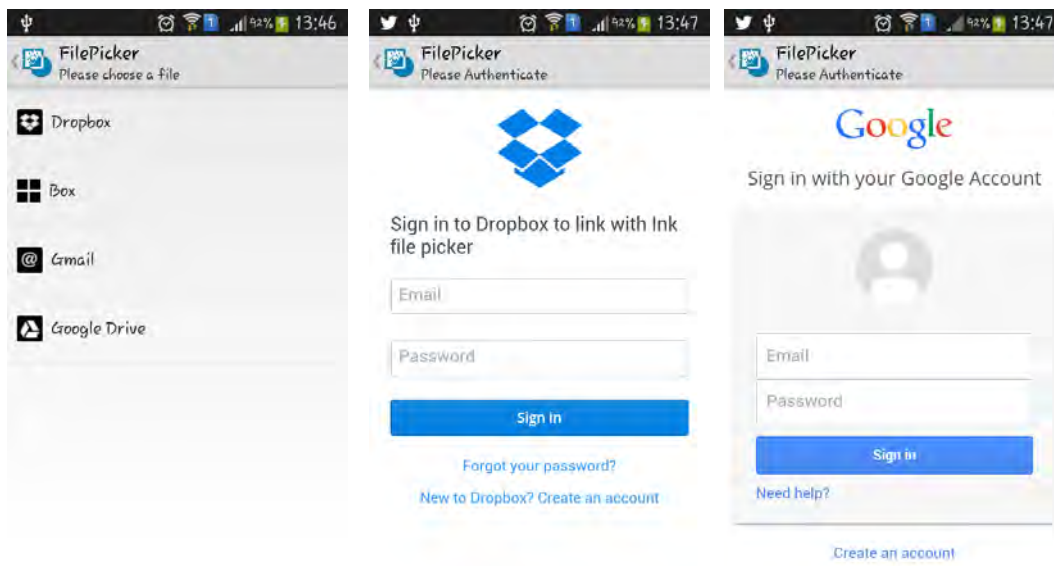
Μέσω αυτής της επιλογής, ο χρήστης κάνει λήψη μιας δερματολογικής εικόνας μέσω της κάμερας της κινητής συσκευής. Επίσης, μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους που ρυθμίζουν το τελικό αποτέλεσμα, όπως για παράδειγμα την φωτεινότητα ή την αντίθεση της τελικής εικόνας (Εικόνα 42).



Εικόνα 42. Λήψη εικόνας από την κάμερα του κινητού

4.2.3. Ανάκτηση της εικόνας από τους προσωπικούς λογαριασμούς σε υποδομές νέφους (Cloud)

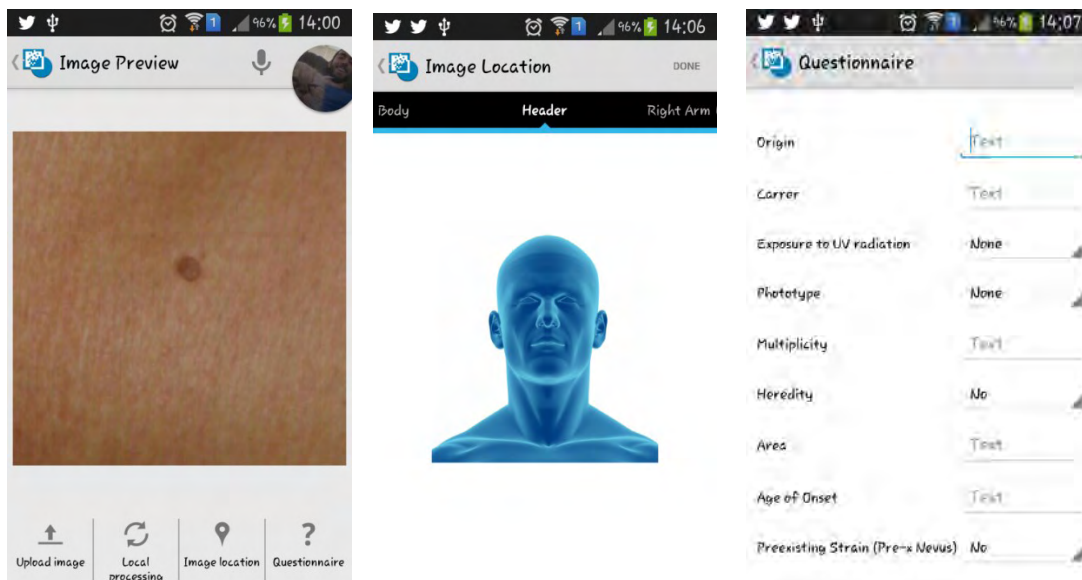
Τέλος, ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει τις συγκεκριμένες εικόνες από διάφορες πλατφόρμες βασισμένες σε υποδομές Cloud. Οι συγκεκριμένες πλατφόρμες σου δίνουν την δυνατότητα αποθήκευσης διάφορων δεδομένων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού είναι το Dropbox (Εικόνα 43).



Εικόνα 43. Λήψη εικόνας από Cloud πλατφόρμες

Αξίζει να σημειωθεί πως όλες οι ενέργειες ανάκτησης της εικόνας μπορούν να γίνουν και με φωνητικές εντολές από τον χρήστη.

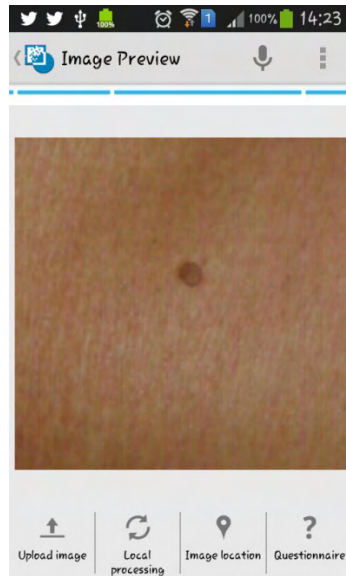
Μόλις ολοκληρωθεί το παραπάνω βήμα η εφαρμογή αυτόματα μεταβαίνει σε μια νέα οθόνη όπου παρουσιάζονται τα βασικά εργαλεία επεξεργασίας της εικόνας ανεξάρτητα από την τελική επεξεργασία που θα λάβει χώρα (τοπικά ή στο Cloud). Επίσης προβάλλεται και η επιλογή της επεξεργασία αυτής της εικόνας να γίνει σε τοπικό επίπεδο ή στην Cloud υποδομή (Εικόνα 44). Επιπρόσθετα, πριν από την επεξεργασία, ο χρήστης καλείται προαιρετικά να συμπληρώσει κάποια χαρακτηριστικά για την τοποθεσία της πάνω στο σώμα και κάποιους άλλους παραμέτρους που είναι σημαντικοί για την διάγνωση από τους γιατρούς.



Εικόνα 44. Προβολή επεξεργασίας, Εισαγωγή τοποθεσίας και παραμέτρων

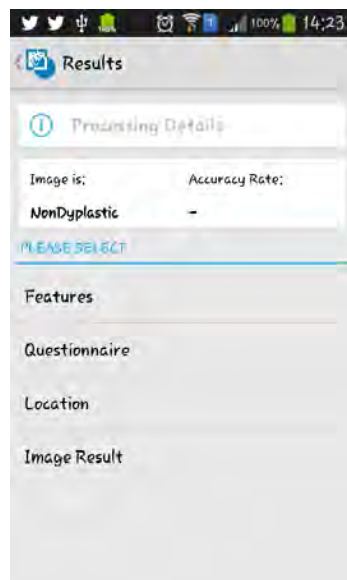
4.2.4. Επεξεργασία και προβολή αποτελέσματος

Σε αυτό το στάδιο, η εφαρμογή είναι έτοιμη να αναλύσει και να επεξεργαστεί την αντίστοιχη εικόνα. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει ανάμεσα στην επιλογή του «Upload Image» για να γίνει η φόρτωση της δερματολογικής εικόνας στο Cloud και στην επιλογή «Local processing» που η επεξεργασία γίνεται σε τοπικό επίπεδο. Κατά την διάρκεια της ανάλυσης και της επεξεργασίας η εφαρμογή μπαίνει σε μια αδρανής κατάσταση στην οποία ο χρήστης πρέπει να περιμένει μέχρι η αντίστοιχη διεργασία να τελειώσει. Μέχρι να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη διεργασία στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής εμφανίζεται μια progress bar (Εικόνα 45).



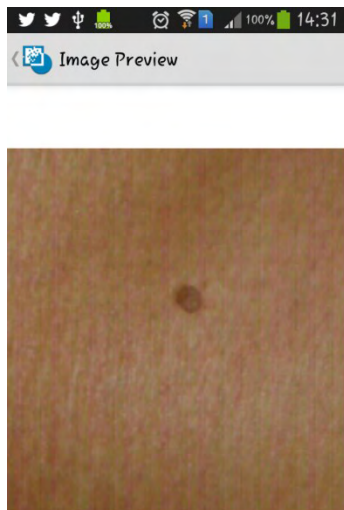
Εικόνα 45. Επεξεργασία της δερματολογικής εικόνας

Αφού τελειώσει η ανάλυση και η επεξεργασία της εικόνας στην εφαρμογή εμφανίζεται μια τελική οθόνη όπου προβάλλονται ο τύπος της εικόνας (μελάνωμα, δυσπλαστικός σπίλος, κοινός σπίλος), το ποσοστό ακρίβειας της ταξινόμησης και τα χαρακτηριστικά που συνοδεύουν την εικόνα αυτή (Εικόνα 46).



Εικόνα 46. Προβολή του αποτελέσματος από την επεξεργασία

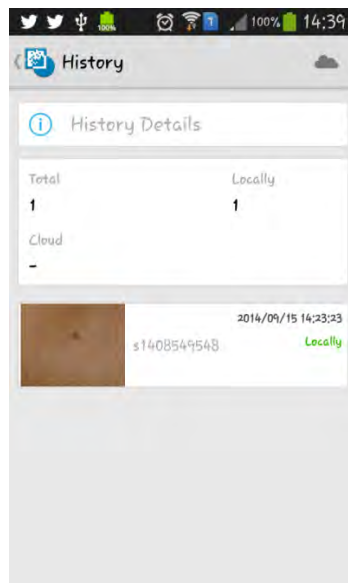
Επιπλέον, ο χρήστης έχει την ευχέρεια να αποθηκεύσει την παραγόμενη εικόνα (Εικόνα 47) μετά την επεξεργασία αλλά και να δει τις παραμέτρους και την τοποθεσία της δερματολογικής εικόνας που ο ίδιος συμπλήρωσε πριν από την επεξεργασία. Σε περίπτωση που οι παράμετροι και η τοποθεσία της εικόνας δεν έχουν συμπληρωθεί, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τα εισάγει και σε αυτό το στάδιο. Τέλος, όλα τα αποτελέσματα μαζί με την αρχική εικόνα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων που είναι αποθηκευμένη στο κινητό.



Εικόνα 47. Προβολή της επεξεργασμένης εικόνας

4.2.5. Προβολή ιστορικού

Μια άλλη πολύ χρήσιμη δυνατότητα που δίνει η εφαρμογή στους χρήστες της είναι η προβολή του ιστορικού. Μέσα από το βασικό μενού της εφαρμογής, ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στην καρτέλα-οθόνη με το ιστορικό του. Το ιστορικό απαρτίζεται με όλες τις εικόνες που έχει αναλύσει και επεξεργαστεί ο χρήστης τόσο στην Cloud υποδομή όσο και στο κινητό τηλέφωνο (Εικόνα 48). Επίσης, μπορεί να διαγράψει μια καταγραφή του ιστορικού ή να συγχρονίσει το ανάλογο ιστορικό του Cloud με αυτό του τηλεφώνου του.



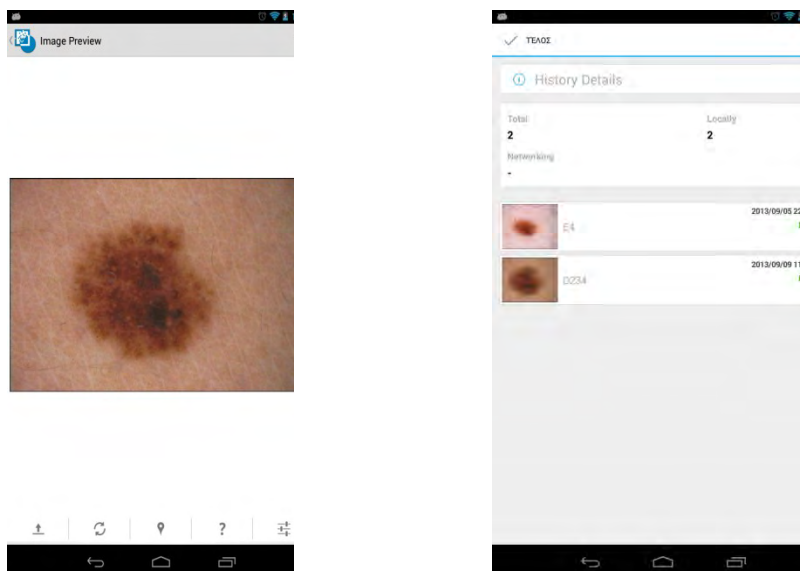
Εικόνα 48. Προβολή ιστορικού

4.2. Πιλοτική λειτουργία και δοκιμές

Για την αρχική αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος, η εφαρμογή αναπτύχθηκε στο αντίστοιχο κινητό τηλέφωνο Samsung Galaxy S Plus (Android OS v2.3, 1.4GHz επεξεργαστή, 512MB RAM). Ο χρήστης μπορεί αρχικά να συμπληρώσει κάποιες πληροφορίες για την ενδιαφερόμενη δερματική περιοχή όπως την ηλικία, την έκθεση της σε υπεριώδης ακτινοβολία, την εκτιμώμενη δερματική αλλοίωση, κ.λπ. (βλέπε εικόνα 49). Στη συνέχεια, η εικόνα με την αλλοίωση του δέρματος ανακτάται μέσα στην εφαρμογή, είτε μέσω της περιήγησης στο αρχείο του κινητού είτε με τη λήψη αυτής χρησιμοποιώντας την κάμερα της συσκευής. Αρχικά, η αλλοίωση είναι κατακερματισμένη και στην συνέχεια τα χαρακτηριστικά που εξάγονται και η κατακερματισμένη εικόνα παρουσιάζονται στον χρήστη (βλέπε Εικόνα 49). Τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά κρυπτογραφούνται μαζί με την συναφείς πληροφορίες και διαβιβάζονται στην υπηρεσία Cloud. Από πλευράς Cloud, η υπηρεσία Web που περιγράφεται στο κεφάλαιο 3, αναπτύχθηκε από στην πλατφόρμα Jelastic.

4.3. Αξιολόγηση του συστήματος

Για την αρχική αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο δεδομένων που αποτελείται από πάνω από 3000 δερματολογικές εικόνες χεριού που είναι ταξινομημένες μεταξύ τους. Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε αποτελούταν από περίπου 800 μελανώματα, 600 δυσπλαστικούς σπίλους και οι υπόλοιπες 1600 εικόνες απεικόνιζαν καλοήθεις σπίλους. Ένα υποσύνολο από αυτά, π.χ., το 80% των εικόνων χρησιμοποιήθηκε για την εκμάθηση του συστήματος μας και το άλλο 20% των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε για τη δοκιμή κάνοντας χρήση του εκπαιδευμένου ταξινομητή. Οι εικόνες μάθησης και δοκιμής ανταλλάχθηκαν με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς για να αποφευχθεί οποιοδήποτε λάθος.



Εικόνα 49. Στιγμιότυπα από την Android εφαρμογή. Στα αριστερά: Η αρχική οθόνη για είσοδο στα συμφραζόμενα δεδομένα. Στα δεξιά: Μια εικόνα με βλάβη του δέρματος

Κατά την διάρκεια της αξιολόγησης, εφαρμόσαμε μια σειρά από διαφορετικούς αλγορίθμους ταξινόμησης που είναι ενσωματωμένοι στο εργαλείο WEKA. Η ακρίβεια (%) στις σωστές ταξινομήσεις, το True Positive Rates (TPR), το False Positive Τιμές (FPR) και η περιοχή κάτω από την καμπύλη ROC (AUC) διατέθηκαν ως μετρικές στην αξιολόγηση μας. Το πρώτο πείραμα περιλαμβάνει την αξιολόγηση των αλγορίθμων που χαρακτηρίζουν τα μελανώματα

έναντι των δυσπλαστικών και μη-δυσπλαστικών (δηλαδή καλοήθεις) αλλοιώσεων του δέρματος. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

	A (%)	TPR	FPR	AUC
Bayes Networks	68.70	0.942	0.011	0.997
NBL	70.58	1.0	0.013	0.999
MLR	75.04	0.986	0.0	1.0
SVM	77.06	1.0	0.0	1.0
MultiLayer Perceptron	75.15	0.957	0.0	1.0
RBF Network	72.56	1.0	0.004	1.0
KStar	67.24	0.246	0.0	0.969
LWL	73.20	1.0	0.0	1.0
Classification via Regression	74.44	0.942	0.0	1.0
NBTree	71.98	0.681	0.02	0.986
CART	73.50	1.0	0.0	1.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 . ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΤΟΥΣ ΣΕ ΜΕΛΑΝΟΚΥΤΤΑΡΑ, ΔΥΣΠΛΑΣΤΙΚΕΣ Η ΜΗ-ΔΥΣΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

Όπως αναφέρεται στο πείραμα αυτό, ο SVM αλγόριθμος αποδίδει καλύτερα στον εντοπισμό των αλλοιώσεων του δέρματος μεταξύ των μελανωμάτων, των δυσπλαστικών και των μη δυσπλαστικών σπύλων με μέση ακρίβεια 77.06%.

Το δεύτερο πείραμα περιλαμβάνει την διάκριση μεταξύ των μελανωμάτων και των καλοήθων περιοχών. Στην παρούσα υπόθεση, πολλοί ταξινομητές (π.χ., SVM, CART, κλπ) κατάφεραν να εντοπίσουν σωστά τις μελανοκυτταρικές περιοχές του δέρματος με 85-90% ακρίβεια. Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ελπιδοφόρα και αποδεικνύουν τη σκοπιμότητα του προτεινόμενου συστήματος ως ένα απομακρυσμένο και έγκαιρο τρόπο διάγνωσης για τον καρκίνο του δέρματος.

Μετά το τέλος της αξιολόγησης, έγινε η επιλογή του κατάλληλου ταξινομητή από το σύνολο των προαναφερθέντων με βάση την αποτελεσματικότητα του (π.χ., SVM). Ως συνέπεια της επιλογής αυτής, έγινε αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος. Το μοντέλο εκπαίδευσης που αναπτύχθηκε στην πλευρά της Cloud υποδομής και οι διάφορες δερματολογικές εικόνες χρησιμοποιήθηκαν από την εφαρμογή. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τα αποτελέσματα σχετικά με το χρόνο που χρειάζεται για να εκτελέσει η εφαρμογή την ανάλυση των εκάστοτε εικόνων με τη χρήση των WiFi και 3G δικτύων αλλά και το χρονικό διάστημα για την επεξεργασία και ταξινόμηση των εικόνων αυτών στη συσκευή. Το TR αντιστοιχεί στο συνολικό χρόνο που χρειάζεται η επεξεργασία της εικόνας και η φόρτωση της μαζί με τα βασικά στοιχεία της στην υπηρεσία Cloud. Το TPL αντιπροσωπεύει το χρόνο που απαιτείται για την εκτέλεση της κατάτμησης εικόνας και την εξαγωγή των χαρακτηριστικών

στο τηλέφωνο. Τέλος, το TCL αντιστοιχεί στο χρόνο κατάταξης στο τηλέφωνο και το TL με το χρόνο επεξεργασίας στη συσκευή (TL = + TCL TPL), όταν και η εξαγωγή των χαρακτηριστικών και η ταξινόμηση πραγματοποιούνται σε τοπικό επίπεδο.

Image Resolution / Network Type	T _R	T _{PL}	T _{CL}	T _L
400x300 (WiFi)	3.57	3.1	1.328	4.43
400x300 (3G)	4.08	3.1	1.328	4.43
521x437 (WiFi)	4.13	3.6	1.328	4.93
521x437 (3G)	4.21	3.6	1.328	4.93
640x960 (WiFi)	5.35	4.2	1.328	5.52
640x960 (3G)	5.45	4.2	1.328	5.52

Πίνακας 3. Παρουσίαση χρόνων κατά την επεξεργασία και ταξινόμηση

Ο συνολικός χρόνος απόκρισης δεν επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του δικτύου. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο χρόνο εξαγωγής των χαρακτηριστικών επηρεάζεται από την ανάλυση της εικόνας και επί των πλείστον είναι ελαφρώς πιο αργή, όταν εκτελείται από τη συσκευή έναντι όταν τα αποτελέσματα ανακτώνται από το Cloud υποδομή. Σε γενικές γραμμές η απόδοση του συστήματος θεωρείται ικανοποιητική για μια mobile εφαρμογή.

Επιπλέον, το σύστημα αξιολογήθηκε από ένα μικρό αριθμό χρηστών (10) για να δοκιμαστεί η ευχρηστία και η αποτελεσματικότητά του. Το Mean Opinion Score (MOS) υπολογίστηκε από τις απαντήσεις τους. Η δυνατότητα χρήσης της εφαρμογής (από την άποψη της ευχρηστίας) σημείωσε score 75%, ενώ η αποτελεσματικότητά 80%. Οι χρήστες εντόπισαν δύο κύρια ζητήματα που χρειάζονται άμεση βελτίωση: η καταχώρηση των συμπραζόμενων δεδομένων και η δυσκολία σε ορισμένες περιπτώσεις, να ανακτήσουν τις εικόνες της αρεσκείας τους με την κατάλληλη ποιότητα. Και τα δύο ζητήματα μπορούν να επιλυθούν με τη χρήση επιπρόσθετου εξοπλισμού (π.χ., tablet PC) ή καλύτερη ανάλυση της συσκευής της κάμερας.

Συμπεράσματα και Μελλοντική εργασία

Η διαφοροποίηση της έγκαιρης ανίχνευσης του μελανώματος από άλλες καλοήθειες βλάβες του δέρματος δεν είναι ένα εύκολο έργο, ακόμη και για τους έμπειρους δερματολόγους [3]. Από την άλλη πλευρά, η έγκαιρη διάγνωση του καρκίνου του δέρματος έχει ζωτικής σημασίας βαρύτητα για το αποτέλεσμα της θεραπευτικής διαδικασίας και θέτει την βάση για τη μείωση των ποσοστών θνησιμότητας. Αυτή η διπλωματική εργασία παρουσιάζει την δουλειά μας πάνω σε ένα σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα για να εξάγει μια αρχική εκτίμηση το πόσο σοβαρό και επικίνδυνο είναι μια αντίστοιχη βλάβη του δέρματος. Το σύστημα ταξινομεί τις εικόνες του δέρματος που ανακτήθηκαν από ένα κινητό τηλέφωνο σε μελάνωμα, σε δυσπλαστικούς σπίλους και κοινούς (καλοήθους) σπίλους. Το πεδίο εφαρμογής είναι να προσδιοριστούν οι πιθανές και πρώιμες περιπτώσεις ενός μελανώματος και παράλληλα να παροτρύνει τους χρήστες να επισκεφθούν έναν έμπειρο γιατρό κάθε φορά που εντοπίζεται μια πιθανή επικίνδυνη βλάβη.

Οι εφαρμογές αυτές, αν και τα αποτελέσματα τους δεν είναι πάντοτε πολύ αξιόπιστα, έχουν αποδείξει την αξία τους ως απλά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν την επικινδυνότητα των δερματικών παθήσεων. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί πως ένας σημαντικός αριθμός των χρηστών σε όλον τον κόσμο χρησιμοποιεί ήδη τέτοιες εφαρμογές. Η αναμενόμενη βελτίωση των «έξυπνων» τηλεφώνων, από θέμα δυνατοτήτων, στο εγγύς μέλλον θα αυξήσει την ακρίβεια και θα επιτρέψει την καλύτερη λειτουργικότητα αυτών των εφαρμογών. Για παράδειγμα, οι δυνατότητες λήψης μιας εικόνας αναμένονται να βελτιωθούν σημαντικά με την εισαγωγή των νέων chip CMOS που υποστηρίζουν ακόμα υψηλότερη ανάλυση και καλύτερη εστίαση από την ήδη υπάρχουσα τεχνολογία. Επίσης, η εισαγωγή των καλύτερων και πιο ρυθμιζόμενων φακών πάνω στην εικόνα θα επιτρέψει την ενίσχυση της ανάλυσης και της επεξεργασίας των ψηφιακών δερματολογικών εικόνων. Η ως τώρα, λήψη των αντίστοιχων φωτογραφιών σε μη-οπτικό φάσμα είναι μια πρόκληση που πρέπει να διερευνηθεί και να αντιμετωπιστεί. Οι επεξεργαστές των κινητών τηλεφώνων όσο περνάει ο καιρός θα γίνονται όλο και καλύτεροι σε απόδοση με αποτέλεσμα στο εγγύς μέλλον να επιτραπεί η φορητότητα ακόμα πιο πολύπλοκων αλγορίθμων, όπως η μέθοδος Menzies που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2. Επιπλέον, μια σημαντική πρόκληση είναι η δημιουργία ενός αποδεκτού πρότυπου (όπως το πρότυπο DICOM) που θα περιγράφει τις σωστές προϋποθέσεις για την λήψη μιας εικόνας (συνθήκες φωτισμού, απόσταση από τον φακό, κ.τ.λ.) αλλά και την μορφοποίηση της. Επιπλέον, θα μπορεί σε ένα μεταγενέστερο στάδιο, να καθορίζει τη διαδικασία της αποθήκευσης των εικόνων αυτών σε βάσεις δεδομένων και παράλληλα την διασύνδεση με τα συστήματα του Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας (EHRs), όπως και το πρότυπο HL7 για τα ιατρικά δεδομένα.

Δημοσιεύσεις

- Doukas, C., Stagkopoulos, P., Kiranoudis, C.T., Maglogiannis, I. Automated skin lesion assessment using mobile technologies and cloud platforms (2012) Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, art. no. 6346458, pp. 2444-2447.
- Doukas, C., Stagkopoulos, C.T., Maglogiannis, I. Skin lesions Image Analysis Utilizing Smart Phones and Cloud Platforms Mobile Health Technologies Methods and Protocols Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1256 Rasooly, Avraham, Herold, Keith (Eds.) Springer 2015

Βιβλιογραφία

- [1] Marks R. “Epidemiology of melanoma”. *Clin. Exp. Dermatol.* vol. 25, pp.459–63, 2000.
- [2] Ultraviolet radiation and the INTERSUN Programme, source: World Health Organization, <http://www.who.int/uv/faq/skincancer/en/>.
- [3] Stern, RS. Prevalence of a history of skin cancer in 2007: results of an incidence-based model. *Arch Dermatol* 2010; 146(3):279-282.
- [4] Rogers, HW, Weinstock, MA, Harris, AR, et al. Incidence estimate of nonmelanoma skin cancer in the United States, 2006. *Arch Dermatol* 2010; 146(3):283-287.
- [5] Reed KB, Brewer JD, Lohse CM, Bringe KE, Pruitt CN, Gibson LE. Increasing Incidence of Melanoma Among Young Adults: An Epidemiological Study in Olmsted County, Minnesota. *Mayo Clinic Proceedings* 2012; 87(4):328-334.
- [6] American Cancer Society. Cancer Facts & Figures 2013. <http://www.cancer.org/acs/groups/content/@epidemiologysurveillance/documents/document/acspc-036845.pdf>. Accessed August 31, 2013.
- [7] Pariser R.J. and Pariser D.M., “Primary care physicians errors in handling cutaneous disorders”, *J. Am. Acad. Dermatol*, vol. 17, pp. 239-245, 1987.
- [8] Ilias Maglogiannis, Charalampos Doukas, “Overview of Advanced Computer Vision Systems for Skin Lesions Characterization”, in *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 2009 Sep;13(5):721-33.
- [9] Giuseppe Argenziano et al, “Dermoscopy of pigmented skin lesions: Results of a consensus meeting via the Internet”, *J. AM. ACAD. DERMATOL*, vol. 48, no. 5, p. 680-693, 2003
- [10] G. Argenziano, G. Fabbrocini, P. Carli, V. De Giorgi, E. Sammarco, M. Delfino, “Epiluminescence microscopy for the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions. Comparison of the ABCD rule of dermoscopy and a new 7-point checklist based on pattern analysis”, *Arch. Dermatol.* vol134 (12), pp. 1563-1570, 1998.
- [11] G. Betta, G. Di Leo, G. Fabbrocini, A. Paolillo, M. Scalvenzi, “Automated Application of the “7-point checklist” Diagnosis Method for Skin Lesions: Estimation of Chromatic and Shape Parameters”, *IMTC 2005 – Instrumentation and Measurement Technology Conference*, May 2005.
- [12] L.L. Leape, Error in medicine, *J. Am. Med. Assoc.* 272 (1994) 1851—1857.
- [13] J.T. Reason, *Human Error*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- [14] George Reese, *Cloud Application Architectures: Building Applications and Infrastructure in the Cloud*, O'Reilly Media, Paperback (April 17, 2009), ISBN: 0596156367.
- [15] GoGrid Storage Services, <http://www.gogrid.com>
- [16] iCloud, <http://www.icloud>
- [17] Amazon Web Services (AWS), <http://aws.amazon.com/>

- [18] DropBox, <https://www.dropbox.com>
- [19] I. Maglogiannis, "Automated Segmentation and Registration of Dermatological Images" *Journal of Mathematical Modeling and Algorithms*, vol. 2 pp. 277-294, 2003.
- [20] I. Maglogiannis, S. Pavlopoulos, D. Koutsouris: "An Integrated Computer Supported Acquisition, Handling and Characterization System for Pigmented Skin Lesions in Dermatological Images", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 9, Issue 1, pp/ 86-98, March 2005
- [21] Cesare Massone, Alexandra M.G. Brunasso, Terri M. Campbell, H. Peter Soyer, Mobile Teledermoscopy—Melanoma Diagnosis by One Click?, *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, Volume 28, Issue 3, September 2009, Pages 203-205, ISSN 1085-5629
- [22] The Jelastic Cloud provider, <http://www.jelastic.com>
- [23] AlShahwan F., Moessner K., Carrez F., "Distributing resource intensive mobile web services," *Innovations in Information Technology (IIT)*, 2011 International Conference on, pp.41-46, 25-27 April 2011.
- [24] Mark Hall, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann, Ian H. Witten (2009); *The WEKA Data Mining Software: An Update*; *SIGKDD Explorations*, Volume 11, Issue 1.
- [25] Doukas, C., Stagkopoulos, P., Kiranoudis, C.T., Maglogiannis, I. Automated skin lesion assessment using mobile technologies and cloud platforms (2012) *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, art. no. 6346458, pp. 2444-2447.
- [26] Maragoudakis, M., Maglogiannis, I. A medical ontology for intelligent web-based skin lesions image retrieval (2011) *Health Informatics Journal*, 17 (2), pp. 140-157.
- [27] Maglogiannis, I. Design and implementation of a calibrated store and forward imaging system for teledermatology (2004) *Journal of Medical Systems*, 28 (5), pp. 455-467.

