



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Επεξεργασία Ιατρικών Δεδομένων και Απεικόνιση Χρησιμοποιώντας Απομακρυσμένο Διακομιστή και Τεχνολογίες Διαδικτύου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχάλης Η. Ηλιοδώρου

Επιβλέπων: Γεώργιος Ματσόπουλος
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Επεξεργασία Ιατρικών Δεδομένων και Απεικόνιση Χρησιμοποιώντας Απομακρυσμένο Διακομιστή και Τεχνολογίες Διαδικτύου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχάλης Η. Ηλιοδώρου

Επιβλέπων: Γεώργιος Ματσόπουλος

Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 27^η Ιουνίου 2016.

.....
Γ. Ματσόπουλος
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ν. Ουζούνογλου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δ. Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2016

.....

Μιχάλης Η. Ηλιοδώρου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μιχάλης Ηλιοδώρου, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες, η εξέλιξη της τεχνολογίας και δη της διαδικτυακής οδήγησε σε σημαντικά άλματα στον κλάδο της Βιοϊατρικής Τεχνολογίας διευρύνοντας το φάσμα των δυνατοτήτων που παρέχονται στους ιατρούς-επιστήμονες. Σε μια ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογική εποχή, όπως η σημερινή, η χρήση διαδικτυακών εφαρμογών διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο στους τομείς της Ιατρικής που έχουν ως κύριο αντικείμενο τη διάγνωση και τη θεραπεία.

Οι σύγχρονες απεικονιστικές μέθοδοι είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τον κλάδο της Βιοϊατρικής Τεχνολογίας ενώ παράλληλα η χρήση των διαδικτυακών τεχνολογιών αποτελεί ένα χρήσιμο διαγνωστικό εργαλείο για την επεξεργασία ιατρικών δεδομένων τα οποία συλλέγονται από ασθενείς. Η πληθώρα υπολογιστικών αλγορίθμων που εφαρμόζονται προσφέροντας μεγάλη επεξεργαστική ακρίβεια κατέστησαν τη διαγνωστική διαδικασία πιο αποδοτική.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται η μεθοδολογία υλοποίησης μιας διαδικτυακής εφαρμογής και μιας εφαρμογής για συσκευές Android οι οποίες εφαρμόζουν τη μέθοδο ευθυγράμμισης σε δισδιάστατες οδοντιατρικές ακτινογραφίες με τη χρήση απομακρυσμένου διακομιστή. Πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή των αλγορίθμων που συνιστούν τη μέθοδο ευθυγράμμισης και αναπτύσσεται ο καθοριστικός της ρόλος στον τομέα της Ιατρικής και Οδοντιατρικής. Γίνεται περιληπτική ανασκόπηση των τεχνολογιών που συμβάλουν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της διεπαφής χρήστη η οποία κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα καθορισμού των επιθυμητών εικόνων προς ευθυγράμμιση και των εσωτερικών παραμέτρων του αλγορίθμου.

Στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, γίνεται μια ολοκληρωμένη παρουσίαση των εργαλείων και των ολοκληρωμένων περιβαλλόντων ανάπτυξης που χρησιμοποιούνται ενώ αναπτύσσεται η τεχνολογία Servlet που καθιστά δυνατή την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ χρήστη και διακομιστή.

Λέξεις Κλειδιά

Απομακρυσμένος Διακομιστής, NetBeans, Glassfish Διακομιστής, Εφαρμογή Android, Διαδικτυακή Εφαρμογή, Ευθυγράμμιση, Servlet.

Abstract

In recent decades, the evolution of technology and particularly the Internet technology has led to significant strides in the sector of Biomedical Engineering by broadening the range of opportunities available to physicians-scientists. During this rapidly growing technological era, the use of web applications plays an important role in the fields of medicine whose primary objectives are diagnosis and treatment.

Modern imaging methods are inextricably linked with the sector of Biomedical Technology while the use of online technologies can provide a useful diagnostic tool for processing huge amounts of patients' medical data. The multitude of computational algorithms that can be applied, offering high processing accuracy, have made diagnostic procedures more efficient.

This thesis describes the methodology of developing a web application and an application for Android devices that implement the alignment method to two-dimensional dental X-ray images using a remote server. It includes a brief description of the algorithms that consist the alignment method and explains their decisive role in the field of Medicine and Dentistry. Through a brief review of all the technologies, which can contribute to the design and implementation of the user interface, we demonstrate the construction we have achieved that gives the user the possibility of selecting the images of his choice and setting the internal parameters to customize the algorithm as he pleases.

The content of this thesis also includes a presentation of every tool and integrated development environment that have taken place and a description on how the Servlet's contributions can enable data exchange between the user and the server.

Key Words

Remote Server, Netbeans, Glassfish Server, Android Application, Web Application, Alignment, Servlet.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω ειλικρινά τον Αναπληρωτή Καθηγητή της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ κ. Γεώργιο Ματσόπουλο, αφενός για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αλλά και για τη χωρίς φειδώ χρόνου πολύτιμη βοήθειά του ως προς την επίβλεψη αυτής, την καθοδήγηση και το συνεχές ενδιαφέρον του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να απευθύνω στο Διδάκτορα κ. Θεόδωρο Οικονομόπουλο, που με την άριστη επιστημονική κατάρτισή του στάθηκε πολύτιμος βοηθός και σύμβουλος καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας με τις παρατηρήσεις, τα σχόλια και τις παρεμβάσεις του και πάνω απ' όλα για την ενθάρρυνση που μου προσέφερε.

Θεωρώ τον εαυτό μου πραγματικά τυχερό που είχα την ευκαιρία να συνεργαστώ με τους προαναφερθέντες επιστήμονες.

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----|
| Περίληψη | i |
| Abstract..... | ii |
| Ευχαριστίες..... | iii |
| Περιεχόμενα | v |
| Κατάλογος Εικόνων..... | vii |
| 1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| 1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας | 1 |
| 1.2 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας | 2 |
| 2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ..... | 3 |
| 2.1 Σκοπός Κεφαλαίου | 3 |
| 2.2 Βιοϊατρικές Εφαρμογές..... | 4 |
| 2.2.1 Τηλεϊατρική..... | 4 |
| 2.2.2 Διαθέσιμες Βιοϊατρικές Εφαρμογές στην αγορά | 5 |
| 2.3 Τεχνολογίες για την υλοποίησης εφαρμογών..... | 13 |
| 2.3.1 Ο ρόλος των web applications και ο τρόπος λειτουργίας τους..... | 13 |
| 2.3.2 Back-end γλώσσες προγραμματισμού για υλοποίηση web applications | 14 |
| 2.3.2.1 Java..... | 15 |
| 2.3.2.2 Python | 16 |
| 2.3.2.3 C ++ | 16 |
| 2.3.2.4 PHP | 17 |
| 2.3.3 Εργαλεία κατασκευής web application και front-end γλώσσες προγραμματισμού..... | 17 |
| 2.3.3.1 HTML - HyperText Markup Language | 18 |
| 2.3.3.2 JavaScript | 18 |
| 2.3.3.3 Cascading Style Sheets..... | 19 |
| 2.3.3.4 XML –Extensible Markup Language | 19 |
| 2.3.4 Πλατφόρμες και Ολοκληρωμένα Περιβάλλοντα Ανάπτυξης(IDE) | 19 |
| 2.3.5 Διακομιστές (Servers) | 21 |
| 2.3.5.1 Επεξεργασία Προγράμματος-Πελάτη (Client-Side Processing) | 21 |
| 2.3.5.2 Επεξεργασία Προγράμματος-Server (Server-Side Processing)..... | 21 |
| 2.3.5.3 Συνολική λειτουργία του Web Server..... | 21 |
| 2.3.6 Βάσεις Δεδομένων | 22 |

| | | |
|-------------------------|--|----|
| 3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ | ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΓΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ..... | 23 |
| 3.1 | Σκοπός του κεφαλαίου | 23 |
| 3.2 | Μέθοδοι Ευθυγράμμισης (Alignment Methods)..... | 23 |
| 3.2.1 | Τεχνική Ευθυγράμμισης Δεδομένων | 24 |
| 3.2.1.1 | Γεωμετρικός Μετασχηματισμός (Transformation)..... | 26 |
| 3.2.1.2 | Διαδικασίες Βελτιστοποίησης (Optimization) | 28 |
| 3.2.1.3 | Μέτρο της Αντιστοίχισης (Measure of Match) | 30 |
| 3.2.1.4 | Interpolation (Παρεμβολή)..... | 31 |
| 3.2.3 | Εσωτερικές παράμετροι και εκτέλεση του προγράμματος..... | 32 |
| 3.3 | Τεχνολογίες Υλοποίησης του Web-based Application | 34 |
| 3.3.1 | NetBeans IDE..... | 34 |
| 3.3.2 | Glassfish Server | 36 |
| 3.3.3 | Java SE 8..... | 37 |
| 3.3.4 | Servlet | 37 |
| 3.3.5 | Web services | 41 |
| 3.3.6 | JavaScript και jQuery | 42 |
| 3.3.7 | Android Studio | 43 |
| 4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ | ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ | 47 |
| 4.1 | Σκοπός του Κεφαλαίου | 47 |
| 4.2 | Υλοποίηση και Αποτελέσματα..... | 47 |
| 4.2.1 | Web Application..... | 47 |
| 4.2.2 | Android application..... | 59 |
| 5 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ | 63 |
| 5.1 | Συμπεράσματα..... | 63 |
| 5.2 | Μελλοντικές επεκτάσεις..... | 64 |
| | Βιβλιογραφία | 67 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 2. 1: Interface εφαρμογής Eprocrates | 6 |
| Εικόνα 2. 2: Αρχική σελίδα Medscape | 7 |
| Εικόνα 2.3: Η διαδικασία της εφαρμογής DrawMD με τη σειρά (Επιλογή Φόντου, Επεξεργασία εικόνας, Αποστολή μέσω email) | 8 |
| Εικόνα 2. 5: Αποτελέσματα και παροχή βοήθειας διάγνωσης - εφαρμογή Calculate by QxMD..... | 9 |
| Εικόνα 2.4: Επιλογή από εκατοντάδες ειδικότητες -εφαρμογή Calculate by QxMD | 9 |
| Εικόνα 2.6: Δείγματα εικόνων της λειτουργίας της εφαρμογής Radiology 2.0..... | 10 |
| Εικόνα 2.7: Το αποτέλεσμα ενός fusion εικόνων του πνεύμονα στη προσομοιωτή MIM..... | 11 |
| Εικόνα 2.8: Εφαρμογή Figure 1 σε συσκευές Android και iPhone | 12 |
| Εικόνα 2.9: Απεικονίζεται η μεγάλη ποικιλία συσκευών που υποστηρίζει την πλατφόρμα του ResolutionMD..... | 13 |
| | |
| Εικόνα 3.1: Λογικό διάγραμμα..... | 25 |
| Εικόνα 3.2: Μετατόπιση εικόνας ως προς τους άξονες x,y με μετασχηματισμό Translation | 27 |
| Εικόνα 3.3: Τρόπος εκτέλεσης προγράμματος στο Terminal με τις εσωτερικές του παραμέτρους | 33 |
| Εικόνα 3.4: Εύκολη και γρήγορη επεξεργασία κώδικα με το NetBeans IDE | 35 |
| Εικόνα 3.5: Εύκολη και αποτελεσματική διαχείριση του project με το NetBeans IDE..... | 36 |
| Εικόνα 3.6: Επικοινωνία πελάτη-διακομιστή με τη βοήθεια του πρωτόκολλου HTTP | 38 |
| Εικόνα 3.7: Η βελτίωση στο τρόπο διαχείρισης του ίδιου αριθμού αιτημάτων και η μείωση φόρτου στον επεξεργαστή με τη χρήση multi-threading εξαιτίας της μετάβασης από CGI σε Servlets. | 39 |
| Εικόνα 3.8: Ο κύκλος ζωής της συνολικής διαδικασίας ενός Servlet | 40 |
| | |
| Εικόνα 4.1: Πρώτη ιστοσελίδα της εφαρμογής για την επιλογή παραμέτρων | 47 |
| Εικόνα 4.2: Δεύτερη ιστοσελίδα της εφαρμογής για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων..... | 48 |
| Εικόνα 4.3: Το NetBeans IDE στο οποίο εργαστήκαμε..... | 49 |
| Εικόνα 4.4: Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου διακομιστή Glassfish κατά την εκτέλεση του προγράμματος μας..... | 49 |
| Εικόνα 4.5: Λίστα που περιέχει τις εικόνες για να επιλεχθούν οι reference και float εικόνες | 50 |
| Εικόνα 4.6: Επιλεγμένες εικόνες reference και float | 51 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 4.7: Μήνυμα σφάλματος όταν δεν επιλέχθηκαν εικόνες και ως <i>reference</i> ως <i>float</i> | 52 |
| Εικόνα 4.8: Επιλογή τεχνικής για τη μέθοδο γεωμετρικού μετασχηματισμού | 53 |
| Εικόνα 4.9: Επιλογή τεχνικής για τη διαδικασία βελτιστοποίησης..... | 53 |
| Εικόνα 4.10: Επιλογή τεχνικής για τη μέθοδο μέτρου αντιστοιχίας | 53 |
| Εικόνα 4.11: Επιλογή τεχνικής για τη μέθοδο παρεμβολής..... | 54 |
| Εικόνα 4.12: Στοιχεία με τα οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης για την επιλογή τεχνικών..... | 54 |
| Εικόνα 4.13: Διεύθυνση η οποία περιέχει τις τιμές των παραμέτρων με τις οποίες θα εκτελεστεί το πρόγραμμα ευθυγράμμισης..... | 55 |
| Εικόνα 4.14: Παρουσιάζεται η ευθυγραμμισμένη εικόνα της <i>float</i> η οποία μετακινήθηκε | 56 |
| Εικόνα 4.15: Σύντηξη (<i>fusion</i>) <i>reference</i> και <i>float</i> εικόνων πριν και μετά τη διαδικασία ευθυγράμμισης .. | 56 |
| Εικόνα 4.16: Αποτελέσματα του μέτρου αντιστοιχίας (<i>measure of match</i>) πριν και μετά τη διαδικασία... | 57 |
| Εικόνα 4.17: Πίνακας μετασχηματισμού με <i>Affine</i> | 57 |
| Εικόνα 4.18: Πίνακας μετασχηματισμού με <i>Translation</i> | 57 |
| Εικόνα 4.19: Πίνακας μετασχηματισμού με <i>Rigid</i> | 57 |
| Εικόνα 4.20: Πίνακας μετασχηματισμού με <i>Similarity</i> | 58 |
| Εικόνα 4.21: Εμφάνιση σελίδας στο μέγεθος κάθετης οθόνης <i>tablet</i> | 59 |
| Εικόνα 4.22: Εμφάνιση σελίδας στο μέγεθος οθόνης κινητής συσκευής..... | 60 |
| Εικόνα 4.23: Εικονίδιο εφαρμογής <i>Android</i> | 61 |

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Οι σύγχρονες διαγνωστικές διαδικασίες συνδέονται στενά με τη χρήση της Βιοιατρικής τεχνολογίας και παράλληλα η χρήση τεχνολογιών διαδικτύου μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο διαγνωστικό εργαλείο για την επεξεργασία ιατρικών δεδομένων τα οποία έχουν συλλεχθεί από τον ασθενή και αναπαριστούν την κατάσταση του. Αυτό οδήγησε στην εξάπλωση της χρήσης τεχνολογιών διαδικτύου για την επεξεργασία μεγάλου αριθμού και μεγέθους δεδομένων. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την εφαρμογή εξελιγμένων τεχνικών επεξεργασίας δεδομένων σε απομακρυσμένα υπολογιστικά συστήματα.

Με την ανάπτυξη της κατάλληλης υποδομής επιτρέπεται η διασύνδεση των απομακρυσμένων αυτών συστημάτων με φορητές συσκευές περιορισμένης υπολογιστικής ισχύος (laptops, smartphones, tablets). Η παραπάνω υποδομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία ιατρικών δεδομένων έτσι ώστε να είναι εφικτή η εφαρμογή πολύπλοκων αλγορίθμων σε δεδομένα μεγάλου μεγέθους, όπως για παράδειγμα δισδιάστατες (2Δ) και τρισδιάστατες (3Δ) Ακτινογραφίες καθώς και Αξονικές/Μαγνητικές Τομογραφίες (CT/MRI).

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία θα υλοποιηθεί κατάλληλη υποδομή απομακρυσμένου διακομιστή Glassfish για τη δημιουργία μιας διαδικτυακής εφαρμογής (web application), καθώς επίσης και μιας εφαρμογής για συσκευές Android για την ευθυγράμμιση 2Δ οδοντιατρικών ακτινογραφιών (dental X-rays). Πιο συγκεκριμένα θα γίνει σχεδιασμός κατάλληλης διεπαφής χρήστη με σκοπό να δίνεται στο χρήστη η επιλογή να προσδιορίζει τις εικόνες οδοντιατρικών ακτινογραφιών (dental X-rays) τις οποίες επιθυμεί να ευθυγραμμιστούν, καθώς επίσης και τις εσωτερικές παραμέτρους του αλγόριθμου. Οι ρυθμίσεις αυτές θα αποστέλλονται σε ένα απομακρυσμένο διακομιστή ο οποίος θα επεξεργάζεται τα δεδομένα χρησιμοποιώντας ήδη υλοποιημένους αλγόριθμους ευθυγράμμισης δισδιάστατων δεδομένων. Για την υλοποίηση των παραπάνω θα χρησιμοποιηθεί γλώσσα προγραμματισμού Java και JavaScript καθώς και τεχνολογίες HTML, CSS και web services.

1.2 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας

Στο **Κεφάλαιο 2** θα αναπτύξουμε το ρόλο της τεχνολογίας και συγκεκριμένα των διαδικτυακών εφαρμογών στο τομέα της Ιατρικής. Θα αναφερθούμε σε παραδείγματα επιτυχημένων εφαρμογών, εξηγώντας τις λειτουργίες τους και τη χρησιμότητά τους στους ιατρούς. Στη συνέχεια θα επικεντρωθούμε στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών, αναλύοντας τις σε πέντε βασικές κατηγορίες: Τις back-end και front-end γλώσσες προγραμματισμού, τις πλατφόρμες και ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης (IDE), τους διακομιστές εφαρμογών (Application Server) και τις βάσεις δεδομένων.

Στο **Κεφάλαιο 3** θα επικεντρωθούμε στο web application που υλοποιήσαμε εξηγώντας το σκοπό του, τον τρόπο λειτουργίας του και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν. Θα εξηγήσουμε τις εσωτερικές παραμέτρους του αλγόριθμου που αποτελούν τη μέθοδο ευθυγράμμισης και τις πολυάριθμες εφαρμογές της στον τομέα της Ιατρικής. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε όλες τις τεχνολογίες που έλαβαν μέρος για την κατασκευή της διαδικτυακής εφαρμογής και το πως συνέβαλαν στην όλη διαδικασία.

Στο **Κεφάλαιο 4** θα αναπτύξουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε για την υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής (web application), κάνοντας μια παράλληλη περιγραφή της λειτουργίας της εφαρμογής με την παρουσίαση της διεπαφής και των αποτελεσμάτων εξηγώντας τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία κάθε κομματιού. Στη συνέχεια μιλούμε και για την ανάπτυξη της εφαρμογής Android.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 5** περιέχονται όλα όσα επιτεύχθηκαν με την υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής αλλά κυρίως τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από όλη τη διπλωματική εργασία. Στη συνέχεια αναπτύσσονται ιδέες και τρόποι με τους οποίους μπορεί μελλοντικά να πραγματοποιηθεί επέκταση της παρούσας εφαρμογής ώστε να εκτελεί ακόμα περισσότερες λειτουργίες και να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για επεξεργασία ιατρικών δεδομένων, εξυπηρετώντας περισσότερους τομείς της Ιατρικής.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ

2.1 Σκοπός Κεφαλαίου

Η αλματώδης πρόοδος της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών αφήνει το στίγμα της σε πληθώρα τομέων της επιστήμης, ανάμεσα στους οποίους συγκαταλέγεται και η ιατρική. Καθημερινά, εισβάλλουν στη ζωή μας πολλές τεχνολογικές καινοτομίες, οι οποίες σε ένα μεγάλο ποσοστό αφορούν την ιατρική και εμφανίζονται με τη μορφή νέων θεραπευτικών προσεγγίσεων ασθενειών καθώς επίσης και σύγχρονων μεθόδων έγκαιρης διάγνωσης. Σε αυτές τις καινοτομίες συγκαταλέγονται τα ιατρικά πληροφοριακά συστήματα, τα οποία βοηθούν στην αποτελεσματική και λειτουργική αρχειοθέτηση του ιατρικού ιστορικού των ασθενών. Απώτερος σκοπός είναι η δημιουργία ενός συστήματος υγείας προς όφελος του πολίτη [1]. Κατά την υλοποίηση των προσπαθειών αυτών προέκυψε η ανάγκη επεξεργασίας τεράστιου μεγέθους αρχείων και εγκατάστασης συγκεκριμένων προγραμμάτων με μεγάλες απαιτήσεις σε υλικό (hardware) καθώς επίσης και σε αποθηκευτικούς χώρους δεδομένων. Αυτό ώθησε την τεχνολογία σε διαδικτυακές εφαρμογές που προσφέρουν στον χρήστη τη δυνατότητα να εκτελέσει απαιτητικά προγράμματα μέσω browser, χρησιμοποιώντας δεδομένα που βρίσκονται αποθηκευμένα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες (π.χ. cloud) και χρησιμοποιούν τους πόρους του υλικού ενός διακομιστή (server).

Η χρήση των κινητών συσκευών από επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης (ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό) έχει επηρεάσει πολλές πτυχές της κλινικής πρακτικής. Οι φορητές συσκευές αποτελούν πλέον κοινό τρόπο ρύθμισης και παρακολούθησης της υγειονομικής περίθαλψης, πράγμα που οδήγησε στην ταχεία ανάπτυξη των ιατρικών προγραμμάτων λογισμικού [2][3]. Πολλές εφαρμογές διατίθενται σε επαγγελματίες διευκολύνοντας έτσι σημαντικές εργασίες όπως:

- την παροχή πληροφοριών και την καλύτερη διαχείριση του χρόνου τους,
- τη συχνή ενημέρωση αρχείων υγείας,
- την πρόσβαση σε ειδικούς και παροχή συμβουλών από αυτούς,
- τη συλλογή αναφορών και πληροφόρησης συγκεκριμένων θεμάτων,
- την παρακολούθηση των ασθενών,
- τη λήψη κλινικών αποφάσεων και
- την ιατρική εκπαίδευση και πρακτική εξάσκηση [2]-[9].

Οι εφαρμογές λοιπόν αυτές με τη βοήθεια των κινητών συσκευών μπορούν να παρέχουν πολλά οφέλη στους επαγγελματίες γιατρούς, επιτυγχάνοντας τη λήψη ορθότερων κλινικών αποφάσεων και βελτιώνοντας τα τελικά αποτελέσματα του ασθενή κατά τη διάρκεια της περίθαλψης [3],[9]-[11]. Ωστόσο ορισμένοι γιατροί παραμένουν διστακτικοί στο να υιοθετήσουν τη χρήση τους [2][5]

υποστηρίζοντας ότι θα πρέπει να καθιερωθούν καλύτερα πρότυπα και πρακτικές επικύρωσης όσον αφορά τις ιατρικές ιστοσελίδες και εφαρμογές έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή χρήση και ενσωμάτωση αυτών των εργαλείων στην ιατρική [5],[9],[11],[12]. Εφόσον οι κατασκευαστές επιτύχουν τη βελτίωση στα επίπεδα ποιότητας, ασφάλειας και περιεχομένου των προϊόντων αυτών, η ζήτηση για αγορά λογισμικού, ιστοσελίδων και Android/iOS applications θα αυξηθεί αφού πλέον θα αναγνωρίζονται ως μια αξιόπιστη και ασφαλής πηγή [12].

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μία ανασκόπηση των ευρέως διαδεδομένων διαδικτυακών εφαρμογών στον κλάδο της Ιατρικής, καθώς και των τεχνολογικών εργαλείων με τα οποία υλοποιούνται οι εφαρμογές αυτές. Επίσης, θα γίνει αναφορά στη γνωστική κατάρτιση που πρέπει να διαθέτει ο κατασκευαστής της διαδικτυακής εφαρμογής (Web application) ώστε να δύναται να την υλοποιήσει όσο πιο αποδοτική και φιλική προς το χρήστη.

2.2 Βιοϊατρικές Εφαρμογές

2.2.1 Τηλεϊατρική

Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή του κεφαλαίου, η σημασία της τεχνολογίας στο κλάδο της ιατρικής είναι αξιοσημείωτη και έχει συμβάλει στη βελτίωση και επιτυχία θεραπευτικών διαδικασιών. Αυτό προκάλεσε έντονο ενδιαφέρον σε ερευνητικούς τομείς αλλά και σε εταιρείες κατασκευαστών ιστοσελίδων και ιατρικών μηχανημάτων (Johnson & Johnson, General Electrics, Medtronic Inc., Siemens AG κλπ.).

Η εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογιών, των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής με σκοπό να προσφέρει στους ασθενείς κλινική βοήθεια από απόσταση, ονομάζεται τηλεϊατρική. Στόχος της είναι να βοηθάει περισσότερο εκείνους που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές ή αυτούς που ο θεράπων ιατρός τους βρίσκεται σε άλλη περιοχή. Η χρήση των νέων τεχνολογιών επιτρέπει την εύκολη επικοινωνία του ιατρού με τον ασθενή μέσω της μετάδοσης ήχου και εικόνας [13].

Το αυξημένο ενδιαφέρον ανάπτυξης και εκτέλεσης ιατρικών μεθόδων με τη βοήθεια λογισμικού ώθησε τις εταιρείες αυτές στην απόκτηση περισσότερων προγραμματιστών και ηλεκτρολόγων μηχανικών ώστε να ολοκληρώσουν την υλοποίηση τέτοιων προϊόντων. Η εκτέλεση των μεθόδων μέσω λογισμικού είναι πάντα προτιμότερη (όταν αυτό καθίσταται δυνατό), εφόσον:

- το κόστος είναι χαμηλότερο και είναι πρακτικά πιο εύκολη η εγκατάσταση και συντήρηση από πλευράς κατασκευαστή και
- πιο εύκολη η χρήση από πλευράς ιατρού ή μερικές φορές του ασθενούς, αν το προϊόν προορίζεται για τη παρακολούθηση της κατάστασης του.

Αυτό με τη σειρά του είχε ως αποτέλεσμα να αναπτυχθούν πακέτα λογισμικά τα οποία σήμερα διατίθενται στο ευρύ κοινό είτε δωρεάν είτε με πληρωμή, όπου ο χρήστης μπορεί να τα κατεβάσει (download) μέσω του Διαδικτύου και να τα εγκαταστήσει (install) χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία.

Εξαιτίας της μεγαλύτερης απαίτησης σε θέματα χώρου δεδομένων και υλικού οι εταιρείες επικεντρώθηκαν στην ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών έτσι ώστε να προσφέρουν στο χρήστη τη δυνατότητα πρόσβασης στα δεδομένα που επιθυμεί να επεξεργαστεί, οποιαδήποτε στιγμή, από οποιαδήποτε συσκευή (φορητός υπολογιστής, κινητό, tablet) χωρίς να απαιτείται η εγκατάσταση απαιτητικού ή περίπλοκου λογισμικού.

Η τηλεδιάγνωση, είναι ο κύριος τομέας της διπλωματικής και αναφέρεται στην επεξεργασία ιατρικών εικόνων και άλλων δεδομένων του ασθενή με τη χρήση αλγορίθμων μεγάλης ακρίβειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται διαμοιρασμός πληροφορίας μεταξύ του γιατρού που εξετάζει ένα ασθενή και ενός ή περισσότερων ειδικών. Απώλεια πληροφοριών κατά την μετάδοση, όπως η αλλοιωμένη ποιότητα στην εικόνα, είναι απαγορευτική και επικίνδυνη, αφού μπορεί και να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα με επακόλουθο τη λανθασμένη λήψη αποφάσεων. Οι εφαρμογές της τηλεδιάγνωσης είναι εξαιρετικά χρήσιμες για την Ελλάδα καθώς η γεωγραφική της κατανομή απαιτεί σύγχρονους τρόπους πρόσβασης σε απομακρυσμένες και δύσβατες περιοχές που δεν διαθέτουν εξειδικευμένο ιατρικό προσωπικό. Η ταχύτητα και η βελτίωση που μπορεί να προσφέρει η τηλεδιάγνωση οδήγησε σε παγκόσμιο ενδιαφέρον για τις εφαρμογές αυτές [47].

Στην αγορά σήμερα, υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που κατασκευάστηκαν συγκεκριμένα για τον κλάδο αυτό και έχουν λάβει παγκόσμιες διαστάσεις. Στη συνέχεια θα αναπτύξουμε μερικές από αυτές οι οποίες χρησιμοποιούνται είτε για επεξεργασία είτε για ενημέρωση και απευθύνονται καθαρά σε εκπαιδευμένο ιατρικό προσωπικό.

2.2.2 Διαθέσιμες Βιοϊατρικές Εφαρμογές στην αγορά

Οι διαδικτυακές εφαρμογές και οι εφαρμογές κινητών, διευκολύνουν τη διαγνωστική εμπειρία των γιατρών και τους βοηθούν να καταλήξουν σε πιο έγκυρα συμπεράσματα. Μερικές από τις σημαντικότερες εφαρμογές που διατίθενται στο διαδίκτυο σήμερα και έχουν μεγάλη απήχηση στον επιστημονικό αλλά και πρακτικό τομέα της ιατρικής αναφέρονται πιο κάτω:

1) Eprocrates

Η εφαρμογή Eprocrates σχεδιάστηκε από την εταιρεία Eprocrates Inc. για κινητές συσκευές και διατίθεται σε λειτουργικό Android και iOS. Η λειτουργία της συμπεριλαμβάνει την παροχή πληροφοριών σε γιατρούς και άλλους επαγγελματίες υγείας σχετικά με τα διαθέσιμα φάρμακα καθώς επίσης και έλεγχο για τυχόν αλληλεπιδράσεις μεταξύ φαρμάκων [14]. Παράλληλα υπάρχει συνεχής ενημέρωση σχετικά με ανακοινώσεις προϊόντων και ιατρικών νέων (news feeds), αναζήτηση άρθρων σε περιοδικά ιατρικού περιεχομένου, καθώς και έναν οδηγό σχετικά με τους κωδικούς διάγνωσης που καθορίζονται από τη Διεθνή Στατιστική Ταξινόμηση Νόσων και Συναφών Προβλημάτων Υγείας (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, επίσης γνωστή ως International Classification of Diseases - ICD-9) και την

Current Procedural Terminology-CPT των ΗΠΑ [15]. Η εφαρμογή είναι ευρέως διαθέσιμη και δίνει επίσης την επιλογή ασφαλούς επικοινωνίας με ένα ή περισσότερους γιατρούς για συμβουλές ή επιβεβαίωση για τη διάγνωση. Στην πιο κάτω εικόνα παρουσιάζεται το interface της εφαρμογής και επεξηγούνται οι διάφορες λειτουργίες της.



Εικόνα 2. 1: Interface εφαρμογής Epocrates

2) Medscape

Η Medscape είναι μια εξατομικευμένη ιστοσελίδα η οποία προσφέρει σε ειδικούς, γιατρούς πρωτοβάθμιας περίθαλψης και άλλους επαγγελματίες υγείας μια ισχυρή και ολοκληρωμένη ιατρική πληροφόρηση του Διαδικτύου. Η εγγραφή στην ιστοσελίδα γίνεται δωρεάν για το πρώτο έτος και βάση αυτής, το περιεχόμενο των ενημερώσεων προσαρμόζεται αυτόματα ανάλογα με την ειδικότητα που ταιριάζει καλύτερα στο προφίλ του χρήστη.

Το περιεχόμενο του αναγνωρίζεται ως πρωτότυπο και επαγγελματικό και συμπεριλαμβάνει άρθρα ανασκόπησης, σχόλια εφημερίδων, στήλες από εμπειρογνώμονες, εκπαιδευτικά άρθρα για τους ασθενείς, κριτικές βιβλίων και άλλα πολλά. Συμπεριλαμβάνει επίσης σύννοψη βασικών στοιχείων από παρουσιάσεις μεγάλων ηγετών και πρωτοπόρων της ιατρικής επιστήμης από σημαντικές ιατρικές διασκέψεις.

Έχει κερδίσει τον τίτλο ως η πρώτη κύρια πηγή ιατρικού περιοδικού στο Διαδίκτυο (medical web journal) και χαρακτηρίζεται ως μια ιατρική ιστοσελίδα πλούσια σε περιεχόμενο, υψηλής ποιότητας και με ευρύ φάσμα θεμάτων [16].

Η δομή της είναι πρακτική και εύκολη στη χρήση, επιτυγχάνοντας έτσι μια ευχάριστη αλληλεπίδραση με τον αναγνώστη. Η διεπαφή προσφέρεται σε 5 διαφορετικές γλώσσες και παρουσιάζεται στην πιο κάτω εικόνα:

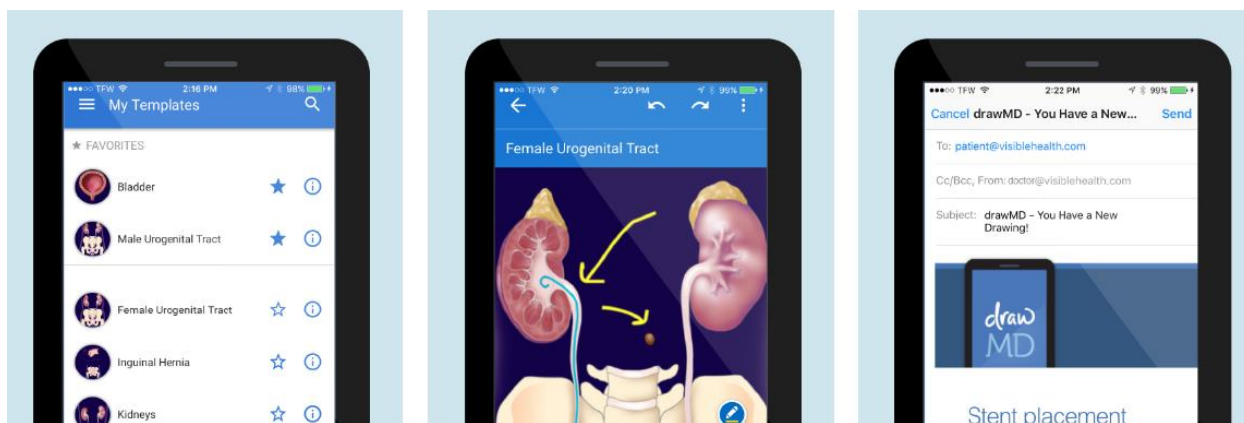
Εικόνα 2. 2: Αρχική σελίδα Medscape

3) DrawMD

Η εφαρμογή DrawMD έχει βρεί μεγάλη απήχηση σε ιδιώτες γιατρούς αλλά και κλινικές. Παρόλο που διατίθεται μόνο για iPad, η εταιρεία που την κατασκεύασε, visible health, έχει ανακοινώσει τη μετάβαση σε μια καινούρια έκδοση η οποία θα απευθύνεται επιπρόσθετα και σε iPhone, συσκευές Android, κινητά λειτουργικού Windows καθώς και πλατφόρμα/εφαρμογή για υπολογιστές (desktop) [17].

Η χρήση των οπτικών βοηθημάτων στις συνομιλίες με τον ασθενή είναι μια καθιερωμένη και δοκιμασμένη τεχνική και κύριος στόχος της είναι να βοηθήσει τους ασθενείς να κατανοήσουν τους όρους και τις διαδικασίες, να μειώσει το άγχος τους, και να αυξήσει την πιθανότητα συμμόρφωσης στη θεραπεία.

Η DrawMD δίνει τη δυνατότητα στο γιατρό να παρουσιάσει μέσω εικόνων την διαδικασία της επέμβασης που θα πραγματοποιήσει. Δίνεται η επιλογή ενός φόντου από ένα διαρκώς διευρυνόμενο φάσμα προτύπων επαγγελματικής σχεδίασης. Στη συνέχεια έχουν την ευχέρεια να προσαρμόσουν το σχέδιο για τον ασθενή με τη βοήθεια εργαλείων, ακόμα και να προσθέσουν σχόλια επεξήγησης. Ο γιατρός μπορεί να στείλει ακόμα και μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email) την εικόνα στον ασθενή ή απλά να την τυπώσει και να την παρουσιάσει [17]. Η εύκολη αυτή διαδικασία παρουσιάζεται στη ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 2.3: Η διαδικασία της εφαρμογής DrawMD με τη σειρά (Επιλογή Φόντου, Επεξεργασία εικόνας, Αποστολή μέσω email)

4) Doximity

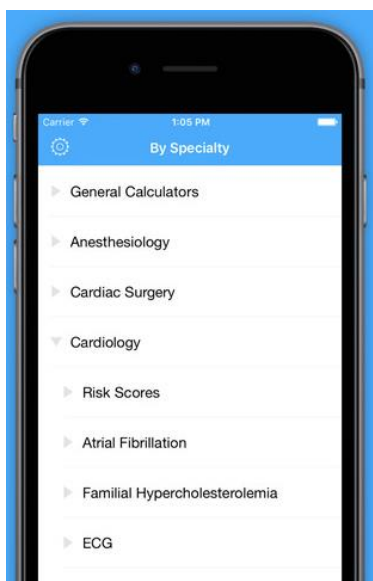
Το Doximity έχει λάβει τεράστιες διαστάσεις στις ΗΠΑ με περισσότερους από μισό εκατομμύριο εγγεγραμμένους επαγγελματίες της ιατρικής ενασχόλησης, φτάνοντας σχεδόν το 60% των γιατρών. Απευθύνεται μόνο σε γιατρούς και προσφέρει την μοναδική ευκαιρία σε αυτούς, ανάλογα με την ειδικότητα τους, να γνωριστούν διαδικτυακά και να κρατούν συνεχή επαφή μεταξύ τους. Εξαιτίας της μεγάλης συμμετοχής συγκαταλέγεται ως ένα από τα κορυφαία επαγγελματικά δίκτυα στην ιατρική. Ο λόγος της τεράστιας επιτυχίας του στις ΗΠΑ είναι η έγκριση ασφαλούς ανταλλαγής μηνυμάτων από τον οργανισμό HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) με αποτέλεσμα να μειωθούν πολλές από τις γραφειοκρατικές διαδικασίες που καθορίζει η κυβέρνηση των ΗΠΑ. Αυτό είναι σημαντικό αφού επιτρέπει στο γιατρό ακόμα και να υπογράψει κάτι διαδικτυακά και να το στείλει είτε στο γραφείο του είτε σε κάποιο άλλο ιατρείο μέσω τηλεμοιοτυπίας (fax) [18]. Παρέχει επίσης ενημερώσεις άρθρων από κορυφαίους ειδικούς στον αντίστοιχο τομέα του χρήστη δύο φορές το μήνα, με σκοπό να επιτυγχάνεται η Συνεχής Ιατρική Εκπαίδευση - Continuing Medical Educational (CME) κάτι το οποίο απαιτούν πολλές πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών από το ιατρικό προσωπικό έτσι ώστε να διατηρούν τις άδειες τους [19].

Αντίστοιχο ρόλο έχει και η ιστοσελίδα του UpToDate με εγγεγραμμένα μέλη πέραν του 1,1

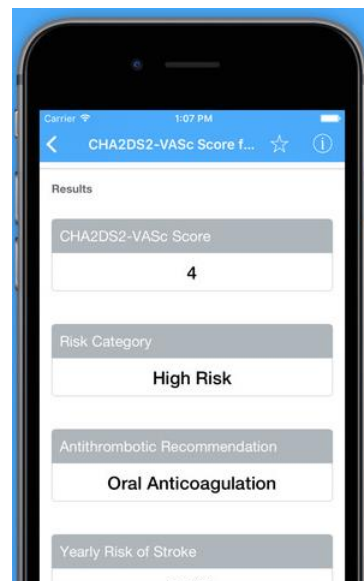
εκατομμύρια γιατρούς σε 180 χώρες και σχεδόν το 90% των πανεπιστημιακών ιατρικών κέντρων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η εμπιστοσύνη προς αυτήν δεν οφείλεται μόνο στο γεγονός της ακεραιότητας των συστάσεών της, αλλά και στο γεγονός ότι δεν δέχεται χρηματοδότηση από φαρμακευτικές εταιρείες, κατασκευαστές ιατρικών συσκευών ή άλλων εμπορικών φορέων [20].

5) QxMD

Η εταιρεία QxMD εκτός από την εφαρμογή Read by QxMD η οποία έχει γνωρίσει μεγάλη επιτυχία ως ενημερωτικό εργαλείο προώθησε και την εφαρμογή Calculate by QxMD. Διατίθεται σε όλα τα μεγάλα λειτουργικά κινητών συσκευών (Android, iOS, Windows) και αναπτύχθηκε με τη συνεργασία εμπειρογνομόνων από διαφορετικά υπόβαθρα. Παρέχει εργαλεία στους τομείς της καρδιολογίας, εσωτερικής παθολογίας, πρωτοβάθμιας φροντίδας, νεφρολογίας, αιματολογίας, γαστρεντερολογίας, επειγουσών περιστατικών (ER), ογκολογίας, ορθοπεδικής, εντατικής θεραπείας / ΜΕΘ, ακτινολογίας, ρευματολογίας, ψυχικής υγείας, νευρολογίας, παιδιατρικής, νευροχειρουργικής, γενικής χειρουργικής, αγγειοχειρουργικής, μαιευτικής και πολλών άλλων [21]. Η λειτουργία της είναι να μετατρέπει πρόσφατες ερευνητικές μελέτες, χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους που εμπεριέχονται σε αυτές σε υπολογιστικά εργαλεία. Προσαρμόζεται εύκολα σε οποιαδήποτε κλινική πρακτική συνδυάζοντας πάνω από 200 μοναδικές αριθμομηχανές και εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων [21]. Οι λειτουργίες της είναι πάρα πολλές για να αναφερθούν και συμπεριλαμβάνουν αλγόριθμους για καθορισμό πρόγνωσης, ταξινόμηση, βελτίωση θεραπείας, μείωση και πρόβλεψη εγχειρητικών επιπλοκών, διάγνωση, σωστή διαχείριση, παρουσίαση δεδομένων ασθενούς, καθορισμό βαθμού καρκίνου ανάλογα με το μέγεθος του όγκου και πολλά άλλα. Η απλή έκδοση της εφαρμογής είναι δωρεάν, υπάρχει όμως και μια εξελιγμένη έκδοση η οποία προσφέρει περισσότερους αλγόριθμους και επιλογές. Οι εικόνες πιο κάτω παρουσιάζουν λίγες από τις λειτουργίες της εφαρμογής και τη διεπαφή χρήστη (user interface).



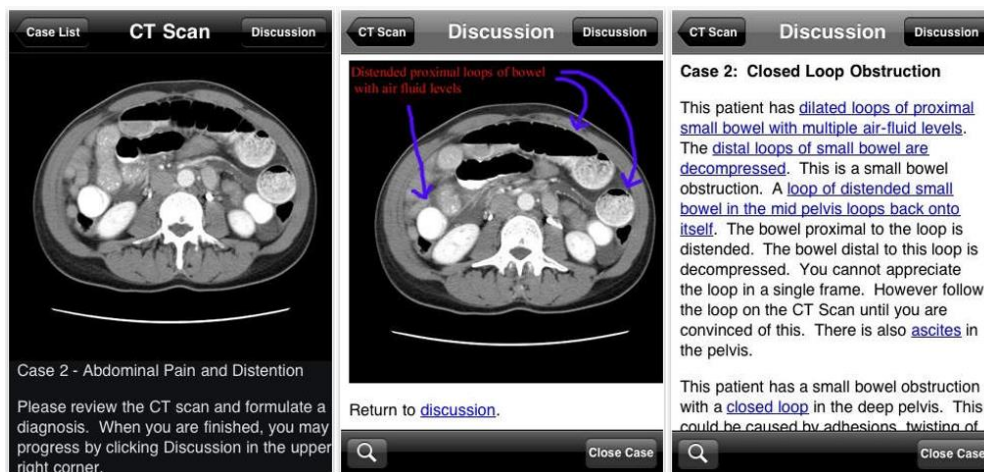
Εικόνα 2.5: Επιλογή από εκατοντάδες ειδικότητες -εφαρμογή Calculate by QxMD



Εικόνα 2. 4: Αποτελέσματα και παροχή βοήθειας διάγνωσης - εφαρμογή Calculate by QxMD

6) Radiology 2.0: One Night in the ED

Η εφαρμογή Radiology 2.0 κατασκευάστηκε ως εκπαιδευτικό εργαλείο και διατίθεται δωρεάν στο App Store για iPhone και iPad. Θεωρείται ένα από τα πιο καινοτόμα εκπαιδευτικά προϊόντα στον τομέα της Ακτινολογίας. Παρουσιάζει με μοναδικό τρόπο μια σειρά από περιπτώσεις που επιτρέπουν στο χρήστη να προσομοιώσει την ανάγνωση αξονικών τομογραφιών (CT) σε ένα Σύστημα Αρχειοθέτησης Εικόνων και Επικοινωνίας (Picture Archiving and Communication System - PACS). Ακολουθούν εκτεταμένες συζητήσεις μετά από κάθε περίπτωση, οι οποίες περιλαμβάνουν συμπεράσματα για παθολογίες και σχετικά ευρήματα. Αντί να χρησιμοποιούνται στατικές εικόνες για να διδάξουν συγκεκριμένες διαγνώσεις, χρησιμοποιούνται στοίβες των εικόνων CT για να διδάξουν πραγματικά στον αναγνώστη πώς να προσεγγίσει και να ερμηνεύσει τις αξονικές τομογραφίες. Αυτή η διαισθητική μέθοδος διδασκαλίας μέσω εικόνων είναι ιδανική για ειδικευόμενους ιατρούς Ακτινολογίας, φοιτητές ιατρικής στην Ακτινολογία, και άλλους γιατρούς που ενδιαφέρονται να μάθουν πώς να ερμηνεύουν τις εικόνες CT [22]. Όλο το περιεχόμενο περιέχεται μέσα στο app επομένως δεν χρειάζεται σύνδεση στο διαδίκτυο για την προβολή του. Πιο κάτω παρουσιάζονται εικόνες για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του:



Εικόνα 2.6: Δείγματα εικόνων της λειτουργίας της εφαρμογής Radiology 2.0.

7) MIM Software

Η εταιρεία MIM Software Inc. παρέχει πρακτικές λύσεις για τη σύμπτυξη εικόνων (fusion), την αναθεώρηση και την ανάλυση τους για τομείς όπως την ακτινολογία, την πυρηνική ιατρική, την καρδιακή απεικόνιση, την νευροαπεικόνιση και την ογκολογία. Προσφέρει λύσεις για σταθμούς εργασίας υπολογιστών, καθώς και κινητά και cloud-based πλατφόρμες. Οι υπηρεσίες λογισμικού MIM πωλούνται σε κέντρα επεξεργασίας εικόνας, νοσοκομεία, κλινικές που ειδικεύονται σε κάποιο από τους πιο πάνω τομείς, ερευνητικούς οργανισμούς, και σε φαρμακευτικές εταιρείες σε όλο τον κόσμο [23].

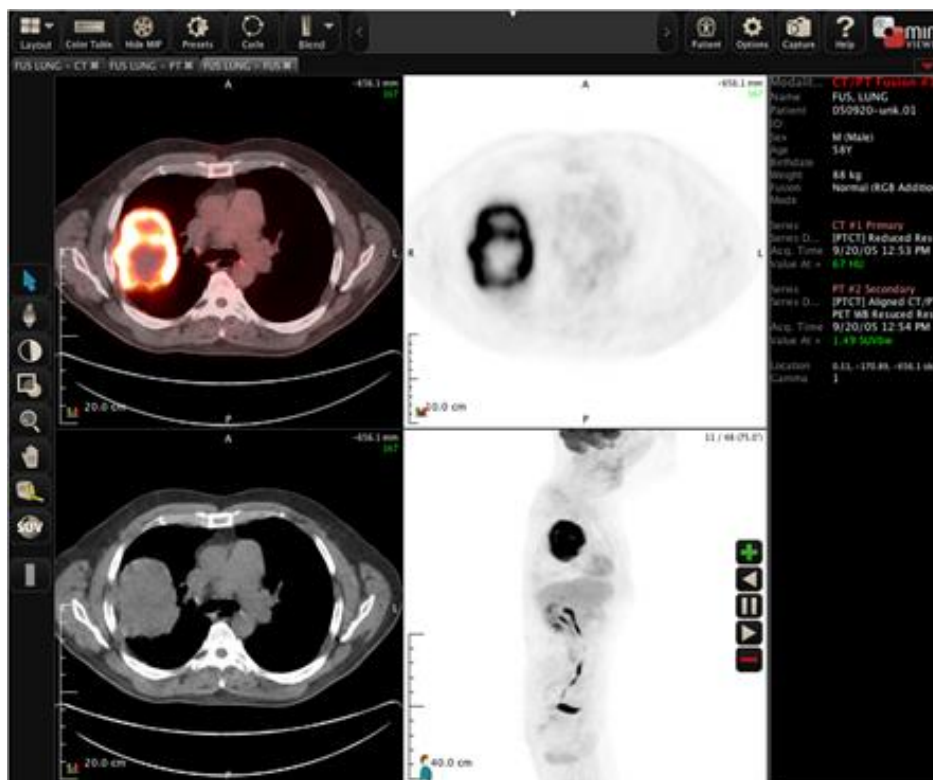
Η εφαρμογή MIMfusion® παρέχει την υπηρεσία ανασκόπησης εικόνων, επεξεργασίας τους και

τη δυνατότητα σύμπτυξης τους. Το φιλικό προς το χρήστη λογισμικό είναι προσαρμόσιμο και λειτουργεί με εικόνες από σχεδόν κάθε κατασκευαστή. Μπορεί να εμφανίσει και να συγχωνεύσει εικόνες με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της PET, SPECT, CT και MRI. Με την υποβοηθούμενη ευθυγράμμιση, μια αυτόματη διαδικασία σύντηξης υψηλής ταχύτητας, οι εικόνες ευθυγραμμίζονται σε σύντομα χρονικά διαστήματα [24].

Η πλατφόρμα MIM προσφέρει επίσης μια σειρά από εξειδικευμένα προγράμματα απεικόνισης λογισμικού, δύο εκ των οποίων αναλύονται στη συνέχεια:

Το MIMneuro® είναι ένα πλήρως αυτοματοποιημένο πακέτο ανάλυσης PET / SPECT που βοηθά στην ανίχνευση των διαφόρων νευρολογικών διαταραχών, συμπεριλαμβανομένης της νόσου του Αλτσχάιμερ και άλλες μορφές άνοιας. Περιλαμβάνεται επίσης μια αυτοματοποιημένη ροή εργασίας για την ανάλυση της επιληψίας και την ανίχνευση των παροξυστικών (interictal) διαφορών.

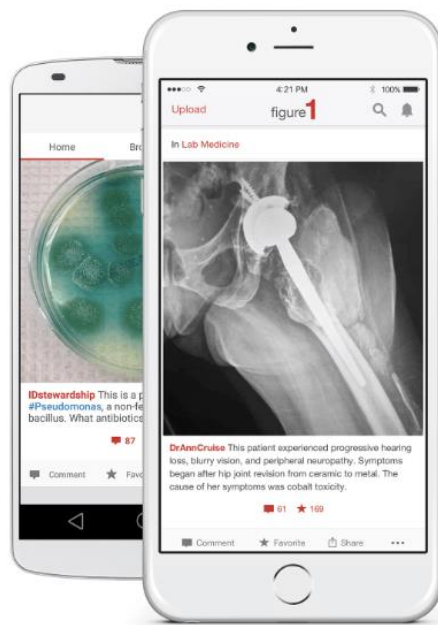
Αντίστοιχα το πρόγραμμα MIMcardiac® παρέχει ποσοτική ανάλυση των PET και SPECT για την λειτουργία παραγωγής των παραμέτρων της αριστερής κοιλίας. Η σύμπτυξη εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελέτη και σύγκριση άγχους/ανάπαυσης και αιμάτωσης/μεταβολισμού. Αυτές οι εικόνες μπορούν στη συνέχεια να υποστούν επεξεργασία σε Καρδιακή Αξονική αγγειογραφία (Cardiac Computed Tomography Angiography-CCTA) ή Μαγνητική αγγειογραφία (Magnetic Resonance Angiography-MRA) [24]. Η πιο κάτω εικόνα παρουσιάζει το interface της πλατφόρμας MIM:



Εικόνα 2.7: Το αποτέλεσμα ενός fusion εικόνων του πνεύμονα στη προσομοιωτή MIM

8) Figure 1

Το Figure 1 είναι μια εφαρμογή κινητών, την παρούσα στιγμή για κινητά Android και iPhones η οποία επιτρέπει στους γιατρούς να μοιράζονται υλικό και δεδομένα, κυρίως εικόνες, με άλλους ειδικούς στον τομέα τους και να ανταλλάζουν απόψεις συνδυάζοντας τις γνώμες και την εμπειρία τους με στόχο την καλύτερη δυνατή διάγνωση. Προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία από πληροφορίες για σπάνιες παθήσεις, καινοτόμες θεραπείες και ιατρικές περιπτώσεις που διδάσκονται στην πρόσφατη ακαδημαϊκή εκπαίδευση, προσφέροντας στους γιατρούς συνεχή επαφή με τον τομέα τους και τις ολοένα εξελισσόμενες μεθοδολογίες, είτε διαγνωστικές είτε επεμβατικές. Ξεπερνώντας το ένα εκατομμύριο εγγεγραμμένους χρήστες, η εφαρμογή Figure 1 έχει καθιερωθεί στη καθημερινή χρήση πολλών επαγγελματιών με ιατρικό υπόβαθρο.



Εικόνα 2.8: Εφαρμογή Figure 1 σε συσκευές Android και iPhone

9) ResolutionMD

Το ResolutionMD είναι μια εφαρμογή της κατασκευαστικής εταιρείας ιατρικών εφαρμογών Calgary Scientific Inc. Παρέχοντας στο χρήστη ένα διαγνωστικό ιατρικό λογισμικό απεικόνισης, η ResolutionMD επιτρέπει στους γιατρούς να δουν με ασφάλεια τις εικόνες και τις αναφορές του ασθενούς από μια ευρεία ποικιλία ηλεκτρονικών υπολογιστών και κινητών συσκευών, έχοντας τη δυνατότητα συνεργασίας με άλλους επαγγελματίες έτσι ώστε να διαγνώσουν ομαδικά τον ασθενή από οποιαδήποτε τοποθεσία κι αν βρίσκονται. Είναι κατάλληλο και για ιδιώτες και για μεγάλα ιατρικά κέντρα υγείας χιλιάδων υπαλλήλων αφού προσφέρει λύσεις εγκεκριμένες από την FDA (US Food and Drug Administration) κατηγορίας II και πρόσβαση σε εικόνες από πολλαπλές κατηγορίες συσκευών και από το διαδίκτυο [25].



Εικόνα 2.9: Απεικονίζεται η μεγάλη ποικιλία συσκευών που υποστηρίζει την πλατφόρμα του ResolutionMD

2.3 Τεχνολογίες για την υλοποίηση εφαρμογών

Ένα σημαντικό κομμάτι στην υλοποίηση μιας διαδικτυακής εφαρμογής αποτελεί η επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν. Στο σημείο αυτό θα αναπτυχθούν γενικά όλες οι τεχνολογίες που διατίθενται σήμερα και χρησιμοποιούνται από κατασκευαστές εφαρμογών ενώ αργότερα στο Κεφάλαιο 3 θα μιλήσουμε συγκεκριμένα για αυτές που επιλέχθηκαν για τη δημιουργία της δικής μας εφαρμογής.

2.3.1 Ο ρόλος των web applications και ο τρόπος λειτουργίας τους

Οι διαδικτυακές εφαρμογές (web applications) είναι από τη φύση τους προγράμματα που τρέχουν σε περισσότερους από έναν υπολογιστή και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου (network) ή μέσω ενός διακομιστή (server). Συγκεκριμένα, η πρόσβαση στα web applications πραγματοποιείται μέσω των προγραμμάτων περιήγησης στο διαδίκτυο (web browsers) και είναι δημοφιλής λόγω της ευκολίας στη χρήση των προγραμμάτων περιήγησης ως πελάτης/χρήστης (client/user). Η ικανότητα της ανανέωσης και διατήρησης των web applications χωρίς την ανάγκη για ανάπτυξη και εγκατάσταση λογισμικού σε χιλιάδες υπολογιστές είναι ένας βασικός λόγος για την αυξημένη δημοτικότητά τους. Τα web applications χρησιμοποιούνται για web mail, online αγορές και πωλήσεις, weblogs, ηλεκτρονικές τραπεζικές συναλλαγές, και πολλά άλλα. Ένα web application μπορεί να είναι προσβάσιμο και να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από εκατομμύρια ανθρώπους [26].

Όπως και οι desktop εφαρμογές, τα web applications αποτελούνται από πολλά μέρη και συχνά περιέχουν υποπρογράμματα (miniprograms), μερικά από τα οποία έχουν διεπαφή με το χρήστη,

ενώ μερικά από αυτά δεν απαιτούν γραφικό περιβάλλον χρήστη (Graphical User Interface - GUI). Επιπρόσθετα, τα web applications συχνά απαιτούν μια πρόσθετη γλώσσα σήμανσης (Markup language) όπως HTML, γλώσσα προγραμματισμού σεναρίων (scripting language) όπως JavaScript. Επίσης, πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούν μόνο τη γλώσσα προγραμματισμού Java, η οποία είναι ιδανική λόγω της προσαρμοστικότητάς και φορητότητάς της [26].

Ένα web application μπορεί να είναι τόσο απλό όσο μια ιστοσελίδα που εμφανίζει την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα ή τόσο περίπλοκο όπως ένα σύνολο από σελίδες στις οποίες προσφέρεται η επιλογή στο χρήστη να αναζητήσει και να κάνει κράτηση για τη πιο βολική πτήση, το ξενοδοχείο και την ενοικίαση αυτοκινήτου για τις διακοπές του [26].

Οι τεχνολογίες Java που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία για τη δημιουργία του web application αποτελούν ένα μέρος της πλατφόρμας Java Enterprise Edition (Java EE), μαζί με πολλές τάξεις και πακέτα της πλατφόρμας Java Standard Edition (Java SE). Για να δουλέψουν πολλές από αυτές τις τεχνολογίες σε ένα διακομιστή, πρέπει ο web server, να έχει εγκατεστημένο το απαραίτητο λογισμικό διακομιστή Java έτσι ώστε να αναγνωρίζονται και να εκτελούνται οι κλάσεις (classes) που δημιουργήθηκαν [26].

2.3.2 Back-end γλώσσες προγραμματισμού για υλοποίηση web applications

Είναι απαραίτητο για ένα κατασκευαστή εφαρμογών (web developer) προτού ξεκινήσει την διαδικασία υλοποίησης του web application να επιλέξει, ανάλογα με τη λειτουργία της διαδικασίας και το βαθμό δυσκολίας και απαιτητικότητάς της, τις γλώσσες προγραμματισμού που θα ήταν καταλληλότερες. Φυσικά αυτό εξαρτάται και από την εξοικείωση του προγραμματιστή με την κάθε γλώσσα προγραμματισμού και την εμπειρία που έχει σε κάθε μία από αυτές. Παρόλα αυτά κάποιοι παράμετροι, όπως για παράδειγμα ο server στον οποίο θα τρέχει το web application μπορεί να επηρεάσουν τις αρχικές του προθέσεις.

Μια από αυτές τις επιλογές είναι και οι γλώσσες προγραμματισμού οπίσθιου-τμήματος (back-end programming languages), οι οποίες αποτελούν το τελικό και βασικό κομμάτι ενός προγράμματος το οποίο εκτελεί μια σειριακή διαδικασία επεξεργασίας πληροφοριών [37]. Συγκεκριμένα, ένα πρόγραμμα χωρίζεται σε δύο κύρια κομμάτια. Το πρώτο από αυτά είναι το back-end που μόλις αναφέραμε, και περιλαμβάνει την υπολογιστική λογική ενός λογισμικού, ενός πληροφοριακού συστήματος ή στη δική μας περίπτωση, της δημιουργίας μιας ιστοσελίδας. Πιο συγκεκριμένα ασχολείται με όλη τη διαδικαστική επεξεργασία και δημιουργία στοιχείων και χαρακτηριστικών με τα οποία ο χρήστης θα έχει έμμεση επαφή μέσω μιας front-end εφαρμογής. Ο βασικός ρόλος του back-end είναι να εξασφαλίσει την ομαλή ροή και επεξεργασία των δεδομένων ή των υπηρεσιών που ζητούνται από το front-end ενός συστήματος. Επίσης διασφαλίζεται η επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών του προγράμματος με τις βάσεις δεδομένων και τα δεδομένα της εφαρμογής και παράλληλα γίνεται ο έλεγχος και ο εντοπισμός σφαλμάτων [38].

Σήμερα υπάρχουν αρκετές γλώσσες προγραμματισμού που κρίνονται κατάλληλες για την υλοποίηση web applications, όμως κάποιες από αυτές ξεχωρίζουν βάσει της ευρείας χρήσης τους. Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν οι Java, Python, C++ και PHP, αξίζει όμως να αναφέρουμε έστω ονομαστικά και κάποιες οι οποίες έχουν κερδίσει μια σημαντική θέση στο τομέα του web development όπως η Ruby, C# και Perl.

2.3.2.1 Java

Η γλώσσα προγραμματισμού Java ανήκει στην εταιρεία Oracle και έχει τύχει θερμής αποδοχής από την παγκόσμια κοινότητα των προγραμματιστών λογισμικού και τους παρόχους διαδικτυακού περιεχομένου.

Για πολλούς, η γλώσσα ήταν γνωστή αρχικά ως εργαλείο για τη δημιουργία applets για το Διαδίκτυο. Ένα applet είναι μια μίνι-εφαρμογή που τρέχει μέσα σε μια ιστοσελίδα. Ένα applet μπορεί να εκτελέσει καθήκοντα και να αλληλεπιδρά με τους χρήστες ανάλογα με τις ιστοσελίδες του προγράμματος περιήγησης χωρίς να χρησιμοποιεί πόρους από το web server, εφόσον κατεβεί. Η γλώσσα προγραμματισμού Java είναι πράγματι πολύτιμη για περιβάλλοντα καταναμημένων δικτύων όπως και το Διαδίκτυο.

Επίσης, διευρύνεται σε ένα φάσμα πεδίων, πέρα από αυτόν τον τομέα, προσφέροντας μια ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού, κατάλληλη για την οικοδόμηση ποικίλων εφαρμογών. Η ικανότητα που διαθέτει να εκτελεί κώδικα σε απομακρυσμένους υπολογιστές με ασφαλή τρόπο είναι μια κρίσιμη απαίτηση από πολλούς οργανισμούς.

Άλλες ομάδες τη χρησιμοποιούν ως γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού για έργα στα οποία η ανεξαρτησία των μηχανών είναι λιγότερο σημαντική. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά της είναι η φορητότητα (portability) που διαθέτει, δηλαδή η δυνατότητα χρήσης του ίδιου λογισμικού σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από τη γενικευμένη διαμόρφωση ανάμεσα στη λογική της εφαρμογής και των διασυνδέσεων του συστήματος. Με τη φορητότητα καθίσταται δυνατή η παραγωγή λογισμικού με την ίδια λειτουργικότητα για πολλαπλές πλατφόρμες υπολογιστών, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη μείωση του κόστους ανάπτυξης.

Η ευκολία στον προγραμματισμό της και τα χαρακτηριστικά ασφάλειας ενθαρρύνουν την γρήγορη παράγωγή αποδοτικού κώδικα εργασίας. Μερικά συνήθη σφάλματα στον προγραμματισμό δεν προκαλούν πρόβλημα στην εκτέλεση λόγω ορισμένων εξειδικευμένων λειτουργιών που διαθέτει. Η υποστήριξη πολλαπλών νημάτων (multithreading) διευκολύνει εφαρμογές που απαιτούν ταυτόχρονη εκτέλεση πολλαπλών εργασιών, αποδίδοντας καλύτερους χρόνους.

Ενώ τα ενσωματωμένα εργαλεία της είναι ισχυρά, είναι μια απλή γλώσσα, στην οποία οι προγραμματιστές μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα. Εν κατακλείδι, συμπεραίνουμε ότι η γλώσσα προγραμματισμού Java διαθέτει όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά τα οποία προσελκύουν ένα προγραμματιστή ώστε να τη χρησιμοποιήσει με απώτερο σκοπό την εκτέλεση μεταγλωττισμένου (compiled) κώδικα στο περιβάλλον της [27].

2.3.2.2 Python

Η Python είναι ακόμα μία γλώσσα υψηλού επιπέδου που συγκαταλέγεται στη λίστα με τις δημοφιλέστερες γλώσσες προγραμματισμού και χρησιμοποιείται ευρέως από web developers [29],[30]. Η φιλοσοφία του σχεδιασμού της χαρακτηρίζεται από την ευκολία ανάγνωσης του κώδικα της, ενώ η σύνταξη (syntax) της επιτρέπει στους προγραμματιστές να εκφράσουν έννοιες και ερμηνείες σε πολύ λιγότερες γραμμές κώδικα από αντίστοιχες γλώσσες προγραμματισμού, όπως η C++ και η Java [31],[32]. Η σαφήνεια της επιτυγχάνεται λόγω των κατασκευαστικών της δομών κάνοντας την κατάλληλη για προγράμματα τόσο μικρής όσο και μεγάλης κλίμακας [33].

Η Python υποστηρίζει πολλαπλά πρότυπα προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένου και του αντικειμενοστρεφούς (object-oriented). Διαθέτει ένα δυναμικό σύστημα εκτέλεσης, αυτόματη διαχείριση μνήμης και έχει ολοκληρωμένα πρότυπα βιβλιοθηκών [34].

Μεταγλωττίζεται σε πολλά λειτουργικά συστήματα, επιτρέποντας της να εκτελείται σε μια ευρεία ποικιλία συστημάτων. Χρησιμοποιώντας εργαλεία τρίτων κατασκευαστών, όπως Py2exe ή Pyinstaller [35], ο κώδικας Python μπορεί να κατασκευάσει αυτόνομα εκτελέσιμα προγράμματα για μερικά από τα πιο δημοφιλή λειτουργικά συστήματα, με αποτέλεσμα το λογισμικό βασισμένο σε γλώσσα Python να μπορεί να διανεμηθεί και να ερμηνευθεί στα περιβάλλοντα τους χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης μεταγλωττιστή Python. Τέλος, είναι κοινά αποδεκτό ότι ο σχεδιασμός της προσφέρει μια λιτή οπτική διάταξη, αφού συχνά χρησιμοποιεί αγγλικές λέξεις-κλειδιά, εκεί όπου άλλες γλώσσες χρησιμοποιούν σημεία στίξης [36].

2.3.2.3 C ++

Η C ++ είναι μια γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού η οποία περιέχει ευέλικτες και αποτελεσματικές λειτουργίες. Η έντονη της δραστηριότητα στον τομέα της πληροφορικής χρονολογείται στη δεκαετία του 1980. Η λειτουργία της παρουσιάζει κοινά με αυτή των Java, Perl, C # και Python.

Ο προγραμματιστής έχει την ευκαιρία να διαχωρίσει τις λειτουργίες ενός application σε κομμάτια με αποτέλεσμα να τα διαχειρίζεται καλύτερα. Η τεχνική αυτή, αναδιάρθρωσης του κώδικα, διευκολύνει τον καθορισμό του στόχου κάθε διαδικασίας. Προσφέρει επίσης τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να κατασκευάσει αντικείμενα (objects) συγκεκριμένου τύπου καθορίζοντας τα δεδομένα και τις λειτουργίες που περιέχουν, κάτι που συνεισφέρει αργότερα στη διαδικασία της μεταγλώττισης. Όταν χρησιμοποιούνται ορθά, οι τεχνικές αυτές οδηγούν σε μικρότερο κώδικα, πιο κατανοητό, καθιστώντας ευκολότερη τη συντήρησή του.

Το κύριο χαρακτηριστικό της C ++, όπως και των Java και Python, είναι οι κλάσεις (classes) που υποστηρίζουν object-oriented προγραμματισμό. Μια κλάση χρησιμοποιείται για να καθορίσει τη μορφή ενός αντικειμένου συνδυάζοντας δεδομένα και μεθόδους που αποτελούν ένα ολοκληρωμένο πακέτο.

Όταν ορίζεται μια κλάση, πρέπει να γίνεται κατανοητός ο σκοπός της κλάσης, δηλαδή, από τι αποτελείται το αντικείμενο και τι ενέργειες μπορούν να πραγματοποιηθούν σε αυτό.

2.3.2.4 PHP

Η γλώσσα προγραμματισμού PHP, παρόμοια με την JavaScript, χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία ιστοσελίδων με δυναμικό περιεχόμενο. Παρόλα αυτά, εκτός από ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία δυναμικών και διαδραστικών ιστοσελίδων (server-site scripting) χρησιμοποιείται και ως γενικού-σκοπού γλώσσα προγραμματισμού (general-purpose programming language).

Είναι ευρέως διαδομένη, διατίθεται δωρεάν και αποτελεί μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για τους ανταγωνιστές της όπως την ASP της Microsoft.

2.3.3 Εργαλεία κατασκευής web application και front-end γλώσσες προγραμματισμού

Για τη δημιουργία μιας ιστοσελίδας είναι απαραίτητο να υπάρχει εξοικείωση με κάποια βασικά εργαλεία που έχουν να κάνουν με την άμεση εμφάνιση της ιστοσελίδας.

Εμπρόσθιο-τμήμα (Front-end) ονομάζουμε το αρχικό κομμάτι, το οποίο θα επιτελέσει το πρώτο στάδιο, όπως την άμεση επικοινωνία με το χρήστη, την εισαγωγή δεδομένων ή ακόμη και την αρχική επεξεργασία δεδομένων [37]. Το Front-end web development, επίσης γνωστό ως client-side development, πρακτικά ασχολείται με το κομμάτι του κώδικα HTML, CSS και JavaScript για τη δημιουργία της διεπαφής (interface), κατασκευάζοντας δηλαδή το μέσο αλληλεπίδρασης χρήστη/εφαρμογής [39].

Μια πρόκληση που συσχετίζεται με το Front-end web development είναι η συνεχής εναλλαγή και συντήρηση που απαιτεί το interface επιβάλλοντας στον προγραμματιστή να έχει πλήρη επίγνωση της πορείας της ανάπτυξής του [40].

Κύριος στόχος είναι να εξασφαλιστεί ένα φιλικό περιβάλλον όπου παρουσιάζονται στο χρήστη οι σχετικές πληροφορίες σε ευανάγνωστη μορφή. Στη σύγχρονη εποχή, αυτό περιπλέκεται εξαιτίας του ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία συσκευών στην αγορά με διαφορετικά μεγέθη οθόνης και ανάλυσης (resolution). Οι πτυχές αυτές πρέπει να ληφθούν υπόψη από το σχεδιαστή κατά τη διάρκεια κατασκευής της ιστοσελίδας. Πρέπει να διασφαλιστεί ότι η ιστοσελίδα εμφανίζεται σωστά σε διαφορετικά προγράμματα περιήγησης (cross-browser), σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα (cross-platform) και σε διαφορετικές συσκευές (cross-system), τα οποία απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό από την πλευρά του προγραμματιστή.

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν τα εργαλεία που έχουν να κάνουν με τη βασική δομή και δημιουργία της ιστοσελίδας όπως η HTML, εργαλεία για την προσθήκη δυναμικού περιεχομένου και εφέ, όπως η JavaScript και XML και εργαλεία για τη σχεδίαση της με χρήση CSS.

2.3.3.1 HTML - HyperText Markup Language

Η HTML χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ηλεκτρονικά έγγραφα (ιστοσελίδες) που εμφανίζονται στον παγκόσμιο ιστό (World Wide Web). Κάθε σελίδα περιέχει μια σειρά από συνδέσμους με άλλες σελίδες που ονομάζονται υπερσυνδέσεις (hyperlinks). Όλες οι ιστοσελίδες που υπάρχουν στο διαδίκτυο έχουν γραφτεί από κάποια μορφή κώδικα HTML. Αυτό εξασφαλίζει ότι η μορφή των κειμένων και των εικόνων, θα εμφανίζεται ακριβώς όπως προοριζόταν. Χωρίς την HTML, η εμφάνιση διάφορων στοιχείων, όπως παράγραφοι και εικόνες, σε ένα πρόγραμμα περιήγησης (browser) θα ήταν αδύνατη. Παρόλο ότι η HTML είναι απαραίτητη, δεν παρέχει τίποτα άλλο παρά μόνο τη βασική δομή της ιστοσελίδας. Το γεγονός αυτό καθιστά εργαλεία, όπως τα Cascading Style Sheets (CSS), τα οποία θα αναπτυχθούν αργότερα, απαραίτητα για να επιτευχθεί μια πιο κομψή εμφάνιση [41].

2.3.3.2 JavaScript

Η JavaScript είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού. Η κύρια χρήση της έγκειται σε web applications (client-side web scripting). Τα περισσότερα από τα δυναμικά χαρακτηριστικά μιας ιστοσελίδας οφείλονται στον ενσωματωμένο κώδικα JavaScript στην HTML.

Η Javascript είναι υπεύθυνη για οποιαδήποτε αλλαγή και προσθήκη δυναμικών εφέ αφού έχει φορτωθεί η ιστοσελίδα. Είναι αναγκαία για την βέλτιστη εμφάνιση της ιστοσελίδας και την προσθήκη μεταβολών στην ιστοσελίδα, αφού έχει την ικανότητα με τη χρήση διαδικασιών (functions), να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές. Για παράδειγμα μπορεί να κάνει κείμενα να εμφανίζονται ή να εξαφανίζονται κάνοντας κλικ πάνω σε ένα σημείο της ιστοσελίδας, καθώς επίσης και να φορτώσει περισσότερα δεδομένα από τον server και πολλά άλλα [37].

Σχεδόν κάθε web browser φορτώνει δυναμικό περιεχόμενο με JavaScript, προκειμένου να είναι σε θέση να το προβάλει στο χρήστη. Η εξαιρετικά ευέλικτη φύση της είναι ο κύριος λόγος της επιτυχίας της ως scripting γλώσσα, η οποία ενθαρρύνει τον γρήγορο και απλό προγραμματισμό. Ακόμα ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που ελκύει πολλούς χρήστες, είναι το γεγονός ότι ο κώδικας της εκτελείται δυναμικά, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται η δήλωση τύπων των μεταβλητών από τον προγραμματιστή. Επίσης, υποστηρίζει σχεδόν κάθε πιθανή μετατροπή ενός τύπου μεταβλητής, προκειμένου ο προγραμματιστής να μην υποχρεούται να ελέγχει αναντιστοιχίες τύπων, αποφεύγοντας έτσι τυχόν διορθώσεις [28].

Ωστόσο, η ευελιξία αυτή δεν επιτυγχάνεται χωρίς κόστος. Η αδυναμία της γλώσσας να επιβάλει ένα πιο αυστηρό προγραμματιστικό πρότυπο, είναι ένα μειονέκτημα, όταν πρόκειται για το σχεδιασμό και την υλοποίηση εφαρμογών μεγάλης κλίμακας. Επιπρόσθετα, η διαδικασία εντοπισμού σφαλμάτων (debugging) καθίσταται πολύ δύσκολη, δεδομένου ότι τα περισσότερα σημασιολογικά λάθη δεν πρόκειται να προκαλέσουν την αποτυχία του προγράμματος, αλλά αντ' αυτού θα οδηγήσουν σε απρόβλεπτα αποτελέσματα, η πηγή των οποίων είναι δύσκολο να εντοπιστεί [28].

2.3.3.3 Cascading Style Sheets

Για να προσδοθεί στυλ στη μορφή που εμφανίζονται τα στοιχεία ενός ιστοτόπου (website) επιλέγονται τα Cascading Style Sheets. Σημαντικό πλεονέκτημα των CSS είναι η δυνατότητα που δίνεται στον προγραμματιστή να δίνει το στυλ που κατασκεύασε σε όσα στοιχεία επιθυμεί. Επιπρόσθετα, τα styles ενός CSS μπορούν να χρησιμοποιούνται σε όλες τις ιστοσελίδες το συμπεριλαμβάνουν. Με τον τρόπο αυτό, εξοικονομείται χρόνος, δίνεται μια κοινή εμφάνιση σε ιστοσελίδες που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και η επεξεργασία στοιχείων γίνεται ευκολότερη, αφού μετατρέποντας το στυλ μόνο, προκαλείται τροποποίηση όλων των στοιχείων που το χρησιμοποιούν. Συμπερασματικά, τα CSS επιτυγχάνουν πιο ακριβή έλεγχο στη διαμόρφωση της εμφάνισης των ιστοσελίδων απ' ό,τι η HTML, με αποτέλεσμα να ενσωματώνονται στις πλείστες ιστοσελίδες [42].

2.3.3.4 XML –Extensible Markup Language

Η XML σχεδιάστηκε για να ικανοποιήσει πολλές ανάγκες δίνοντας στα έγγραφα ένα μεγαλύτερο επίπεδο προσαρμοστικότητας στο στυλ και τη δομή από αυτό που υπήρχε παλαιότερα στην HTML.

Η XML είναι κι αυτή γλώσσα σήμανσης (markup language) αλλά δεν αντικαθιστά την HTML. Ενώ η HTML χρησιμοποιείται στη διατύπωση και την εμφάνιση των δεδομένων, η XML αναπαριστά τις συναφείς έννοιες των δεδομένων της. Στην HTML τα tags είναι προκαθορισμένα, ενώ η XML παρέχει τη δυνατότητα να καθορίζουν οι χρήστες τα tags και τις δομημένες μεταξύ τους σχέσεις.

Η γλώσσα σήμανσης XML περιγράφει μια κατηγορία πληροφοριών (data objects) που καλούνται XML έγγραφα (XML documents) καθώς επίσης περιγράφει τμηματικά τη συμπεριφορά των προγραμμάτων που τα επεξεργάζονται.

Τα XML documents αποτελούνται από μονάδες αποθήκευσης που καλούνται οντότητες (entities), οι οποίες περιέχουν πληροφορίες είτε αναλυμένες είτε όχι. Οι αναλυμένες πληροφορίες αποτελούνται από χαρακτήρες (characters) οι οποίοι συνθέτουν character data και άλλους οι οποίοι συνθέτουν markup. Η μορφή markup κωδικοποιεί την περιγραφή της τελικής αποθήκευσης του εγγράφου καθώς και τη λογική δομή [43].

2.3.4 Πλατφόρμες και Ολοκληρωμένα Περιβάλλοντα Ανάπτυξης(IDE)

Για τη δημιουργία κάποιου προγράμματος σήμερα αυτό που είναι απαραίτητο είναι η ύπαρξη κάποιου είδους κειμενογράφου και ενός μεταγλωττιστή (compiler) ή διερμηνέα (interpreter) μέσω του οποίου θα είναι δυνατή η μετατροπή του κώδικα από υψηλού επιπέδου γλώσσα σε γλώσσα μηχανής. Έτσι, για παράδειγμα, για την ανάπτυξη μίας Java εφαρμογής σε ένα σύστημα Windows

αρκεί η ύπαρξη ενός σημειωματάριου (notepad) και η εγκατάσταση της επιθυμητής έκδοσης της Java Virtual Machine. Στην περίπτωση αυτή, ο προγραμματιστής κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της εφαρμογής του θα πρέπει να μεταγλωττίζει και να τρέχει την εφαρμογή μέσω της γραμμής εντολών ξανά και ξανά, έχοντας ως μόνο του βοηθό, στην περίπτωση ύπαρξης κάποιου σφάλματος, τα μηνύματα σφάλματος του μεταγλωττιστή. Αυτό σημαίνει την κατανάλωση πολύ χρόνου και κόπου ακόμη και για τις πιο απλές εφαρμογές. Όσο αυξάνεται το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των εφαρμογών (άρα και του κώδικα), τόσο αυξάνονται ο χρόνος και ο κόπος και μάλιστα σχεδόν εκθετικά, πράγμα που καθιστά αυτή τη μέθοδο ανάπτυξης μη πρακτική.

Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνουν τα ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης λογισμικού (Integrated Development Environments) - ευρέως γνωστά ως IDEs. Τα IDEs είναι ολοκληρωμένες εφαρμογές μέσα στις οποίες μπορεί να πραγματοποιηθεί κάθε απαραίτητη διαδικασία για την ανάπτυξη μίας εφαρμογής διαδικτυακής και μη. Είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μεγιστοποιούν την παραγωγικότητα του προγραμματιστή παρέχοντας ισχυρά εργαλεία και ένα πρακτικό και φιλικό interface για το χρήστη. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται διαφορετικά προγράμματα ανάπτυξης, ο προγραμματιστής καταβάλλει λιγότερη προσπάθεια να μεταβεί από το ένα πρόγραμμα στο άλλο. Ωστόσο, επειδή ένα IDE είναι από τη φύση του πολύπλοκο, η παραγωγικότητα του προγραμματιστή αυξάνεται όσο αποκτά μεγαλύτερη γνώση και οικειότητα από την χρήση αυτού του εργαλείου.

Οι συνηθέστερες λειτουργίες που παρέχονται στο θέμα του κώδικα είναι η συγγραφή του, η τροποποίησή του, η μεταγλώττίσή του, η εκτέλεσή του, καθώς και κάποια διαδικασία εντοπισμού σφαλμάτων του. Ο βασικός σκοπός τους είναι να περιορίσουν και κατά κάποιο τρόπο να κρύψουν όλες τις ρυθμίσεις που χρειάζονται για το συντονισμό των διαφορετικών κομματιών, ο συνδυασμός των οποίων είναι απαραίτητος για την επιτυχημένη εκτέλεση μίας εφαρμογής. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ευκολότερη εκμάθηση μιας γλώσσας προγραμματισμού καθώς και την αύξηση της παραγωγικότητας [44]. Μερικά από τα πιο διαδεδομένα είναι τα:

- Netbeans
- Eclipse
- Komodo
- Xcode
- Visual Studio
- Android Studio
- CodeLite

2.3.5 Διακομιστές (Servers)

Ο Server είναι ένα μηχάνημα (πιθανόν απομακρυσμένο) στο οποίο υπάρχουν αποθηκευμένα web documents, εικόνες και άλλα αρχεία που συνθέτουν έναν ιστότοπο. Ο browser του χρήστη επικοινωνεί με το web server ζητώντας πρόσβαση σε ένα web document. Ο server λαμβάνει το μήνυμα του browser και αφού το διερμηνεύσει στέλνει πίσω το HTML αρχείο εμφανίζοντας το στον browser. Η λειτουργία ενός Server μπορεί να περιγραφεί σε δύο ξεχωριστά κομμάτια, την επεξεργασία προγράμματος-πελάτη και την επεξεργασία προγράμματος-Server.

2.3.5.1 Επεξεργασία Προγράμματος-Πελάτη (Client-Side Processing)

Η επεξεργασία από πλευράς του πελάτη/χρήστη (Client-side processing) αναφέρεται στην επεξεργασία των δεδομένων που γίνεται στον browser του χρήστη. Ο browser διερμηνεύει εντολές που συνήθως (υπό κανονικές συνθήκες) θα στέλλονταν για διερμηνεία στο server. Ο browser αποτελείται από δύο βασικά τμήματα: τη διεπιφάνεια χρήστη (user interface), που είναι το τμήμα που ο χρήστης βλέπει στην οθόνη του υπολογιστή του και το λογισμικό επεξεργασίας που είναι το τμήμα που ο χρήστης δεν μπορεί να δει. Στην περίπτωση του Client-side processing μέσω του interface, στέλνονται μεν μηνύματα για την επεξεργασία των δεδομένων, αλλά γίνεται εσωτερικά σε ένα άλλο τμήμα του λογισμικού του browser, το οποίο επιφορτίζεται με την επεξεργασία των δεδομένων χωρίς να επιβαρύνει το δίκτυο. Στον τομέα αυτό απευθύνονται οι front-end γλώσσες προγραμματισμού [45].

2.3.5.2 Επεξεργασία Προγράμματος-Server (Server-Side Processing)

Η επεξεργασία στην πλευρά του Server (Server-side processing) σημαίνει ότι ο Web Server, χρησιμοποιώντας το λογισμικό του, παίρνει αποφάσεις βασισμένες σε πληροφορίες που του παρέχει ο client. Ο Web Server, λαμβάνει τα μηνύματα που αποστέλλονται από τον client και εν συνεχεία τρέχει το κατάλληλο λογισμικό για την απαραίτητη επεξεργασία τους. Το λογισμικό που συσχετίζεται με το κομμάτι αυτό απευθύνεται στις back-end γλώσσες προγραμματισμού. Τα δεδομένα που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα από τη διαδικασία αυτή αποστέλλονται πάλι μέσω Internet πίσω στον client από τον Server και παρουσιάζονται στον browser του [45].

2.3.5.3 Συνολική λειτουργία του Web Server

Τα Client-side scripts έχουν δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες και συναρτήσεις διαθέσιμες στον browser του χρήστη, ενώ τα Server-side scripts έχουν δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες και συναρτήσεις που βρίσκονται στον Web Server. Τα Server-side scripts προϋποθέτουν ότι οι διερμηνείς (interpreters) είναι εγκατεστημένοι στο server, και παράγουν την ίδια έξοδο (output) ανεξάρτητα από τον browser του client, το λειτουργικό σύστημα και άλλες λεπτομέρειες του συστήματος. Από την άλλη, τα Client-side scripts δεν απαιτούν επιπρόσθετο λογισμικό στην πλευρά του Web Server. Ωστόσο, προϋποθέτουν ότι για την ορθή εκτέλεσή τους, ο browser του client αντιλαμβάνεται τη scripting language στην οποία είναι γραμμένα. Η επικοινωνία που επιτυγχάνεται με τις ανάλογες γλώσσες προγραμματισμού μεταξύ client και

Server, καθιστά εφικτή τη λειτουργία και όλες τις δυνατότητες του διαδικτύου τις οποίες μαρτυρούμε καθημερινά [45].

2.3.6 Βάσεις Δεδομένων

Ο Web Server όπως αναφέραμε πιο πάνω ευθύνεται για την ομαλή κυκλοφορία πληροφορίας στο διαδίκτυο καθώς επίσης για την εμφάνιση και επεξεργασία τους. Οι γλώσσες προγραμματισμού front-end και back-end εξασφαλίζουν, την κατάλληλη εμφάνιση και λειτουργία που λαμβάνει χώρο στο interface του χρήστη και του λογισμικού που τα επεξεργάζεται, αντίστοιχα. Ωστόσο, τεχνολογίες όπως η MySQL επικεντρώνονται γύρω από την ασφαλή κατανομή των δεδομένων.

Ένας Web Server περιέχει πολλές φορές βάσεις δεδομένων (databases) οι οποίες περιέχουν απίστευτα μεγάλες ποσότητες αρχείων. Ένα σύστημα που χρησιμοποιεί βάσεις δεδομένων επιτρέπει να δομούνται και να αποθηκεύονται τα δεδομένα με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ανεξαρτησία των εφαρμογών που τα προσπελάζουν [46].

Η εφαρμογή τους καθίσταται απαραίτητη, κυρίως σε μεγάλες εταιρείες οι οποίες θέλουν να προστατεύουν τα δεδομένα των πελατών τους αλλά και η πρόσβαση σε αυτά να μην παρουσιάζει δυσλειτουργίες. Όσο περισσότερη πληροφορία παρέχει ένα web application, τόσο μεγαλύτερη ανάγκη τις έχει και τόσο περισσότερη έμφαση πρέπει να δίνεται στην επιτήρηση του τομέα αυτού.

Οι ικανότητες και τα χαρακτηριστικά των βάσεων δεδομένων συμπεριλαμβάνουν [46]:

- 1) Απομόνωση προγράμματος και πληροφορίας
- 2) Υποστήριξη πολλαπλών όψεων της βάσης δεδομένων
- 3) Κοινή χρήση πληροφορίας και αξιόπιστη κίνηση πληροφοριών
- 4) Έλεγχο πλεονασμού δεδομένων
- 5) Έλεγχο εξουσιοδοτημένης πρόσβασης
- 6) Μόνιμη διατήρηση δομών και πληροφορίας
- 7) Παροχή πολλαπλών μέσων αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής
- 8) Παρουσίαση πολύπλοκων σχέσεων μεταξύ δεδομένων
- 9) Επιβολή κανόνων ακεραιότητας
- 10) Παροχή «επαναφοράς κίνησης δεδομένων»

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

3.1 Σκοπός του κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό, θα επικεντρωθούμε στο δικό μας web application μελετώντας το σκοπό του, τον τρόπο λειτουργίας του και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίησή του.

Στόχος της διπλωματικής, όπως προδίδεται κι από τον ίδιο τον τίτλο, είναι να δοθεί η δυνατότητα επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων εξ αποστάσεως. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης της εφαρμογής θα έχει τη δυνατότητα να επιλέγει δύο διαστάσεις εικόνες οδοντιατρικών ακτινογραφιών και να τις ευθυγραμμίζει.

Έχοντας στη διάθεση μου ένα ανεξάρτητο πρόγραμμα γραμμένο σε κώδικα C++ το οποίο κατασκευάστηκε από τα μέλη του εργαστηρίου της Ομάδας Βιοϊατρικής Απεικόνισης (Biomedical Imaging Group) της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, δίδεται στο χρήστη η δυνατότητα να επιλέγει μέσω ενός browser τις εικόνες που επιθυμεί και να εκτελεί το πρόγραμμα μέσω ενός απομακρυσμένου server. Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα η ευθυγραμμισμένη εικόνα και όλα τα σχετικά αποτελέσματα εμφανίζονται στον browser του χρήστη.

Αρχικά θα μιλήσουμε για το πρόγραμμα που εκτελεί την ευθυγράμμιση και τη σημασία των μεθόδων ευθυγράμμισης στο τομέα της ιατρικής και οδοντιατρικής. Θα αναπτύξουμε τις ποικίλες εσωτερικές παραμέτρους του αλγόριθμου που μπορούν να εφαρμοστούν για τη μέθοδο της ευθυγράμμισης, την αποδοτικότητα αυτών και το πως τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από επαγγελματίες της ιατρικής για να παράξουν διαγνωστικά, και όχι μόνο, συμπεράσματα.

Στη συνέχεια θα γίνει περιγραφή όλων των τεχνολογιών που έλαβαν μέρος στη δημιουργία του web application, συμπεριλαμβάνοντας τον τρόπο με τον οποίο συνέβαλλαν και γιατί επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες τεχνολογίες.

3.2 Μέθοδοι Ευθυγράμμισης (Alignment Methods)

Η ευθυγράμμιση δεδομένων (data alignment) είναι ένα θεμελιώδες πρόβλημα το οποίο συναντάται σε ένα ευρύ φάσμα τομέων της ερευνητικής κοινότητας όπως στην μηχανική, στη ρομποτική, στην ιατρική, στην όραση υπολογιστών και στην επεξεργασία εικόνας.

Ειδικά στην ιατρική, η συνεχής πρόοδος και η εξέλιξη στη βελτίωση μεθόδων απεικόνισης όπως η ακτινογραφία (X-ray), η μαγνητική τομογραφία (MRI), η αξονική τομογραφία (CT) και η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET), οι οποίες μπορούν να δώσουν λεπτομερή ανατομική

πληροφορία, συσχετίζονται άμεσα με την ευθυγράμμιση. Η χρήση των μεθόδων ευθυγράμμισης παίζει καθοριστικό ρόλο όταν συνδυάζεται με ανατομικές πληροφορίες, όπως αυτές που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αφού μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών. Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές της είναι η εκτίμηση διαφορών μεταξύ δύο εικόνων ανατομικών περιοχών ενδιαφέροντος ενός ασθενούς σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Με τον τρόπο αυτό οι γιατροί επιτυγχάνουν καλύτερη παρακολούθηση της εξέλιξης συγκεκριμένων ασθενειών και μπορούν να αξιολογήσουν καλύτερα την αποτελεσματικότητα μιας θεραπείας. Πολλές φορές προκειμένου να αξιολογηθεί η πορεία ενός ασθενή και να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα μιας θεραπείας καθίσταται απαραίτητη η σύντηξη (fusion) των ευθυγραμμισμένων δεδομένων δύο διαφορετικών στιγμών η οποία προσφέρει τη μέγιστη δυνατή διαγνωστική πληροφορία, αφού φανερώνει τυχόν διαφορές στις εξεταζόμενες περιοχές ενδιαφέροντος.

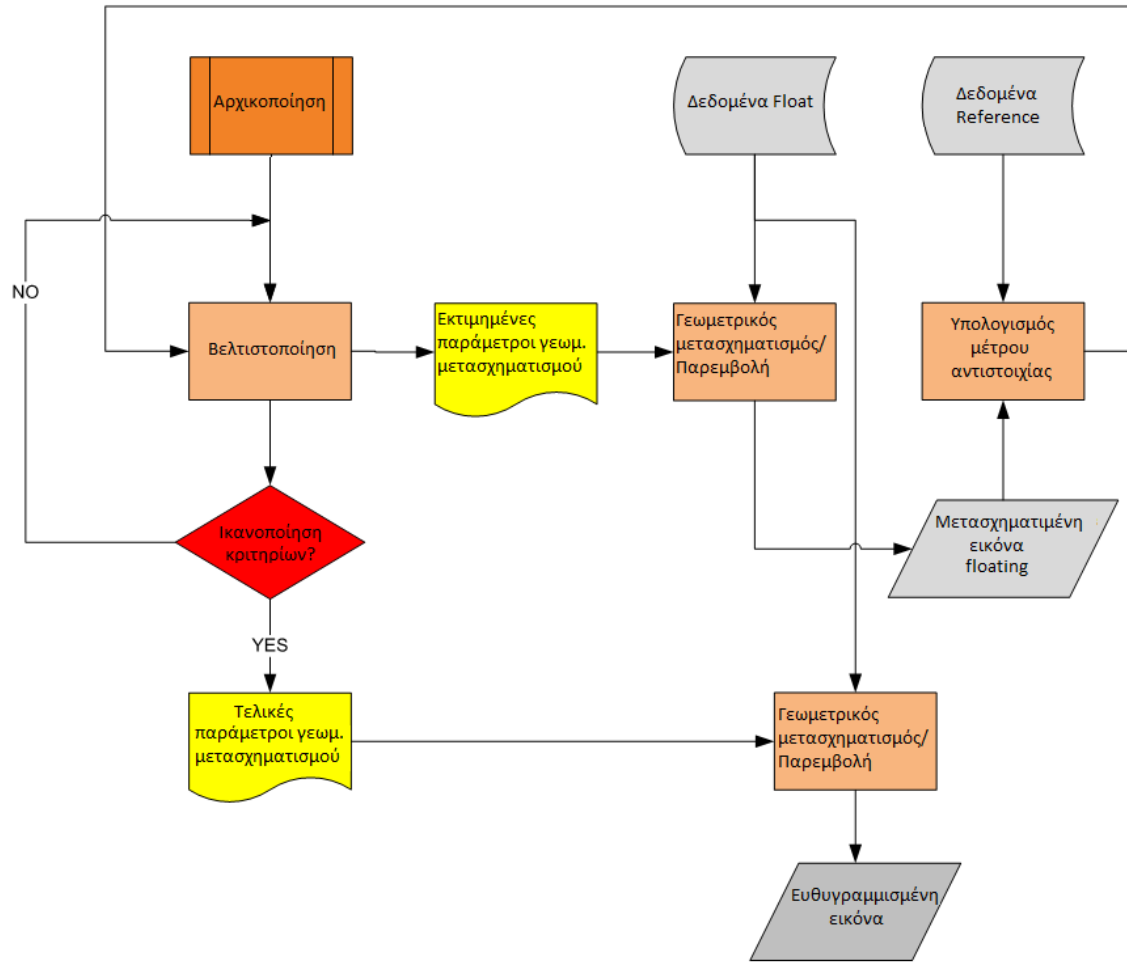
Ένα από τα πολλά παραδείγματα που πραγματοποιείται με χρήση της μεθόδου αυτής, είναι η μέτρηση οστικής υποστήριξης στο τομέα της οδοντιατρικής. Ακόμα ένα παράδειγμα που καθιστά την ευθυγράμμιση ένα από τα σπουδαιότερα διαγνωστικά μέσα της σημερινής ιατρικής είναι ο αποδοτικός εντοπισμός καρκινικών όγκων σε πρώιμα στάδια. Ο συνδυασμός λειτουργικής πληροφορίας που μπορεί να παράξουν αξονικές τεχνικές όπως SPECT και PET μαζί με την ανατομική πληροφορία που προφέρουν τα CT, τα MRI, οι υπέρηχοι και οι ακτίνες X ανεβάζουν σημαντικά το επίπεδο πληροφορίας που μπορεί να παραχθεί. Η σωστή ευθυγράμμιση των δύο αυτών πληροφοριών, με την ανατομική ως εικόνα αναφοράς (reference) και τη λειτουργική ως μεταβλητή εικόνα προς ευθυγράμμιση (float), μεγιστοποιούν τις πιθανότητες ανίχνευσης καρκινικών όγκων σε αρχικό στάδιο και ταυτόχρονα βοηθιείται ο σχεδιασμός όσο το δυνατό πιο αποτελεσματικών ακτινοθεραπειών.

Τέλος, η ευθυγράμμιση δεδομένων εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται δεδομένα από ανατομικούς άτλαντες σε συνδυασμό με πραγματικά κλινικά δεδομένα, καθώς και σε μελέτες επί πλήθους ασθενών [49].

3.2.1 Τεχνική Ευθυγράμμισης Δεδομένων

Κύριος στόχος της ευθυγράμμισης δεδομένων είναι η εφαρμογή σχετικών τεχνικών ώστε να μετατραπούν οι χωρικές συντεταγμένες μιας εικόνας και να καταλήξει να έχει τις ίδιες με μια άλλη. Η εικόνα που καθορίζει τις συντεταγμένες ονομάζεται εικόνα αναφοράς (reference image) ενώ η εικόνα που θα υποστεί μετατροπή για να ευθυγραμμιστεί κατάλληλα με την πρώτη, ονομάζεται float image.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1, τα στάδια της οποίας αναλύονται στη συνέχεια.



Εικόνα 3.1: Λογικό διάγραμμα

Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1, η μέθοδος ευθυγράμμισης πραγματοποιεί μια επαναληπτική διαδικασία, με τελικό σκοπό τον ικανοποιητικό μετασχηματισμό των δεδομένων της εικόνας float ώστε να ικανοποιούνται κάποια κριτήρια. Αρχικά τα δεδομένα float, όπως φαίνεται και στο λογικό διάγραμμα, θα υποστούν ένα γεωμετρικό μετασχηματισμό ο οποίος θα προκαλέσει μια μεταβολή στις χωρικές συντεταγμένες τους. Ο γεωμετρικός μετασχηματισμός αποτελεί το πρώτο βήμα της επαναληπτικής διαδικασίας, οι παράμετροι του οποίου καθορίζονται από μία διαδικασία βελτιστοποίησης. Στο τέλος κάθε επανάληψης, υπολογίζεται το μέτρο αντιστοιχίας το οποίο αναπαριστά το βαθμό ομοιότητας μεταξύ της εικόνας αναφοράς και της μετασχηματισμένης εικόνας. Πριν από κάθε σύγκριση των δύο εικόνων λαμβάνει χώρα μια διαδικασία παρεμβολής, η οποία μετατρέπει τις συντεταγμένες της μετασχηματισμένης εικόνας σε ακέραιες τιμές. Η διαδικασία βελτιστοποίησης χρησιμοποιώντας το μέτρο αντιστοιχίας, υπολογίζει τον καλύτερο δυνατό βαθμό μεταβολής που πρέπει να πραγματοποιηθεί. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια συνθήκη ελέγχου που εξετάζει αν ικανοποιούνται κάποια προκαθορισμένα κριτήρια. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να ικανοποιηθούν τα κριτήρια αυτά και

ακολουθώς πραγματοποιείται ένας τελευταίος μετασχηματισμός στην εικόνα float ο οποίος παράγει την ευθυγραμμισμένη εικόνα.

Όπως φαίνεται στο λογικό διάγραμμα και με την περιγραφή που δώσαμε πιο πάνω μπορούμε να διαχωρίσουμε τη διαδικασία σε τέσσερα βασικά στάδια. Τα στάδια επεξεργασίας δεδομένων καθορίζουν τη μεθοδολογία που ακολουθείται για την ευθυγράμμιση. Παρουσιάζονται με πορτοκαλί χρώμα στην Εικόνα 3.1 και είναι τα εξής:

- Γεωμετρικός Μετασχηματισμός (Transformation)
- Διαδικασίες Βελτιστοποίησης (Optimization)
- Μέτρο της αντιστοίχισης (Measure of Match)
- Παρεμβολή (Interpolation)

Το πρόγραμμα γράφτηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής μεταξύ τεσσάρων αλγορίθμων για κάθε ένα από τα στάδια αυτά. Στη συνέχεια θα αναπτύξουμε τις τέσσερις επιλογές του κάθε σταδίου και τη λειτουργία τους.

3.2.1.1 Γεωμετρικός Μετασχηματισμός (Transformation)

Ο γεωμετρικός μετασχηματισμός μπορεί να είναι ολικός και να εφαρμόζεται στο σύνολο της εικόνας ή τοπικός και να μεταβάλλει μόνο μια περιοχή της εικόνας. Οι τοπικοί μετασχηματισμοί δεν βρίσκουν συχνά εφαρμογή διότι μπορεί να προκαλέσουν ασυνέχειες στα όρια των περιοχών που εφαρμόζονται. Στη διαδικτυακή εφαρμογή δίνονται τέσσερις διαφορετικές επιλογές αλγορίθμων για το στάδιο αυτό και είναι οι εξής:

A) Συμπαγής Μετασχηματισμός – RIGID

Η συμπαγής κίνηση που λαμβάνει μέρος με τον μετασχηματισμό RIGID, δεν μεταβάλλει τις εσωτερικές αποστάσεις και γωνίες του συνόλου των σημείων που μετασχηματίζονται. Μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια ενός ολικού συμπαγούς μετασχηματισμού ο οποίος διατηρεί το σχήμα των αντικειμένων αναλλοίωτο [50]. Αναλύεται σε συνιστώσες περιστροφής και μετατόπισης. Για την ανάλυση της περιστροφής ενός αντικειμένου γύρω από ένα άξονα (x) με γωνία φ (φ_x) χρειαζόμαστε την μήτρα περιστροφής (R_x) ως προς αυτό τον άξονα. Στη δική μας περίπτωση αναλύουμε την μήτρα περιστροφής ως προς τους άξονες x και y. Έτσι η μήτρα περιστροφής (R) αποτελείται από το γινόμενο δύο μητρών περιστροφής (R_x, R_y) οι οποίες αντιπροσωπεύουν την περιστροφή γύρω από τον αντίστοιχο άξονα [51].

$$R = R_x \cdot R_y$$

$$\Rightarrow R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_x & -\sin \varphi_x \\ 0 & \sin \varphi_x & \cos \varphi_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \varphi_y & 0 & \sin \varphi_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi_y & 0 & \cos \varphi_y \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

Αντίστοιχα η μετατόπιση ως προς τους δύο άξονες αναπαρίσταται με το διάνυσμα:

$$\mathbf{d} = \begin{pmatrix} d_x \\ d_y \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Έτσι, στον συμπαγή μετασχηματισμό, ένα σημείο $\mathbf{r} = (x, y)$ μετασχηματίζεται στο σημείο $\mathbf{r}' = (x', y')$ σύμφωνα με την σχέση:

$$\mathbf{r}' = \mathbf{R} \mathbf{r} + \mathbf{d} \quad (3.3)$$

Με βάση τις (3.1) και (3.2), η (3.3) γράφεται:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \mathbf{R} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_x \\ d_y \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

B) Μετασχηματισμός Τύπου AFFINE

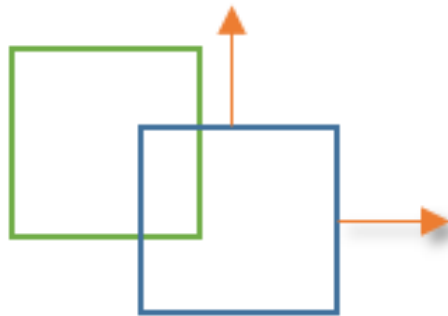
Ένας μετασχηματισμός τύπου affine μεταβάλλει μόνο τις γωνίες και τα μήκη διατηρώντας τα σημεία, τις ευθείες γραμμές και τα επίπεδα αμετάβλητα. Οι ευθείες γραμμές περιστρέφονται διατηρώντας την παραλληλία τους. Όμως η μεταβολή στο μήκος τους προκαλεί παραμόρφωση στο σχήμα του αντικειμένου.[48] Ο μετασχηματισμός τύπου affine δύο διαστάσεων αποτελείται από ένα γραμμικό μετασχηματισμό και μια μετατόπιση σχηματίζοντας την εξίσωση:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_x \\ d_y \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

όπου ο πίνακας $\begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix}$ είναι πίνακας πραγματικών τιμών.

Γ) Translation

Ο μετασχηματισμός Translation είναι η πιο απλή μορφή και μπορεί να θεωρηθεί ως υποκατηγορία του συμπαγούς μετασχηματισμού (Rigid). Στο μετασχηματισμό αυτό, η float image μετακινείται ως προς τους άξονες x και y όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Εικόνα 3.2: Μετατόπιση εικόνας ως προς τους άξονες x, y με μετασχηματισμό Translation

Ο πίνακας μετασχηματισμού στη περίπτωση αυτή είναι ο εξής:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

όπου τα t_x και t_y αντιπροσωπεύουν τη μετατόπιση κατά τους άξονες x και y.

Δ) Similarity

Όταν δύο γεωμετρικά αντικείμενα έχουν το ίδιο σχήμα ή το ένα έχει το ίδιο με το κατοπτρικό είδωλο του άλλου τότε ονομάζονται όμοια. Αυτό σημαίνει ότι, το ένα μπορεί να παραχθεί από το άλλο με κατάλληλη κλιμάκωση (μεγέθυνση ή σμίκρυνση), μετατόπιση, περιστροφή και αντικατοπτρισμό. Ο μετασχηματισμός similarity είναι μια σύγχρονη και νέα τεχνική η οποία συγκρίνει τις ομοιότητες των γεωμετρικών αντικειμένων σε δύο επίπεδα [52].

Σύμφωνα με την Γραμμική Άλγεβρα, δύο πίνακες $n \times n$, χαρακτηρίζονται ως όμοιοι αν και μόνο αν:

$$B = P^{-1}AP \quad (3.7)$$

3.2.1.2 Διαδικασίες Βελτιστοποίησης (Optimization)

Η βελτιστοποίηση είναι υπεύθυνη για την εκτίμηση των κατάλληλων εσωτερικών παραμέτρων που θα εφαρμοστούν στο γεωμετρικό μετασχηματισμό. Χρησιμοποιεί το μέτρο ανισοτιχίας και υπολογίζει τον καλύτερο δυνατό βαθμό μεταβολής που απαιτείται [53][54]. Οι αλγόριθμοι που μπορούν να επιλεγθούν από το χρήστη για το κομμάτι αυτό είναι:

A) Τεχνική Εξαντλητικής Αναζήτησης (Exhaustive)

Η τεχνική Εξαντλητικής Αναζήτησης, γνωστή επίσης ως Brute-Force, ελέγχει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς αναζητώντας τη βέλτιστη λύση. Ο χρόνος που απαιτείται είναι ανάλογος με το συνολικό αριθμό των δυνατών λύσεων που πρέπει να ελεγχθούν, με αποτέλεσμα αυτό να καθίσταται πολύ χρονοβόρο, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που εμπλέκονται σχετικά πολλές παράμετροι. Από την άλλη, με αυτή την προσέγγιση, ελέγχεται κάθε πιθανός συνδυασμός με αποτέλεσμα να εντοπίζεται η πιο αποδοτική λύση [55]. Επομένως η επιλογή της εξαντλητικής βελτιστοποίησης καθίσταται κατάλληλη μόνο όταν υπάρχει περιορισμένος αριθμός πιθανών λύσεων [55].

B) Μέθοδος Powell

Η μέθοδος Powell [56] είναι ένας αλγόριθμος που βρίσκει το τοπικό ελάχιστο μιας συνάρτησης. Η συνάρτηση δε χρειάζεται να είναι διαφορίσιμη, αφού η μέθοδος δε χρησιμοποιεί παραγώγους. Από ένα αρχικό σημείο που ορίζεται από το χρήστη, ξεκινά η αναζήτηση του τοπικού ελαχίστου μέσω N διανυσμάτων, όπου N είναι η διάσταση της εικόνας. Η αναζήτηση γίνεται από ένα

διάνυσμα κάθε φορά, με διαδοχική σειρά. Όταν βρεθεί το τοπικό ελάχιστο, η νέα θέση μπορεί να εκφραστεί σαν γραμμικός συνδυασμός των τελευταίων διανυσμάτων αναζήτησης. Το νέο διάνυσμα μετατόπισης γίνεται το νέο διάνυσμα αναζήτησης και η διαδικασία πραγματοποιείται για ένα προκαθορισμένο αριθμό επαναλήψεων. Ο βασικός αλγόριθμος είναι απλός, όμως η πολυπλοκότητα έγκειται στις γραμμικές αναζητήσεις κατά μήκος των διανυσμάτων αναζήτησης [58][59].

Γ) Μέθοδος Κλίσεων(Gradient)

Η μέθοδος Κλίσεων (Gradient) είναι τεχνική βελτιστοποίησης η οποία περιλαμβάνει και υπολογισμό της πρώτης παραγώγου της συνάρτησης σφάλματος. Ωστόσο, παρόλο που είναι πιο αργή από την Powell, μπορεί να δώσει πιο ακριβή αποτελέσματα. Παρόμοιου τύπου είναι η μέθοδος Variable Metric ή αλλιώς Quasi-Newton.

Δ) Μέθοδος Simplex

Το πρόγραμμα συμπεριλαμβάνει και τη μονοκατευθυντική μέθοδο (Simplex Method) για την βελτιστοποίηση των παραμέτρων μετασχηματισμού.

Σαν “simplex” αποκαλείται ένα γεωμετρικό σχήμα που στις N διαστάσεις έχει $N+1$ γωνίες, οι οποίες ορίζουν τις επιφάνειες και τις ακμές του, επομένως στο επίπεδο 2Δ το simplex είναι ένα τρίγωνο. Αρχικά επιλέγεται ένα σημείο αρχικοποίησης P_0 και τα υπόλοιπα N σημεία προκύπτουν ως εξής:

$$P_i = P_0 + \lambda e_i \quad (3.8)$$

όπου e_i είναι N μοναδιαία διανύσματα, και η παράμετρος λ μπορεί να λάβει την ίδια ή διαφορετική τιμή για κάθε διάνυσμα. Η μέθοδος ξεκινά με μια σειρά βημάτων όπου η γωνία του simplex με τη μεγαλύτερη τιμή μετακινείται κάθε φορά διαπερνώντας την απέναντι έδρα προς ένα σημείο με μικρότερη τιμή. Τα βήματα αυτά ονομάζονται αντανάκλασεις και πραγματοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται ο όγκος του simplex. Όπου είναι εφικτό, η μέθοδος εκτείνει τη γωνία του simplex με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτελεί μεγαλύτερα βήματα. Όταν βρίσκεται σε επίπεδες περιοχές (όπου τα σημεία έχουν παρόμοιες τιμές και απουσιάζουν τοπικά ελάχιστα), η μέθοδος συμπύσσεται προς μια αντίθετη κατεύθυνση και επιχειρεί να ξεφύγει από την επίπεδη περιοχή. Όταν ένα σημείο ελαχίστου βρίσκεται ανάμεσα σε σημεία με μεγάλες τιμές, το simplex δεν μπορεί να το προσεγγίσει διατηρώντας τον όγκο του. Τότε συμπύσσεται προς το καλύτερο σημείο του, το σημείο δηλαδή με τη χαμηλότερη τιμή. Στο simplex έχει αποδοθεί ο χαρακτηρισμός “αμοιβάδα” που περιγράφει την ιδιαιτερότητα της κίνησής του [59].

3.2.1.3 Μέτρο της Αντιστοιχίας (Measure of Match)

Όπως φαίνεται και στο λογικό διάγραμμα της Εικόνας 3.1, στο τέλος κάθε επανάληψης, εκτελείται το στάδιο του μέτρου αντιστοιχίας όπου υπολογίζεται η απόκλιση μεταξύ των δεδομένων αναφοράς και των μετασχηματισμένων δεδομένων. Ουσιαστικά συγκρίνεται η πρόσφατα μετασχηματισμένη εικόνα με την εικόνα αναφοράς. Για το στάδιο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τέσσερις πιο κάτω τεχνικές:

A) Συντελεστής Συσχέτισης (Correlation Coefficient)

Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει μία τιμή στο διάστημα $[0,1]$ με το 1 να υποδεικνύει πλήρη ομοιότητα μεταξύ των δύο εικόνων. Το πόρισμα γίνεται με τη χρήση χρωματικών πυκνοτήτων οι οποίες επηρεάζονται από μεταβολές φωτεινότητας ή της αντίθεσης των εικόνων. Αν λοιπόν οι δύο εικόνες προέρχονται από δύο διαφορετικές απεικονιστικές μεθόδους, η ευθυγράμμιση μπορεί να αποτύχει λόγω της διαφορετικής χρωματικής πυκνότητας που αποδίδεται από την κάθε τεχνική. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται ένα επιπλέον στάδιο προεπεξεργασίας. Ο τύπος που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης είναι:

$$CC(I_R, I_T) = \left| \frac{\sum_r [I_T(r) - \bar{I}_T][I_R(r) - \bar{I}_R]}{\sqrt{\sum_r [I_T(r) - \bar{I}_T]^2} \sqrt{\sum_r [I_R(r) - \bar{I}_R]^2}} \right| \quad (3.9)$$

όπου \bar{I}_T, \bar{I}_R είναι οι μέσες τιμές των εικόνων I_T και I_R αντίστοιχα.

Μια σημαντική ιδιότητα του συντελεστή συσχέτισης είναι το ότι παραμένει αναλλοίωτος σε γραμμικούς μετασχηματισμούς της μορφής $aI + b$, δηλαδή $CC(a_1I_T + b_1, a_2I_R + b_2) = CC(I_T, I_R)$ [48].

B) Συντελεστής Αμοιβαίας Πληροφορίας (Mattes Mutual Information)

Ο συντελεστής αμοιβαίας πληροφορίας, γνωστός και ως βαθμός αμοιβαιότητας, υποδεικνύει το ποσό πληροφορίας που περιέχει η reference image για την transformed image που εξάγεται σε κάθε επανάληψη. Σε αντίθεση με το συντελεστή συσχέτισης, ο συντελεστής αμοιβαίας πληροφορίας μπορεί να εφαρμοστεί και σε δεδομένα από διαφορετικές απεικονιστικές τεχνικές. Όπως και στη προηγούμενη περίπτωση, μεταβολές φωτεινότητας ή αντίθεσης δεν επηρεάζουν το συντελεστή, αλλά ούτε και ο θόρυβος [57]. Υπολογίζεται με την πιο κάτω σχέση:

$$MI(I_T, I_R) = \sum_{k=0}^{G-1} \sum_{l=0}^{G-1} P(I_T = k, I_R = l) \log_2 \frac{P(I_T = k, I_R = l)}{P(I_T = k) P(I_R = l)} \quad (3.10)$$

Γ) Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent)

Η μέθοδος αυτή, εφαρμόζεται στο σύνολο των αντικειμένων και σημαντικό πλεονέκτημα της είναι ότι μπορεί να συσχετιστεί με οποιαδήποτε μέθοδο μετασχηματισμού. Η επιτυχία της ακρίβειας των αποτελεσμάτων εξαρτάται από την ομαλότητα των τιμών έντασης της εικόνας και πολλές φορές οι ιδιότητες της γενίκευσης καταλήγουν σε λανθασμένα αποτελέσματα. Όταν λοιπόν, έχουν να αντιμετωπίσουν πρωτόγνωρες μορφές αντικειμένων επιβάλλεται η χρήση μεθόδων λείανσης και μείωσης της ποιότητας της εικόνας. Αυτές οι προσεγγίσεις μπορεί να κριθούν κατάλληλες για ορισμένες περιπτώσεις, αλλά όχι για όλες [60]. Η μέθοδος βασίζεται στον τύπο $\mathbf{b} = \mathbf{a} - \gamma \nabla F(\mathbf{a})$ όπου η γ είναι μια σταθερά με μικρή τιμή και \mathbf{a} το σημείο στη γειτονιά του οποίου εκτελείται ο υπολογισμός.

Δ) Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (Mean Square Error)

Η τεχνική του μέσου τετραγωνικού σφάλματος υπολογίζει τις τιμές SNR των δύο εικόνων και έπειτα τις συγκρίνει. Το SNR (signal to noise ratio) είναι ο δείκτης αναλογίας επιθυμητού σήματος και ανεπιθύμητου θορύβου και μπορεί να υπολογιστεί με διάφορους τρόπους [61].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|r_i'' - T(r_i)\|^2 \quad (3.11)$$

όπου $T = \operatorname{argmax}_T [O(I_T(r), I_R(r))]$.

3.2.1.4 Interpolation (Παρεμβολή)

Αμέσως μετά από την εκτέλεση του γεωμετρικού μετασχηματισμού εφαρμόζεται η παρεμβολή με σκοπό να προσδιορίσει την κατάλληλη θέση των pixels. Πρακτικά, μια εικόνα αποτελείται από στοιχεία τα οποία αποτελούν έναν πίνακα, επομένως οι συντεταγμένες x και y των pixels πρέπει να μετατρέπονται σε ακέραιους αριθμούς. Για την παρεμβολή δίνονται επίσης τέσσερις επιλογές που αναπτύσσονται πιο κάτω:

Α) Γραμμική Παρεμβολή

Η γραμμική παρεμβολή εξασφαλίζει αρκετά γρήγορη σύγκλιση στην ακριβή τιμή της ρίζας. Αφού γνωρίζουμε δύο διαφορετικές τιμές στα αντίστοιχα σημεία των δύο εικόνων, μπορούμε να προσεγγίσουμε μια ακέραια αποδεκτή τιμή στο σημείο αυτό. Ένας τρόπος είναι να προσεγγίσουμε την ευθυγραμμισμένη εικόνα με μια ευθεία γραμμή που να διέρχεται από τα σημεία $(x_1, f(x_1))$ και $(x_2, f(x_2))$ [62]. Η γραμμή $y(x)$ δίνεται προφανώς από τη σχέση:

$$y(x) - y(x_1) = \frac{y(x_2) - y(x_1)}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad (3.12)$$

Επομένως θα έχουμε:

$$y(x) = \frac{f(x_1)(x_2 - x) + f(x_2)(x - x_1)}{x_2 - x_1} \quad (3.13)$$

B) Παρεμβολή Πλησιέστερου Γείτονα (Nearest Neighbor)

Ο αλγόριθμος παρεμβολής πλησιέστερου γείτονα είναι από τους πιο βασικούς και απαιτεί το λιγότερο χρόνο επεξεργασίας σε σχέση με τους υπόλοιπους, διότι οι υπολογισμοί εκτελούνται σε ένα μόνο pixel, το πλησιέστερο προς το σημείο παρεμβολής.

Τα επιλεγμένα σημεία του δείγματος θα είναι τα πλησιέστερα N σημεία ή όλα τα σημεία μέσα σε μία δεδομένη ακτίνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του N τόσο μεγαλύτερο θα είναι το αποτέλεσμα εξομάλυνσης του μέσου όρου. Η εξομάλυνση μπορεί να εξισορροπηθεί με τη χρήση ενός μέσου όρου με βάρη, κατά την οποία το βάρος που αποδίδεται σε κάθε σημείο είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασής του από το σημείο παρεμβολής.

Γ) B-splines(Basis spline)

Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι παρεμβολής οι οποίοι λαμβάνουν υπόψιν μεγαλύτερη εμβέλεια γειτονικών pixels, όμως έχουν αυξημένο υπολογιστικό κόστος. Ένας από αυτούς είναι και ο b-splines ο οποίος διατηρεί περισσότερη πληροφορία της παρεμβαλλόμενης εικόνας, σε σχέση με τους άλλους. Τέτοιου είδους αλγόριθμοι παρουσιάζονται εξαιρετικά χρήσιμοι όταν η επεξεργασία της εικόνας συμπεριλαμβάνει πολλαπλές στρεβλώσεις στα διάφορα στάδια που την αποτελούν. Ωστόσο, για διαδικασίες ενός σταδίου μεγέθυνσης ή περιστροφής, η υψηλής ακρίβειας τεχνική b-splines προσφέρει μηδαμινή βελτίωση στο μεγαλύτερο κομμάτι του χρόνου εκτέλεσης [63].

Δ) Wsinc (Windowed sinc)

Η μέθοδος windowed sinc χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ζωνών συχνοτήτων. Όπως και ο αλγόριθμος b-splines, έτσι και αυτός της wsinc είναι πολύ σταθερός και μπορεί να εξάγει υψηλά επίπεδα απόδοσης και ακρίβειας. Παρόλες τις υπολογιστικές της δυνατότητες στο πεδίο των συχνοτήτων, παρουσιάζει και μερικά μειονεκτήματα. Η απόδοση του υστερεί στο πεδίο του χρόνου και μερικές φορές μπορεί να προκαλέσει παραμορφώσεις όπως υπερβολικό κυματισμό (excessive ripple) και υπερέψωση (overshoot). Η διαδικασία της συνέλιξης των παραθύρων sinc είναι εύκολο να προγραμματιστεί, αλλά παίρνει πολύ χρόνο να εκτελεστεί [64].

3.2.3 Εσωτερικές παράμετροι και εκτέλεση του προγράμματος

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα το οποίο είναι γραμμένο σε κώδικα C++. Το πρόγραμμα αποτελείται από ένα εκτελέσιμο αρχείο με την ονομασία reg2d το οποίο εκτελείται μέσω ενός Terminal αφού δοθούν οι κατάλληλες εσωτερικές

παράμετροι. Επιτρέπει την τροποποίηση του αλγόριθμου ευθυγράμμισης που θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τις τεχνικές ευθυγράμμισης δισδιάστατων εικόνων που αναπτύχθηκαν πιο πάνω.

Η σειρά των δύο εικόνων που δίνονται για επεξεργασία ως πρώτες παράμετροι στο πρόγραμμα καθορίζει ποια εικόνα θα παίζει το ρόλο της εικόνας αναφοράς(reference image) και ποια το ρόλο της εικόνας προς ευθυγράμμιση(float image). Ποιο αναλυτικά, αν το κατασκευασμένο πρόγραμμα εκτελεστεί στο Terminal ενός λειτουργικού(πχ. στη δική μας περίπτωση Linux, Debian), τότε το πρώτο στοιχείο που δίνεται είναι η εικόνα αναφοράς ενώ το δεύτερο είναι η εικόνα προς ευθυγράμμιση. Αυτό σημαίνει ότι στη δεύτερη εικόνα θα εφαρμοστούν τεχνικές μετατόπισης που περιγράψαμε πιο πάνω, με σκοπό να ευθυγραμμιστεί ως προς τις ανατομικές περιοχές της πρώτης.

Οι ονομασίες των δύο αυτών εικόνων πρέπει να είναι έγκυρες και τα directories από τα οποία επιλέγονται πρέπει να εισάγονται σωστά. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα τρίτο στοιχείο του οποίου η ονομασία μπαίνει αυθαίρετα και είναι το αποτέλεσμα της τελικής εικόνας που δημιουργείται. Μπορεί να μπει και χωρίς κάποιο path, κάτι το οποίο θα δημιουργούσε την ευθυγραμμισμένη εικόνα στο φάκελο όπου εκτελέστηκε και το πρόγραμμα. Στην πιο κάτω εικόνα παρουσιάζεται ο τρόπος εκτέλεσης του προγράμματος σε ένα Terminal με όλες τις παραμέτρους.

```
eliodorou@debian:~/Desktop/reg2d/build$ ./reg2d ukfrpost.bmp ukfrr3-3.bmp result.bmp 0 1 3 3  
fusion_before.bmp fusion_after.bmp result.json
```

Εικόνα 3.3: Τρόπος εκτέλεσης προγράμματος στο Terminal με τις εσωτερικές του παραμέτρους

Κάθε φορά που θα εκτελεστεί η μέθοδος ευθυγράμμισης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε από τις τεχνικές που περιγράψαμε πιο πάνω. Το terminal παίρνει τις τιμές 0,1,2 ή 3 τέσσερις συνεχόμενες φορές οι οποίες θα ορίσουν μια από τις 4 τεχνικές για το κομμάτι του γεωμετρικού μετασχηματισμού, της διαδικασίας βελτιστοποίησης, του μέτρου αντιστοίχισης και της παρεμβολής αντίστοιχα. Στην εικόνα παρουσιάζεται ένα τυχαίο παράδειγμα με τις τιμές 0 1 3 και 3.

Στη συνέχεια προστέθηκαν μερικά ακόμα αποτελέσματα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να αντιληφθεί πόσο αποδοτική πράγματι είναι η επεξεργασία. Πιο συγκεκριμένα η εκτέλεση στο Terminal απαιτεί ακόμα τρία στοιχεία. Τα δύο πρώτα στοιχεία είναι ονομασίες εικόνων όπου θα δείχνουν τη σύντηξη των εικόνων προς ευθυγράμμιση πριν και μετά την επεξεργασία έτσι ώστε να φανεί ο μετασχηματισμός της float image. Επίσης η συμπτυγμένη εικόνα μετά την μέθοδο ευθυγράμμισης μπορεί να μελετηθεί ώστε να βρεθούν διαφορές μεταξύ των δύο εικόνων. Το τρίτο στοιχείο είναι ένα αρχείο JSON το οποίο περιέχει τις τιμές του μέτρου αντιστοιχίας πριν και μετά τη διαδικασία, όπου φαίνεται η σημαντική βελτίωση στην ευθυγράμμιση και τον πίνακα μετασχηματισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Οποιαδήποτε παράληψη κάποιου στοιχείου, μη έγκυρη ονομασία ή directory, καθώς επίσης και λανθασμένη σειρά προκαλεί πρόβλημα (error) και το πρόγραμμα δεν τρέχει καθόλου. Επίσης για

να μπορέσουν να εφαρμοστούν οι μεθοδολογίες σωστά χρειάζονται κάποιες προγραμματιστικές βιβλιοθήκες, τις οποίες θα αναπτύξουμε στη συνέχεια. Όλα αυτά καθιστούν τον τρόπο εκτέλεσης δύσκολο για κάποιον που δεν είναι συνηθισμένος ή δεν έχει ικανοποιητική εμπειρία με υπολογιστές. Το περιβάλλον, ειδικά για ένα γιατρό ο οποίος θέλει να εκτελεί όσο πιο άμεσα τις διαδικασίες αυτές, δεν είναι καθόλου πρακτικό. Με την εφαρμογή που κατασκευάσαμε επιλύονται όλα αυτά αλλά και ακόμα περισσότερα προβλήματα, κάνοντας την εφαρμογή πρακτική, με απλό και φιλικό περιβάλλον, προσβάσιμο από οποιαδήποτε συσκευή κ.α.

3.3 Τεχνολογίες Υλοποίησης του Web-based Application

Για τη υλοποίηση του web application επιλέξαμε να εργαστούμε σε λειτουργικό Linux, Debian όπου έχουμε και στο Server στον οποίο ανεβάσαμε το πρόγραμμα. Εκτός από τις απαραίτητες τεχνολογίες για την κατασκευή της ιστοσελίδας όπως την HTML θα αναφέρουμε συγκεκριμένα όλα τα απαραίτητα τεχνολογικά μέσα και εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε κατά τη διάρκεια της εργασίας.

3.3.1 NetBeans IDE

Εργαστήκαμε στο NetBeans IDE (Integrated Development Environment) το οποίο προσφέρεται σε συνδυασμό με τον Glassfish Server. Τα δύο αυτά προϊόντα ανήκουν στην Oracle, κάτι που διευκολύνει τον προγραμματισμό με κώδικα Java. Οι περισσότεροι προγραμματιστές αναγνωρίζουν το NetBeans IDE ως το γνήσιο δωρεάν IDE για προγραμματισμό με Java. Ωστόσο, το NetBeans IDE υποστηρίζει και πολλές άλλες γλώσσες όπως PHP, C / C ++, JavaScript, κλπ. και πλαίσια (frameworks).

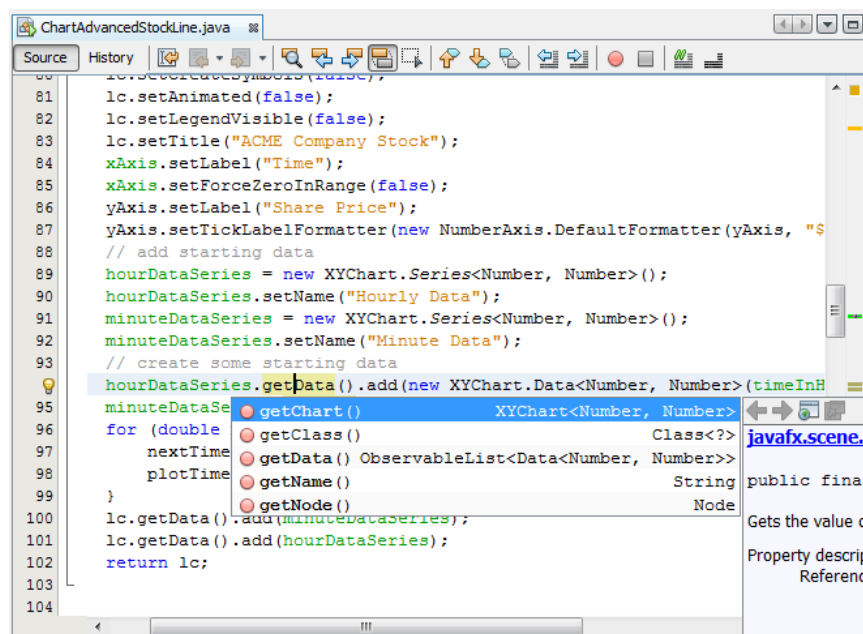
Το NetBeans αποτελεί προϊόν ανάπτυξης λογισμικού (NetBeans IDE και πλατφόρμα NetBeans) το οποίο καλύπτει τις ανάγκες των προγραμματιστών, των χρηστών και των επιχειρήσεων που βασίζονται σε αυτό ως βάση για τα προϊόντα τους. Δίνει τη δυνατότητα εύκολης, γρήγορης και αποτελεσματικής ανάπτυξης προϊόντων. Το NetBeans χορηγείται από την Sun Microsystems και προσφέρετο με ανοιχτό κώδικα, από τον Ιούνιο του 2000 μέχρι τον Ιανουάριο του 2010 που η εταιρεία αγοράστηκε από την Oracle, η οποία εξακολούθησε να το προφέρει με ανοιχτό κώδικα στο κοινό. Το γεγονός αυτό, δίνει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να τροποποιηθεί και να διαμοιραστεί αφού ο σχεδιασμός του είναι προσιτός στο κοινό. Τα δύο προϊόντα βάσης, το NetBeans IDE και το NetBeans Platform, διατίθενται δωρεάν για εμπορική και μη εμπορική χρήση. Ο πηγαίος κώδικας και των δύο είναι διαθέσιμος για επαναχρησιμοποίηση από οποιονδήποτε, φτάνει να συμφωνεί με τους όρους χρήσης. Η κοινότητα του NetBeans αποτελείται από ανθρώπους από όλο τον κόσμο οι οποίοι μπορούν να κάνουν ερωτήσεις, να δώσουν συμβουλές, να συμβάλλουν και εν τέλει να διαδώσουν τα επιτυχημένα προϊόντα της εταιρείας. Σήμερα τα downloads του NetBeans IDE φτάνουν τα 18 εκατομμύρια και χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη προγραμμάτων

και εφαρμογών, από πέραν των 800.000 προγραμματιστών κατατάσσοντας το έργο της NetBeans σε μια σημαντική θέση στο χώρο των application development [65].

Το NetBeans IDE προσφέρει ακριβώς όσα χρειαστήκαμε για τη δημιουργία του web application. Όπως ειπώθηκε πιο πάνω επιτρέπει τη γρήγορη και εύκολη ανάπτυξη εφαρμογών Java σε desktop, κινητά (mobile) και web, καθώς και εφαρμογές HTML5 με την HTML, JavaScript και CSS. Το IDE είναι δωρεάν και open source και έχει μια μεγάλη κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών απ' όλο τον κόσμο.

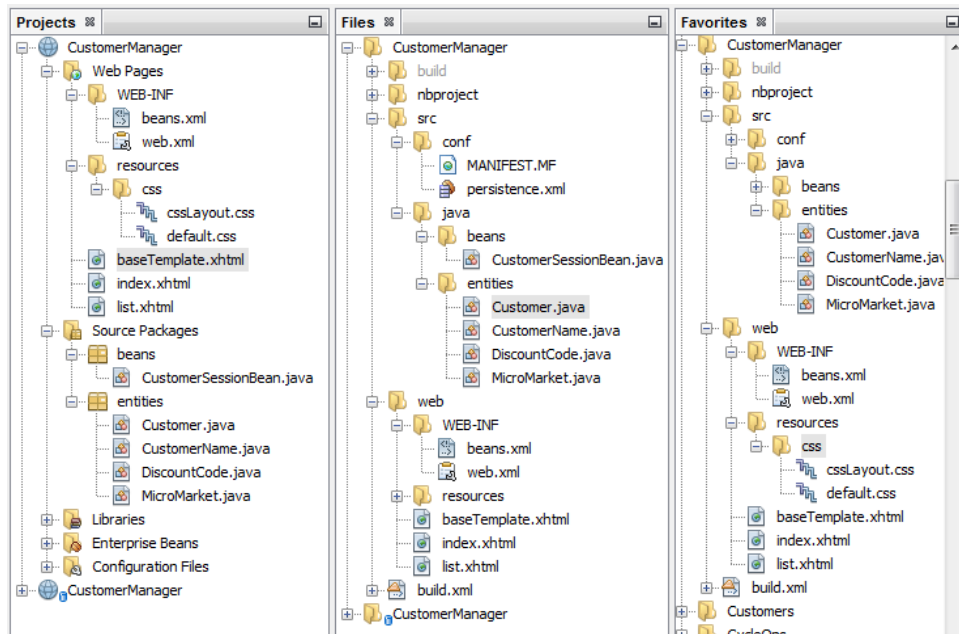
Προσφέρει την καλύτερη υποστήριξη για τις τελευταίες τεχνολογίες Java. Με τους συντάκτες (editors), τους αναλυτές κώδικα (code analyzers) και τους μετατροπείς (converters) που συμπεριλαμβάνει, επιτρέπει την αναβάθμιση της εφαρμογής έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση των νέων γλωσσικών δομών Java 8, λειτουργικών δραστηριοτήτων, και αναφορών μεθόδου.

Όπως και τα περισσότερα IDE έτσι και το NetBeans IDE, αφήνει αυτόματα γραμμές μεταξύ εντολών εκεί που πρέπει, ταιριάζει λέξεις με παρενθέσεις, και χρωματίζει εντολές πηγαίου κώδικα συντακτικά και σημασιολογικά. Παρέχει επίσης πρότυπα κώδικα, συμβουλές κωδικοποίησης και γεννήτριες κώδικα [65].



Εικόνα 3.4: Εύκολη και γρήγορη επεξεργασία κώδικα με το NetBeans IDE

Ο σχηματισμός μιας σαφούς εικόνας σε μεγάλες εφαρμογές που περιέχουν χιλιάδες φακέλους και αρχεία, και εκατομμύρια γραμμές κώδικα, είναι ένα δύσκολο έργο. Το NetBeans IDE παρέχει κατάλληλες προβολές των δεδομένων μιας εφαρμογής, από πολλαπλά παράθυρα του project με χρήσιμα εργαλεία για πιο αποτελεσματική διαχείριση, επιτρέποντάς στο χρήστη να ανατρέξει στα δεδομένα του εύκολα και γρήγορα [65].



Εικόνα 3.5: Εύκολη και αποτελεσματική διαχείριση του project με το NetBeans IDE

Η δυνατότητα αυτή διευκολύνει νέους προγραμματιστές να συμμετάσχουν στη δημιουργία μιας εφαρμογής, αφού μπορούν να κατανοήσουν τη δομή του προγράμματος, εξαιτίας του καλά οργανωμένου κώδικα.

Πολύ σημαντικό στην κατασκευή μιας εφαρμογής είναι το Γραφικό περιβάλλον χρήστη ή γραφική διασύνδεση/διεπαφή χρήστη (Graphical User Interface - GUI). GUI καλείται το σύνολο των γραφικών στοιχείων, τα οποία εμφανίζονται στην οθόνη κάποιας ψηφιακής συσκευής και χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συσκευή αυτή. Το NetBeans IDE είναι κατάλληλο για το σχεδιασμό Γραφικού Περιβάλλοντος Χρήστη (GUI) για εφαρμογές σε Java SE, Java EE, αλλά και άλλες γλώσσες προγραμματισμού, γρήγορα και ομαλά με τη χρήση των editors και εργαλείων. Για εφαρμογές Java SE, η NetBeans GUI Builder φροντίζει αυτόματα τη σωστή απόσταση και ευθυγράμμιση κώδικα [65].

Για τη δημιουργία της εφαρμογής μας, χρησιμοποιήσαμε την τεχνολογία **Servlet** η οποία δίνει τη δυνατότητα να ανταλλάζονται δεδομένα με τον πελάτη (client) του web application, κάτι το οποίο μας είναι απαραίτητο. Η λειτουργία του Servlet θα περιγραφεί στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου.

3.3.2 Glassfish Server

Ο Glassfish Server Open Source Edition 4.1.1 είναι ένας ανοικτού κώδικα διακομιστής εφαρμογών που ξεκίνησε από την Sun Microsystems για την πλατφόρμα της Java EE και χορηγείται πλέον από την Oracle. Η υποστηριζόμενη έκδοση ονομάζεται Oracle GlassFish Server. Ο GlassFish είναι ελεύθερο λογισμικό με διπλή άδεια: την Common Development and Distribution License (CDDL) και την GNU General Public License (GPL). Ο GlassFish υλοποιεί

αναφορές της Java EE και υποστηρίζει Servlets, web services, Enterprise JavaBeans, JPA, JavaServer Faces, JMS, RMI, JavaServer Pages, κλπ. Αυτό επιτρέπει στους developers να δημιουργούν εφαρμογές φορητές και επεκτάσιμες, οι οποίες μπορούν να ενσωματώσουν τεχνολογίες.

Πολλοί developers οι οποίοι έχουν εξοικειωθεί στη Java SE/Java EE επιλέγουν GlassFish για την υλοποίηση εφαρμογών Java. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι ο GlassFish Server υποστηρίζει τα updates των εκδόσεων Java EE/Java SE, πολύ πιο σύντομα από τους υπόλοιπους [66].

3.3.3 Java SE 8

Αρχικά, για να μπορέσουμε να τρέξουμε προγράμματα Java, πρέπει να έχουμε εγκαταστήσει στον υπολογιστή μας(και εν ακολουθία στο Server μας) ένα περιβάλλον εκτέλεσης Java (Java Runtime Environment - JRE), το οποίο μετατρέπει όλα τα αρχεία με την κατάληξη .java σε εκτελέσιμα. Το JDK περιέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία της Java, που χρειάζεται ένας προγραμματιστής, έτσι ώστε να αναπτύξει ένα web application. Το JRE είναι ένα υποσύνολο του JDK [67].

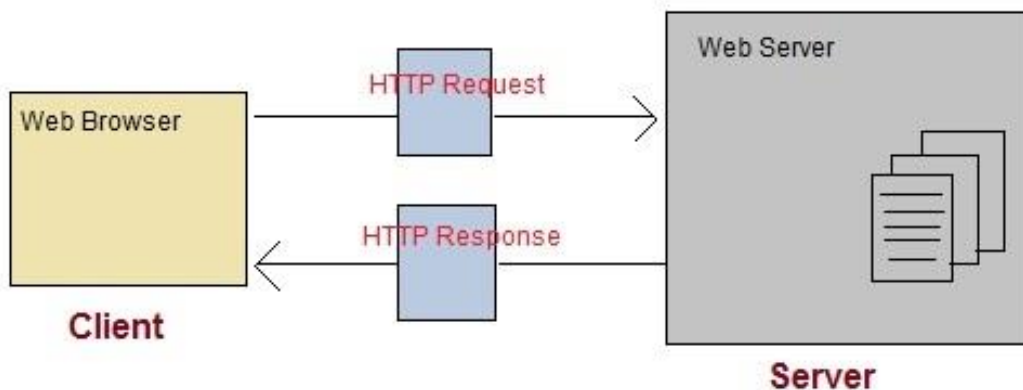
Το υλικό για την εγκατάσταση του JDK βρίσκεται στην επίσημη ιστοσελίδα της Oracle. Εμείς κατεβάσαμε και εγκαταστήσαμε την τελευταία έκδοση η οποία ήταν η Java SE 8.

3.3.4 Servlet

Για την δημιουργία του web application χρησιμοποιήσαμε την τεχνολογία των Servlets. Το διαδίκτυο αποτελείται από δισεκατομμύρια πελάτες και Servers οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω καλωδίων και ασύρματων δικτύων (wireless networks). Οι πελάτες κάνουν αιτήσεις στους Web Servers, ο Web Server λαμβάνει το αίτημα, βρίσκει τους πόρους και επιστρέφει την απάντηση στον πελάτη. Πιο συγκεκριμένα, ο πελάτης χρησιμοποιώντας ένα browser στέλνει την αίτηση στο Server, στη συνέχεια ο Server ανταποκρίνεται στο browser επιστρέφοντας ένα σύνολο οδηγιών γραμμένο σε HTML (HyperText Markup Language). Ο browser ερμηνεύει τις οδηγίες αυτές και εμφανίζει το περιεχόμενο στο πελάτη.

Προτού εξηγήσουμε το ρόλο ενός Servlet στη διαδικασία που περιγράψαμε πιο πάνω, πρέπει πρώτα να εξηγήσουμε το ρόλο ενός σημαντικού παράγοντα της διαδικασίας ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ πελάτη και διακομιστή. Αυτός είναι, το πρωτόκολλο HTTP (Hypertext Transfer Protocol) που ακολουθούν οι πελάτες και οι διακομιστές για να επικοινωνούν μεταξύ τους. Το πρωτόκολλο HTTP είναι παρόμοιο με άλλα πρωτόκολλα του Διαδικτύου όπως SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) και FTP (File Transfer Protocol), αλλά υπάρχει μια θεμελιώδης διαφορά. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα, το πρωτόκολλο HTTP χαρακτηρίζεται ως stateless, αυτό σημαίνει ότι υποστηρίζει μόνο μία αίτηση ανά σύνδεση, δηλαδή οι πελάτες συνδέονται με το διακομιστή για να στείλουν ένα αίτημα και αμέσως μετά αποσυνδέονται. Ο τρόπος λειτουργίας του, επιτρέπει τη σύνδεση περισσότερων χρηστών με ένα διακομιστή σε ένα δεδομένο χρονικό

διάστημα. Όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, ο πελάτης στέλνει ένα αίτημα HTTP και ο διακομιστής απαντά με μια σελίδα HTML στον πελάτη, χρησιμοποιώντας HTTP [68].



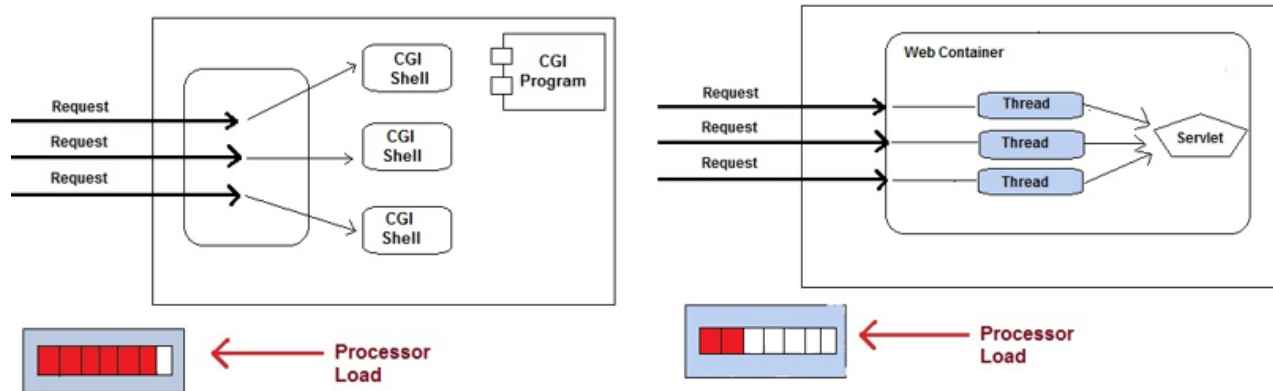
Εικόνα 3.6: Επικοινωνία πελάτη-διακομιστή με τη βοήθεια του πρωτόκολλου HTTP

Η τεχνολογία των Servlet χρησιμοποιείται για τη δημιουργία web application και χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Java. Πριν από τα Servlets, επικρατούσε μια άλλη τεχνολογία στον τομέα της κατασκευής των web application και ονομαζόταν CGI (Common Gateway Interface).

Με την τεχνολογία των CGI, ο χρήστης κάνει κλικ σε μια διεύθυνση (link) της οποίας το URL (Uniform Resource Locator) παραπέμπει σε μια δυναμική ιστοσελίδα αντί σε μια στατική. Η διεύθυνση URL αποφασίζει ποιο πρόγραμμα CGI να εκτελέσει όπου το πρόγραμμα τρέχει σε κέλυφος OS (OS shell). Τα αποτελέσματα του CGI αποστέλλονται πίσω στο Web Server, ο οποίος τα πακετάρει σε μια απόκριση HTTP η οποία στέλνεται πίσω στον web browser. Η λειτουργία αυτή ήταν χρονοβόρα αφού τα προγράμματα CGI εκτελούνταν σε δικό τους κέλυφος OS. Επιπλέον δεν είχαν τη δυνατότητα επέκτασης και τα προγράμματα CGI δεν ήταν ούτε ασφαλή ούτε αντικειμενοστραφή [68].

Εξαιτίας αυτών των μειονεκτημάτων, οι προγραμματιστές άρχισαν να ψάχνουν για καλύτερες λύσεις. Στη συνέχεια, η Sun Microsystems ανέπτυξε την τεχνολογία του Servlet την οποία προώθησε ως εναλλακτική λύση. Η μετάβαση στη τεχνολογία αυτή έγινε πολύ γρήγορα εξαιτίας των βασικών πλεονεκτημάτων που παρείχε, όπως:

- Λιγότερο χρόνο απόκρισης διότι κάθε αίτημα τρέχει σε ξεχωριστό νήμα.
- Η τεχνολογία των Servlets είναι επεκτάσιμη.
- Τα Servlets είναι ισχυρά και object-oriented.
- Δεν εξαρτούνται από την πλατφόρμα.



Εικόνα 3.7: Η βελτίωση στο τρόπο διαχείρισης του ίδιου αριθμού αιτημάτων και η μείωση φόρτου στον επεξεργαστή με τη χρήση multi-threading εξαιτίας της μετάβασης από CGI σε Servlets.

Λειτουργία Servlet

Το αίτημα HTTP από τον πελάτη μπορεί να γίνει με μια ποικιλία μεθόδων, αλλά οι δύο πιο δημοφιλείς είναι η Get και η Post. Το όνομα της μεθόδου προσδιορίζει το είδος της αίτησης που θα πραγματοποιηθεί και τα στοιχεία που πρέπει να συμπεριλαμβάνει.

Το Servlet API (Application Programming Interface) αποτελείται από δύο σημαντικά πακέτα που περιέχουν όλες τις σημαντικές κατηγορίες διασύνδεσης του. Αυτά είναι:

- javax.servlet
- javax.servlet.http

Η κατηγορία HttpServlet είναι μια κλάση η οποία ερμηνεύει την υλοποίηση των διαφόρων υπηρεσιών/μεθόδων του Servlet. Για τη δημιουργία ενός Servlet, πρέπει να δημιουργήσουμε μια κλάση που υπάγεται στη κατηγορία HttpServlet. Η κλάση αυτή, δεν υπερισχύει της μεθόδου υπηρεσίας, service() method, η οποία διαχειρίζεται το είδος του αιτήματος αλλά αναλαμβάνει τις ευθύνες της μεθόδου doGet () και/ή doPost ().

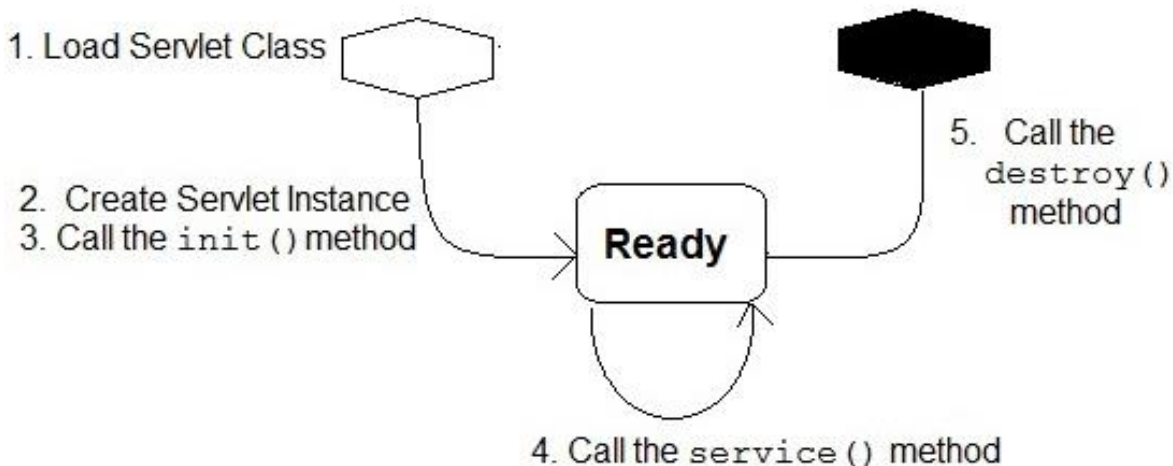
Για να μπορέσει να χειριστεί το αίτημα ενός πελάτη παρέχει αρχικά δύο σημαντικές διασυνδέσεις. Αυτές είναι η javax.servlet.ServletRequest και η javax.servlet.http.HttpServletRequest οι οποίες ερμηνεύουν το αίτημα του πελάτη και παρέχουν σημαντική πληροφορία σχετικά με αυτό. Στη συνέχεια αφού εκτελεστεί το αίτημα του πελάτη ακολουθούν άλλες δύο σημαντικές διασυνδέσεις που παρέχει το Servlet API. Αυτές είναι η ServletResponse και η HttpServletResponse και έχουν ως στόχο την αποστολή απάντησης στον πελάτη.

Οι πιο πάνω διεργασίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια των Διαδικτυακών δοχείων (Web containers) τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση και εκτέλεση εφαρμογών Java EE που χρησιμοποιούν Servlets ή JSP. Όταν πραγματοποιείται ένα αίτημα στο Servlet, ο διακομιστής παραπέμπει το αίτημα αυτό σε ένα Web container. Το Web container αναλαμβάνει την ευθύνη να

προσφέρει τις υπηρεσίες ενός Servlet ή να δημιουργήσει ένα νέο νήμα έτσι ώστε να εξυπηρετήσει την αίτηση. Το Web container ουσιαστικά μεσολαβεί, έτσι ώστε να στείλει την αίτηση στο Servlet και να λάβει απάντηση από αυτό. Στην περίπτωση πολλών αιτήσεων, το Web container δημιουργεί πολλαπλά νήματα τα οποία αναλαμβάνει ένα μόνο Servlet και τα επεξεργάζεται [68].

Ο κύκλος ζωής της συνολικής διαδικασίας που αναλαμβάνει ένα Servlet δεν εκτελείται σε μια κύρια μέθοδο, `main method()`, αλλά ακολουθεί τα εξής στάδια. Αρχικά, ο χρήστης στέλνει ένα αίτημα για το Servlet κάνοντας κλικ σε ένα link του οποίου η διεύθυνση URL παραπέμπει σε ένα Servlet. Το Web container βρίσκει το Servlet χρησιμοποιώντας περιγραφητή ανάπτυξης (`deployment descriptor`) και δημιουργεί ένα αντικείμενο αιτήματος (`HttpServletRequest`) και ένα αντικείμενο απόκρισης (`HttpServletResponse`). Στη συνέχεια, το Web container δημιουργεί ή διαθέτει ένα νήμα για το αίτημα αυτό και καλεί τη μέθοδο υπηρεσίας, `service method()`, του Servlet, δίνοντας της το περιεχόμενο της αίτησης. Η `service()` method, ανήκει στην κλάση (`class`) `HttpServlet` και εκτελείται στην περίπτωση που ενεργοποιηθούν οι Http μέθοδοι GET ή POST. Τότε καλεί τις μεθόδους `doGet()` ή `doPost()` οι οποίες είναι βασισμένες στον τύπο Http και θα επιτελέσουν το ρόλο των αντίστοιχων υπηρεσιών. Ακολούθως, το Servlet στέλνει την απάντηση πίσω στον πελάτη. Τέλος, αφού ολοκληρωθεί η `service method()`, το νήμα πεθαίνει και οι σχετικές πληροφορίες αιτήματος και απόκρισης καταστρέφονται [68].

Ο κύκλος ζωής παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί, όπου η `init method()`, χρησιμοποιείται για την εκκίνηση και αρχικοποίηση του Servlet:



Εικόνα 3.8: Ο κύκλος ζωής της συνολικής διαδικασίας ενός Servlet

3.3.5 Web services

Μια διαδικτυακή υπηρεσία (Web service) είναι κάθε κομμάτι του λογισμικού που διατίθεται μέσω του διαδικτύου και χρησιμοποιεί ένα τυποποιημένο σύστημα XML για την ανταλλαγή μηνυμάτων. Η XML χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των επικοινωνιών του Web service. Για παράδειγμα, ένας πελάτης επικαλείται ένα Web service με την αποστολή ενός μηνύματος XML, τότε περιμένει για μια αντίστοιχη απάντηση σε XML. Αφού όλες οι επικοινωνίες γίνονται σε XML, τα Web services δεν περιορίζονται από κανένα λειτουργικό σύστημα ή γλώσσα προγραμματισμού. Το γεγονός αυτό κάνει δυνατή την επικοινωνία μεταξύ Java και Perl ή εφαρμογές των Windows με εφαρμογές Unix [69].

Τα Web services μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομα και δυναμικά applications τα οποία μπορεί να περιγραφούν, να δημοσιευθούν, να ευρεθούν, ή να επικαλεστούν μέσω του Διαδικτύου για τη δημιουργία προϊόντων και διαδικασιών. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να είναι τοπικές ή και web-based και κατασκευάζονται βάση καθιερωμένων προτύπων, όπως το TCP / IP, HTTP, Java, HTML και XML. Χρησιμοποιούνται επίσης και για την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ εφαρμογών τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν προγράμματα, αντικείμενα, μηνύματα ή ακόμα και έγγραφα καθώς επίσης και στην ανταλλαγή δεδομένων μέσω δικτύων υπολογιστών με παρόμοιο τρόπο όπως γίνεται η επικοινωνία μεταξύ διεργασιών σε έναν υπολογιστή [69].

Συνοπτικά, Web services μπορούμε να ονομάσουμε οποιαδήποτε υπηρεσία που:

- Είναι διαθέσιμη μέσω του Διαδικτύου ή κάποιου ιδιωτικού δικτύου
- Χρησιμοποιεί ένα τυποποιημένο σύστημα ανταλλαγής μηνυμάτων XML
- Δεν συνδέεται με οποιαδήποτε λειτουργικό σύστημα ή γλώσσα προγραμματισμού
- Αυτοπεριγράφεται μέσω μιας κοινής γραμματικής XML
- Εντοπίζεται μέσω ενός απλού μηχανισμού αναζήτησης

Τα Web Services βασίζονται σε XML και HTTP και η λειτουργικότητά τους στηρίζεται στα εξής συστατικά:

- SOAP (Simple Object Access Protocol)
- UDDI (Universal Description, Discovery and Integration)
- WSDL (Web Services Description Language)

Λειτουργία Web service

Το Web service επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων εφαρμογών με τη χρήση ανοικτών προτύπων όπως HTML, XML, WSDL και SOAP. Με τη βοήθεια της XML επισημαίνει τα δεδομένα, με τη βοήθεια της SOAP μπορεί να μεταφέρει ένα μήνυμα, και με τη χρήση WSDL μπορεί να καθορίσει τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας [69].

Τα Web services που παρέχει το NetBeans IDE αναλαμβάνουν την εκτέλεση ενός κομματιού της συνολικής επεξεργασίας ενός Web application και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενσωμάτωση εφαρμογών οι οποίες είναι γραμμένες σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού και οι οποίες τρέχουν σε διαφορετικές πλατφόρμες. Το γεγονός ότι μπορούν να αναπτυχθούν σε διακομιστή εφαρμογών Java EE, φάνηκε χρήσιμο αφού τις κάνει κατάλληλες για τον GlassFish Server που επιλέξαμε.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες Web services:

- Τα REST-based. Τα REpresentational State Transfer (Παραστατική Κατάσταση Μεταφοράς) βασίζονται σε μια νέα μέθοδο δημιουργίας Web services, όπου χρησιμοποιούνται Uniform Resource Identifiers (URIs) τα οποία επεξεργάζονται μέσω HTTP λειτουργιών και
- τα SOAP/WSDL-based. Αποτελούν τα παραδοσιακά Web services, όπου οι διεπαφές αποτελούν URL διευθύνσεις και παρουσιάζονται με τη βοήθεια WSDL εγγράφων (όπως η XML). Η ανταλλαγή μηνυμάτων στη κατηγορία αυτή γίνεται με τη βοήθεια της SOAP.

Οι δύο κατηγορίες προσφέρουν παρόμοιες δυνατότητες και χρησιμοποιούνται συχνά σε υλοποιήσεις Web application.

3.3.6 JavaScript και jQuery

Η κύρια χρήση της JavaScript βασίζεται σε client-side web scripting, όπου ασχολείται με την αλληλεπίδραση στο πεδίο της εφαρμογής με τον πελάτη. Τα περισσότερα από τα δυναμικά χαρακτηριστικά μιας ιστοσελίδας οφείλονται στον ενσωματωμένο κώδικα JavaScript στην HTML. Είναι υπεύθυνη για οποιαδήποτε αλλαγή και προσθήκη δυναμικών εφέ εφόσον φορτωθεί η ιστοσελίδα και έχει την δυνατότητα, με τη χρήση διαδικασιών (functions), να προκαλέσει μεταβολές στη διεπαφή.

Ακόμα ένα χρήσιμο εργαλείο που εκμεταλλευτήκαμε είναι η βιβλιοθήκη jQuery. Η jQuery είναι μια βιβλιοθήκη JavaScript σχεδιασμένη έτσι ώστε να απλοποιήσει την υλοποίηση σεναρίων (scripting) στη πλευρά του πελάτη (client-side) της HTML και υποστηρίζεται από πολλούς Web browsers. Κυκλοφόρησε τον Ιανουάριο του 2006 από τον John Resig και η χρήση της ξεπερνά το 65% των πρώτων 10.000 ιστοσελίδων με τη μεγαλύτερη επισκεψιμότητα [70].

3.3.7 Android Studio

Το λειτουργικό Android τρέχει σε εκατοντάδες εκατομμύρια συσκευές σε περισσότερες από 190 χώρες σε όλο τον κόσμο. Είναι η μεγαλύτερη εγκατεστημένη βάση από οποιαδήποτε πλατφόρμα κινητών συσκευών και αυξάνεται ταχέως.

Το λειτουργικό σύστημα Android της Google προσφέρει μια πλατφόρμα υψηλής ποιότητας για τη δημιουργία εφαρμογών και παιχνιδιών για τους χρήστες του, καθώς και μια ανοιχτή αγορά για την άμεση διανομή σε αυτούς. Κάθε μέρα ενεργοποιούνται σε όλο τον κόσμο πάνω από ένα εκατομμύριο νέες συσκευές Android. Το λειτουργικό Android είναι open-source, κάτι το οποίο προτιμάται από πολλούς καταναλωτές αλλά κυρίως από προγραμματιστές και το οποίο συνεισφέρει στη συνεχή προσφορά και ζήτηση εφαρμογών οι οποίες διατίθενται στο Google Play. Συνεχώς προσπαθεί να ξεπεράσει τα όρια της συνεργασίας υλικού και λογισμικού και να φέρει νέες δυνατότητες για τους χρήστες και τους προγραμματιστές.

Η πλατφόρμα Android Studio σε συνδυασμό με τα εργαλεία SDK (Software Development Kit) που παρέχει, επιτρέπουν στους προγραμματιστές να υλοποιήσουν ισχυρές καινούριες εφαρμογές που εκμεταλλεύονται τις τελευταίες τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών. Δίνει πρόσβαση στους developers στις πιο πρόσφατες τεχνολογίες και καινοτομίες όπως επεξεργασία πολλαπλών πυρήνων, γραφικά υψηλής απόδοσης, state-of-the-art αισθητήρες, οθόνες αφής και πολλά άλλα. Προσφέρει επίσης τη δυνατότητα μοντελοποίησης ενιαίων εφαρμογών οι οποίες μπορεί να τρέχουν αποτελεσματικά σε ένα ευρύ φάσμα συσκευών όπως τηλέφωνα και tablets, ανεξαρτήτως του μεγέθους της οθόνης τους. Παρέχει εργαλεία που επωφελούνται από τις δυνατότητες του υλικού που διαθέτει κάθε συσκευή και συμπεριλαμβάνει αυτόματη προσαρμογή User Interface - UI για τη βέλτιστη εμφάνιση σε κάθε συσκευή. Ταυτόχρονα προσφέρει τεράστιο ποσοστό ελέγχου στο χρήστη, για να προσαρμόζει το UI ακριβώς όπως επιθυμεί. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης εφαρμόζει αυτόματα τα σωστά σύνολα πόρων με βάση το μέγεθος της οθόνης, την πυκνότητα, της ρυθμίσεις γλώσσας, την τοποθεσία, κοκ.

Για την αποτελεσματική ανάπτυξη εφαρμογών, τα Android Developer Tools προσφέρουν ένα πλήρες Java IDE που περιλαμβάνει πακέτα, βιβλιοθήκες και λειτουργία αποσφαλμάτωσης (debugging). Προσφέρεται επίσης πρόγραμμα το οποίο δημιουργεί εικονικές συσκευές έτσι ώστε ο κατασκευαστής να μπορεί να δει πως θα φαίνεται η εφαρμογή σε οποιαδήποτε συσκευή.

Ως μια ανοιχτή αγορά, το Google Play δίνει τη ευχέρεια στους κατασκευαστές να δημοσιεύουν όποτε θέλουν, όσο συχνά θέλουν, και για τους πελάτες που θέλουν. Επομένως ο κατασκευαστής μπορεί να επιλέξει να διανέμει ευρέως σε όλες τις αγορές και συσκευές την εφαρμογή του ή να επικεντρωθεί σε συγκεκριμένες κατηγορίες, συσκευές ή περιοχές.

Η επέκταση της δυνατότητας του Android Studio στην υλοποίηση μιας Android εφαρμογής θα συμβάλει άμεσα στην προώθηση της διαδικασίας ευθυγράμμισης που κατασκευάστηκε.

Λειτουργία Android εφαρμογών

Οι Android εφαρμογές είναι γραμμένες σε γλώσσα προγραμματισμού Java. Τα εργαλεία που παρέχει το Android SDK μεταγλωττίζουν τον κώδικα και μαζί με τα δεδομένα που χρησιμοποιεί, δημιουργούν ένα πακέτο Android (APK – Android package). Τα πακέτα αυτά είναι συμπιεσμένα αρχεία με επέκταση .apk και περιέχουν όλες τις πληροφορίες μιας εφαρμογής Android. Όλες οι συσκευές που τρέχουν λειτουργικό Android χρησιμοποιούν τα πακέτα αυτά για την εγκατάσταση της εφαρμογής.

Το λειτουργικό σύστημα Android είναι ένα σύστημα Linux πολλαπλών χρηστών (multi-user Linux system), στο οποίο κάθε εφαρμογή είναι και ένας διαφορετικός χρήστης. Το σύστημα αποδίδει αυτόματα σε κάθε εφαρμογή ένα μοναδικό αναγνωριστικό χρήστη (unique user ID) ώστε να διαχειρίζεται καλύτερα τα δικαιώματα πρόσβασης αρχείων που έχουν οι εφαρμογές. Κάθε διεργασία έχει τη δική της εικονική μηχανή (VM – Virtual Machine) στην οποία εκτελείται ο κώδικας μιας εφαρμογής με αποτέλεσμα να απομονώνεται από τις υπόλοιπες. Το λειτουργικό Android ξεκινά μια διεργασία όταν πρέπει να εκτελεστούν τα στοιχεία μιας εφαρμογής, και τερματίζεται αυτόματα όταν δεν είναι πλέον αναγκαία ή διακόπτεται όταν το σύστημα πρέπει να ανακτήσει μνήμη για άλλες εφαρμογές. Με τον τρόπο αυτό, κάθε εφαρμογή έχει δικαίωμα πρόσβασης μόνο στα στοιχεία τα οποία χρειάζεται για να εκτελεστεί σωστά η λειτουργία της.

Ωστόσο, υπάρχουν τρόποι να μοιράζονται δεδομένα μεταξύ δύο εφαρμογών ή μεταξύ μιας εφαρμογής και των υπηρεσιών (services) του συστήματος. Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν δύο εφαρμογές μοιράζονται το ίδιο User ID, που σημαίνει ότι είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση η μία στα αρχεία της άλλης. Για τη διατήρηση των πόρων του συστήματος, οι δύο αυτές εφαρμογές ενδέχεται να μοιράζονται το ίδιο VM. Επιπρόσθετα, μια εφαρμογή μπορεί να ζητήσει άδεια για πρόσβαση στα δεδομένα της συσκευής όπως επαφές του χρήστη, μηνύματα SMS, κάρτα SD, κάμερα, Bluetooth, και πολλά άλλα. Ωστόσο, για την παροχή των δικαιωμάτων αυτών πρέπει ο χρήστης να δώσει ενεργά τη συγκατάθεση του.

Έχοντας αναφέρει τα πιο πάνω, θα αναπτυχθούν τα τρία βασικά χαρακτηριστικά που συνιστούν τη λειτουργία μιας εφαρμογής Android.

A) Στοιχεία Εφαρμογής (Application Components)

Τα στοιχεία (components) είναι τα βασικά δομικά κομμάτια μιας εφαρμογής Android. Κάθε είδος component είναι και ένας διαφορετικός τρόπος με τον οποίο το σύστημα μπορεί να αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή. Το καθένα από αυτά λειτουργεί αυτόνομα και διαδραματίζει ένα συγκεκριμένο ρόλο ο οποίος καθορίζει τη συνολική συμπεριφορά της εφαρμογής.

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι components, ο καθένας από τους οποίους εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο σκοπό και έχει ένα σαφή κύκλο ζωής. Οι τέσσερις τύποι components είναι:

1. Δραστηριότητες (Activities): Μια δραστηριότητα ασχολείται με τις λειτουργίες που

προβάλλονται στην οθόνη του χρήστη και με τις οποίες αλληλεπιδρά με σκοπό την εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών, όπως η λήψη μιας φωτογραφίας, η αποστολή ενός ηλεκτρονικού μηνύματος (email), η αναζήτηση μιας τοποθεσίας σε ένα χάρτη κλπ. Σε κάθε δραστηριότητα, η εμφάνιση της διεπαφής χρήστη πραγματοποιείται μέσω ενός παραθύρου, το οποίο συνήθως καταλαμβάνει την οθόνη εξ ολοκλήρου, αν και μερικές φορές μπορεί να είναι μικρότερο επικαλύπτοντας έτσι άλλα παράθυρα.

Μια εφαρμογή αποτελείται από ένα σύνολο δραστηριοτήτων οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους. Αρχικά μια δραστηριότητα ορίζεται ως «κύρια» και παρουσιάζεται στο χρήστη κατά την έναρξη της εφαρμογής. Στη συνέχεια μπορεί να ξεκινήσει μία άλλη, προκειμένου να εκτελέσει διάφορες ενέργειες. Κάθε φορά που ξεκινάει μια νέα δραστηριότητα, η προηγούμενη διακόπτεται, ωστόσο το σύστημα διατηρεί μια στοίβα. Κάθε φορά που ξεκινάει μια νέα δραστηριότητα, προωθείται στο πίσω μέρος της στοίβας ακολουθώντας τη λογική LIFO (Last In, First Out), συνεπώς όταν ο χρήστης τελειώσει με την τρέχουσα δραστηριότητα, πατώντας το κουμπί Πίσω (Back) αφαιρείται από τη στοίβα και καταστρέφεται. Ακολουθώς, επαναφέρεται η προηγούμενη δραστηριότητα στο σημείο που είχε διακοπεί.

Όταν μια δραστηριότητα σταματά για να ξεκινήσει μια άλλη, το σύστημα ενημερώνεται και αποθηκεύει την εφαρμογή με την κατάστασή της (state), την οποία παίρνει με τη βοήθεια του κύκλου ζωής (lifecycle). Ένας κύκλος ζωής μπορεί να βρίσκεται σε κατάσταση δημιουργίας, παύσης, επανάληψης, τερματισμού ή καταστροφής.

2. Υπηρεσίες (Services): Μια υπηρεσία καθίσταται κατάλληλη για την εκτέλεση μακρόχρονων εργασιών στο παρασκήνιο (background) και δεν παρέχει περιβάλλον διεπαφής χρήστη (UI – User Interface). Συνήθως ενεργοποιείται από άλλα στοιχεία (components) και εξακολουθεί να εκτελείται στο παρασκήνιο ακόμα κι αν ο χρήστης μεταβαίνει σε άλλες εφαρμογές. Επιπλέον, έχει την ιδιότητα να αλληλεπιδρά με άλλα components μέσω εσωτερικής επικοινωνίας (IPC - Interprocess Communication) διεκπεραιώνοντας λειτουργίες από το background όπως συναλλαγές δικτύου, αναπαραγωγή μουσικής και πολλά άλλα.

3. Πάροχοι Περιεχομένου (Content Providers): Οι content providers διαχειρίζονται ένα κοινό σύνολο δεδομένων των εφαρμογών. Η αποθήκευση των δεδομένων μπορεί να γίνει στο σύστημα, σε μια βάση δεδομένων SQLite, στο διαδίκτυο ή οπουδήποτε αλλού έχει πρόσβαση η εφαρμογή. Με την υπηρεσία παροχής περιεχομένου, μπορεί να δοθεί η δυνατότητα σε άλλες εφαρμογές, να χρησιμοποιήσουν ή ακόμα και να τροποποιήσουν τα δεδομένα. Επίσης χρησιμεύουν στην ασφαλή ανάγνωση και εγγραφή ιδιωτικών δεδομένων μιας εφαρμογής, όταν δηλαδή τα δεδομένα δεν διαμοιράζονται.

4. Δέκτες Εκπομπής (Broadcast receivers): Ένας δέκτης εκπομπής ενεργοποιείται για να προβάλλει ανακοινώσεις ευρείας μετάδοσης του συστήματος. Ενημερώνει το σύστημα για θέματα που το επηρεάζουν άμεσα και διακόπτει την εφαρμογή που χρησιμοποιείται τη δεδομένη χρονική στιγμή. Τέτοιες λειτουργίες συμπεριλαμβάνουν την απενεργοποίηση οθόνης, ενημέρωση χαμηλής μπαταρίας, λήψη φωτογραφίας κλπ. Παρόλο που δεν χρησιμοποιεί UI, μπορεί να δημιουργήσει

μια ειδοποίηση (alert) και να ειδοποιήσει το χρήστη με μια γραμμή κατάστασης (status bar notification).

B) Αρχείο Δήλωσης (Manifest File)

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση κάθε εφαρμογής αποτελεί ένα αρχείο με το όνομα AndroidManifest.xml. Το αρχείο αυτό παρέχει σημαντικές πληροφορίες στο σύστημα Android σχετικά με την εφαρμογή, οι οποίες είναι απαραίτητες για την εκτέλεση του κώδικα εφαρμογής. Μεταξύ άλλων, το αρχείο δήλωσης πραγματοποιεί τις εξής λειτουργίες:

- Ονομασία των πακέτων Java της εφαρμογής. Το όνομα του πακέτου χρησιμεύει ως μοναδικό αναγνωριστικό (unique identifier) για την εφαρμογή.
- Περιγραφή των components που αποτελούν την εφαρμογή συμπεριλαμβανομένων των κατηγοριών στις οποίες ανήκουν και των δυνατοτήτων τους. Οι δηλώσεις αυτές επιτρέπουν στο σύστημα Android να γνωρίζει ποια είναι τα components και υπό ποιες προϋποθέσεις μπορούν να ξεκινήσουν.
- Καθορισμός διεργασιών οι οποίες θα εξυπηρετήσουν τα components της εφαρμογής.
- Δήλωση των δικαιωμάτων μιας εφαρμογής προκειμένου να έχει πρόσβαση σε προστατευμένα μέρη του API και να αλληλεπιδρά με άλλες εφαρμογές.
- Δήλωση των δικαιωμάτων που πρέπει να έχουν οι άλλοι ώστε να αλληλεπιδρούν με τα components της εφαρμογής.
- Δήλωση του ελάχιστου επιπέδου Android API που απαιτεί η εφαρμογή.
- Παράθεση των βιβλιοθηκών με τις οποίες συνδέεται η εφαρμογή.

Γ) Πόροι Εφαρμογής (Application Resources)

Μια εφαρμογή Android δεν αποτελείται μόνο από κώδικα, αλλά και από πόρους ανεξάρτητους από αυτόν όπως εικόνες, αρχεία ήχου και οτιδήποτε άλλο σχετίζεται με την εμφάνιση της εφαρμογής. Για να οριστούν μενού, στυλ, χρώμα και γενικά η διάταξη της διεπαφής χρήστη χρησιμοποιούνται αρχεία XML.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των resources είναι η ευελιξία που διαθέτουν σε εναλλακτικές μορφές, οι οποίες καθορίζονται βάσει των χαρακτηριστικών της εκάστοτε συσκευής. Επομένως η χρήση των πόρων εφαρμογής (application resources) καθιστά εύκολη την ενημέρωση (update) των χαρακτηριστικών της εφαρμογής χωρίς τροποποίηση του κώδικα παρέχοντας τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της εφαρμογής σε ποικιλία συσκευών.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

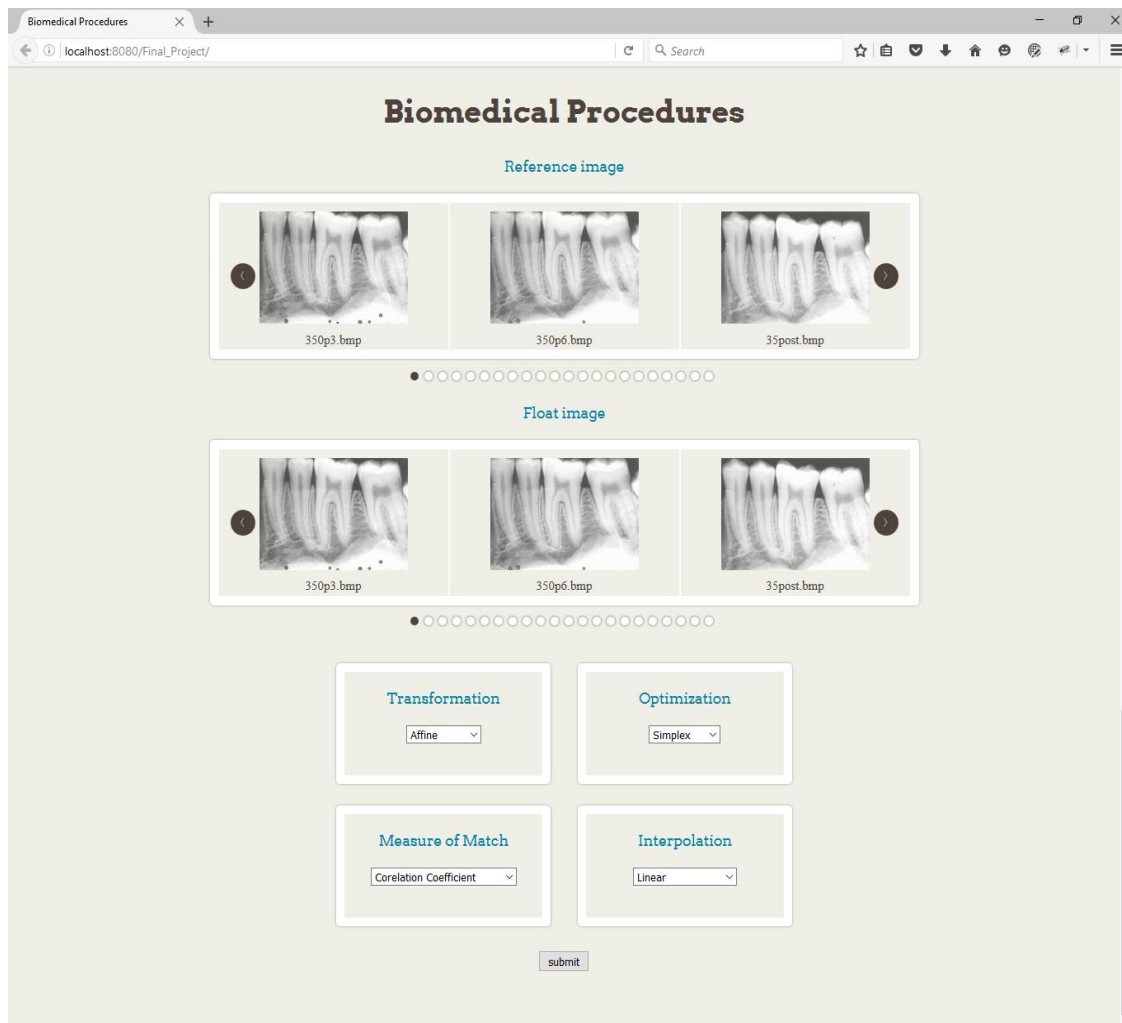
4.1 Σκοπός του Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτύξουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε για την υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής (web application). Η περιγραφή της διαδικασίας θα γίνει παράλληλα με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Δείχνοντας λοιπόν τη διεπαφή θα εξηγήσουμε αναλυτικά για κάθε κομμάτι τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάστηκε και τις τεχνολογίες που εκμεταλλευτήκαμε για την κατασκευή του.

4.2 Υλοποίηση και Αποτελέσματα

4.2.1 Web Application

Η πρώτη ιστοσελίδα που θα εμφανιστεί στο Web browser του χρήστη παρουσιάζεται πιο κάτω:




Εικόνα 4.1: Πρώτη ιστοσελίδα της εφαρμογής για την επιλογή παραμέτρων

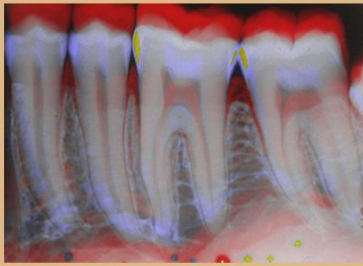
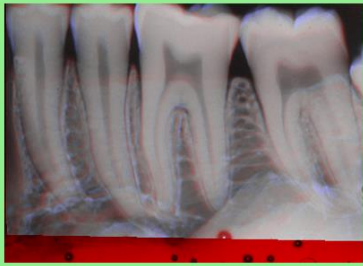
Επιδιώξαμε να δώσουμε στην ιστοσελίδα ένα απλοϊκό και ομοιόμορφο χαρακτήρα. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει μια εικόνα ως reference και μία εικόνα ως float. Στη συνέχεια επιλέγει τεχνική για κάθε ένα από τα στάδια της μεθόδου (transformation, optimization, measure of match και interpolation) και κάνει κλικ στο κουμπί submit. Τότε θα ληφθούν τα επιλεγμένα στοιχεία με τη βοήθεια του Servlet το οποίο θα εκτελέσει τη μέθοδο ευθυγράμμισης. Τα αποτελέσματα θα εμφανιστούν στον browser του χρήστη με τη φόρτωση μιας νέας ιστοσελίδας η οποία φαίνεται πιο κάτω:

Results

Aligned Image



Fusion

| Before | After |
|---|--|
|  |  |

Measure of match

| Before | After |
|----------|----------|
| 0.940064 | 0.994606 |

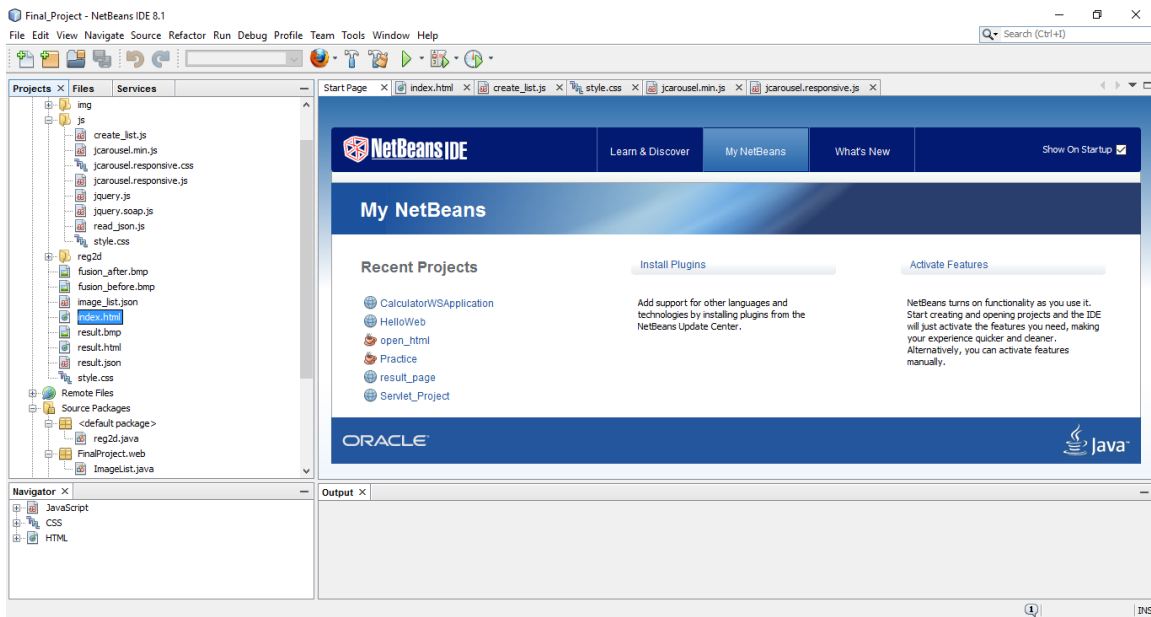
Transformation matrix

| | | |
|------------|-------------|----------|
| 1.00338 | -0.00243195 | -1.47932 |
| -0.0178551 | 1.00006 | 29.2133 |

Εικόνα 4.2: Δεύτερη ιστοσελίδα της εφαρμογής για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων

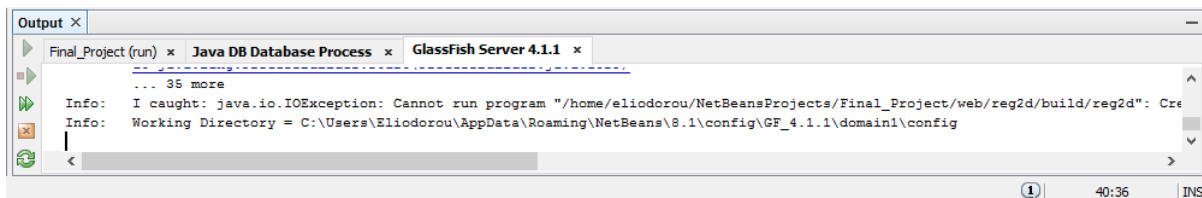
Στη Εικόνα 4.2 παρουσιάζεται η ευθυγραμμισμένη εικόνα, η σύμπτυξη των εικόνων float και reference και το μέτρο αντιστοιχίας πριν και μετά την επεξεργασία και ο πίνακας μετασχηματισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Για την υλοποίηση των πιο πάνω, έγινε χρήση του NetBeans IDE όπου κατασκευάσαμε την τελική εργασία με την ονομασία Final_Project. Το περιβάλλον του NetBeans στο οποίο δουλέψαμε παρουσιάζεται πιο κάτω:



Εικόνα 4.3: Το NetBeans IDE στο οποίο εργαστήκαμε

Το περιβάλλον NetBeans παρέχει πρακτικά εργαλεία τα οποία διευκόλυναν το έργο μας. Όπως φαίνεται στα αριστερά της Εικόνας 4.3, παρουσιάζονται όλα τα αρχεία που αποτελούν την εργασία τα οποία ανοίγονται σε παράθυρα για να επεξεργαστεί ο κώδικας τους. Η σημαντική ιδιαιτερότητα του NetBeans IDE όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 3 είναι η στενή συνεργασία του με τον Glassfish Server που χρησιμοποιήσαμε. Όταν εκτελούσαμε το ολικό Web project, δημιουργούσαμε ταυτόχρονα και έναν τοπικό διακομιστή (local host) Glassfish στον υπολογιστή. Με τον τρόπο αυτό είχαμε στη διάθεση μας όλες τις ιδιότητες ενός διακομιστή και μπορούσαμε να τις εκμεταλλευτούμε. Επίσης μπορούσαμε να ελέγξουμε ότι όλες οι ανταλλαγές πληροφορίας μεταξύ διεπαφής και Server μέσω του Servlet εκτελούνται σωστά. Πιο κάτω φαίνεται η δημιουργία του Glassfish Server.



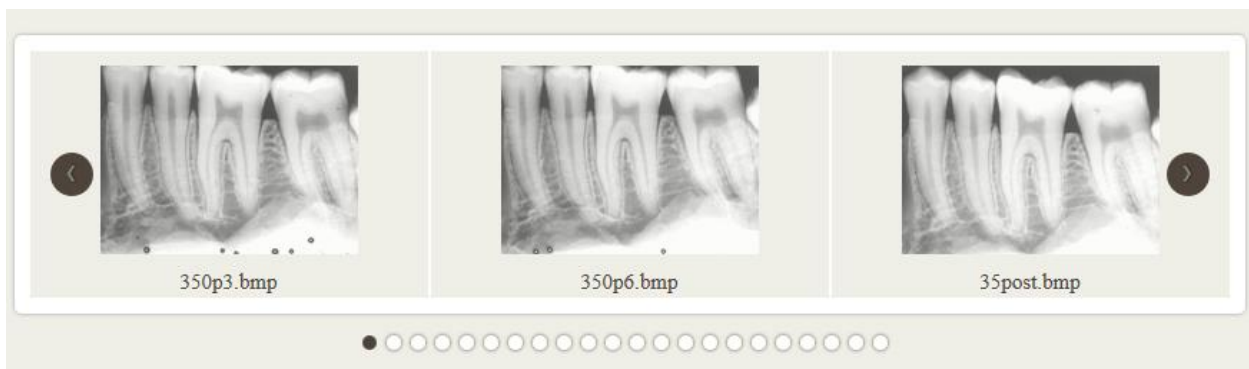
Εικόνα 4.4: Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου διακομιστή Glassfish κατά την εκτέλεση του προγράμματός μας

Όπως φαίνεται με το που επιλέγουμε το Run πραγματοποιούνται τρεις διαδικασίες παράλληλα:

- 1) Δημιουργείται/Τρέχει ένας Glassfish Server.
- 2) Η εφαρμογή μας εγκαθίσταται στον Glassfish Server.
- 3) Ο Glassfish Server εκτελεί την εφαρμογή μας.

Για όλη τη διαδικασία και την κύρια δομή που παρουσιάζει η διεπαφή χρησιμοποιήθηκε κώδικας HTML. Όμως για τη διαμόρφωση της εμφάνισης των στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν Cascading Style Sheets (CSS). Η χρήση των CSS μας έδωσε τη δυνατότητα να διαμορφώσουμε μια συγκεκριμένη σχεδίαση, με την οποία θα εμφανίζονται τα στοιχεία και να επιλέξουμε αυτά που θα την υιοθετήσουν. Επιπρόσθετα, τα styles που κατασκευάζονται με CSS μπορούν να χρησιμοποιούνται σε όσες ιστοσελίδες συμπεριλαμβάνεται. Το γεγονός ότι σχεδιάσαμε μία μόνο φορά τη μορφή κάθε κατηγορίας στοιχείων, είχε σαν αποτέλεσμα να κερδίσουμε χρόνο και να πετύχουμε μια ομοιόμορφη εμφάνιση και στις δύο ιστοσελίδες. Η προσθήκη των CSS έγινε μέσα στον κώδικα του html αρχείου με την εντολή link.

Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε αναλυτικά πώς επιτεύχθηκε η λίστα επιλογής των εικόνων reference και float και πως προσθαφαιρούνται εικόνες στη λίστα αυτή. Πιο κάτω απεικονίζεται η εμφάνιση της λίστας με την οποία παρουσιάζονται οι εικόνες στον browser.



Εικόνα 4.5: Λίστα που περιέχει τις εικόνες για να επιλεχθούν οι reference και float εικόνες

Στα δεξιά και αριστερά της εικόνας υπάρχουν δύο βέλη τα οποία δείχνουν σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις. Ο χρήστης πατώντας πάνω σε αυτά μπορεί να κινηθεί δεξιά και αριστερά της λίστας, έτσι ώστε να ψάξει όλες τις εικόνες που διατίθενται και να επιλέξει αυτήν που επιθυμεί. Επίσης κάτω από το πλαίσιο υπάρχουν κάποιες κουκκίδες, η μαυρισμένη υποδεικνύει το σημείο της λίστας που βρισκόμαστε και σε περίπτωση που η λίστα είναι μεγάλη μπορεί να περιηγηθεί χρησιμοποιώντας τις κουκκίδες αυτές. Η λειτουργία της λίστας κατασκευάστηκε με jQuery. Τα jQuery όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελούν βιβλιοθήκες JavaScript και συχνά CSS. Τα jQuery διατίθενται δωρεάν και αυτό που χρησιμοποιήσαμε ονομάζεται jcarousel. Για να προσθέσουμε τους κώδικες JavaScript του jQuery έτσι ώστε η λίστα να λειτουργεί με τον τρόπο που περιγράψαμε πιο πάνω, χρησιμοποιήθηκε η εντολή src="με το path του αρχείου JavaScript" στο στοιχείο της html <script></script>.

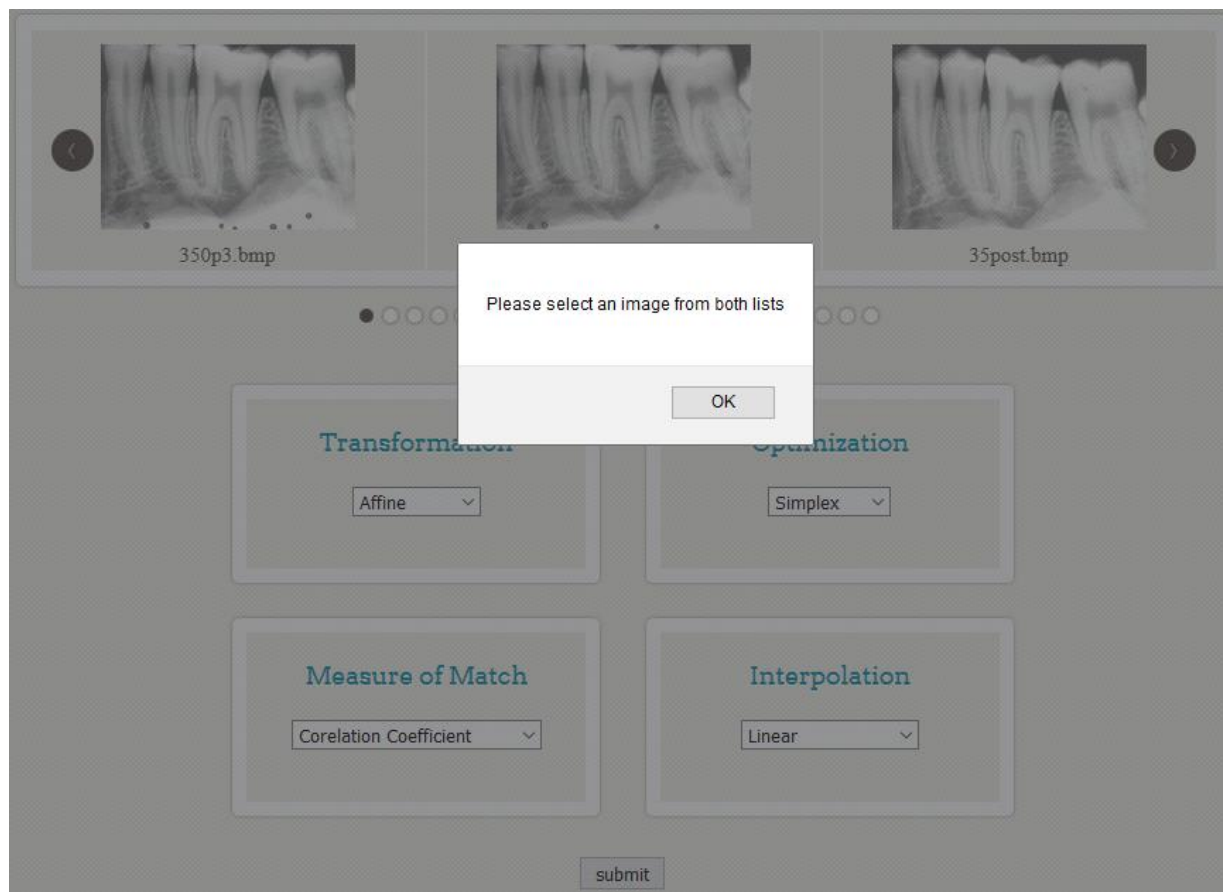
Αρχικά ο κώδικας του αρχείου html κατασκευάστηκε με μια λίστα η οποία περιείχε τρεις συγκεκριμένες εικόνες. Σε περίπτωση που ο χρήστης ήθελε να τρέξει τη μέθοδο ευθυγράμμισης με άλλες εικόνες τότε θα χρειαζόταν πρόσβαση στον κώδικα του αρχείου και τις απαραίτητες προγραμματιστικές γνώσεις για την ορθή επεξεργασία του. Αυτό όμως δεν ήταν καθόλου πρακτικό και γι' αυτό αποφασίσαμε να κάνουμε πιο απλή την προσθήκη ή την αφαίρεση εικόνων στο σύστημα. Για το λόγο αυτό όλες οι εικόνες που υπάρχουν σε ένα συγκεκριμένο φάκελο, που ονομάσαμε img, είναι οι εικόνες που παρέχει η λίστα. Το μόνο λοιπόν που χρειάζεται για τη διαμόρφωση της λίστας της ιστοσελίδας είναι η προσθήκη ή η αφαίρεση εικόνων στο φάκελο αυτό. Για να το πετύχουμε αυτό χρησιμοποιήσαμε ένα Web service το οποίο ονομάσαμε ImageList, όπου παίρνουμε τα στοιχεία του φακέλου και τα μετατρέπουμε σε ένα ενιαίο string. Αν ο φάκελος συμπεριλαμβάνει οποιοδήποτε τύπου αρχεία πέραν από εικόνες bitmap (*.bmp) με τις οποίες λειτουργεί το πρόγραμμα, θα αγνοηθούν και η λίστα θα σχηματιστεί κανονικά. Στη συνέχεια η μεταβλητή string σπάει στις ονομασίες κάθε εικόνας με τη βοήθεια μιας διαδικασίας JavaScript και διαμορφώνονται τα στοιχεία της λίστας. Η διαδικασία αυτή εκτελείται πριν φορτωθεί η ιστοσελίδα, επομένως η λίστα παραμένει συνεχώς ενημερωμένη.

Όταν ο χρήστης διαλέξει εικόνα, την επιλέγει κάνοντας κλικ πάνω της. Η επιλεγμένη εικόνα σκιάζεται και προστίθεται ένα μπλε πλαίσιο γύρω από αυτήν. Αυτό γίνεται για πρακτικούς λόγους έτσι ώστε ο χρήστης να επιβεβαιώνει την επιθυμητή του εικόνα. Πιο κάτω φαίνεται ένα τυχαίο ζευγάρι επιλεγμένων εικόνων reference και float.



Εικόνα 4.6: Επιλεγμένες εικόνες reference και float

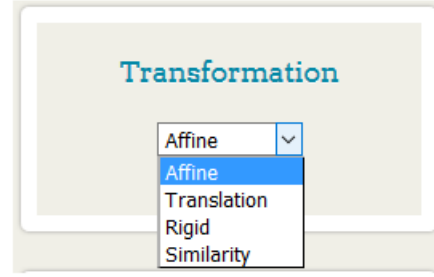
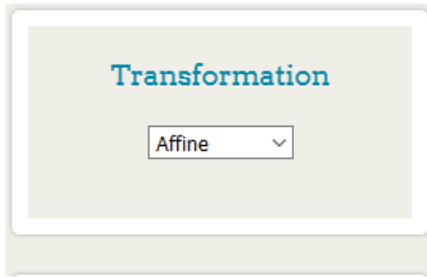
Σε περίπτωση που ο χρήστης πατήσει submit χωρίς να έχει επιλέξει reference και float εικόνες τότε εμφανίζεται ένα αντίστοιχο ενημερωτικό μήνυμα. Το μήνυμα αυτό εμφανίζεται και στην περίπτωση που ο χρήστης επέλεξε μόνο μία εκ των δύο εικόνων. Πιο κάτω παρουσιάζεται το μήνυμα αυτό.



Εικόνα 4.7: Μήνυμα σφάλματος όταν δεν επιλέχθηκαν εικόνες ως reference και ως float

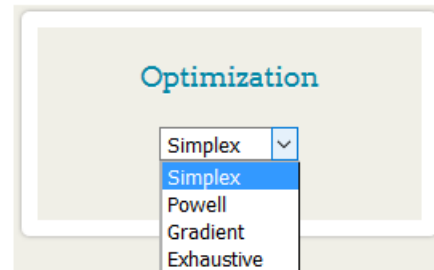
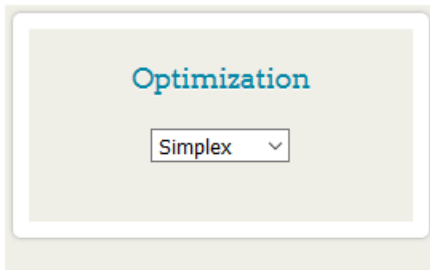
Όπως αναφέραμε το πρόγραμμα που εκτελεί τη μέθοδο ευθυγράμμισης έχει τη δυνατότητα να δίνει τέσσερις διαφορετικές επιλογές τεχνικών για το κάθε ένα από τα τέσσερα στάδια που την αποτελούν.

Για τη μέθοδο γεωμετρικού μετασχηματισμού, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει Affine, Translation, Rigid και Similarity όπως περιγράψαμε και στο κεφάλαιο 3.2.1. Η μέθοδος γεωμετρικού μετασχηματισμού με Affine είναι προεπιλεγμένη, όπως φαίνεται στα αριστερά της παρακάτω εικόνας. Διαφορετικά αν ο χρήστης επιθυμήσει να αλλάξει το κομμάτι αυτό, κάνοντας κλικ πάνω στο Affine παρουσιάζεται μια λίστα με όλες τις επιλογές όπως παρουσιάζεται στα δεξιά της εικόνας.



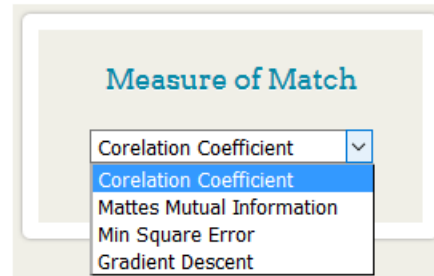
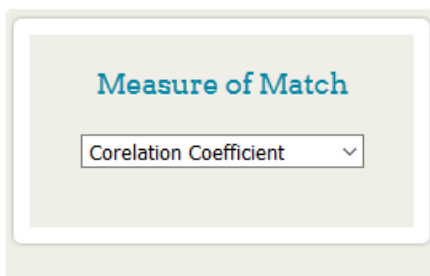
Εικόνα 4.8: Επιλογή τεχνικής για τη μέθοδο γεωμετρικού μετασχηματισμού

Αντίστοιχα, η ίδια λογική ισχύει και για τα υπόλοιπα τρία στάδια της μεθόδου ευθυγράμμισης (βελτιστοποίησης, μέτρο της αντιστοιχίας και παρεμβολής). Οι αντίστοιχες εικόνες για τα υπόλοιπα στάδια αυτά παρουσιάζονται πιο κάτω.



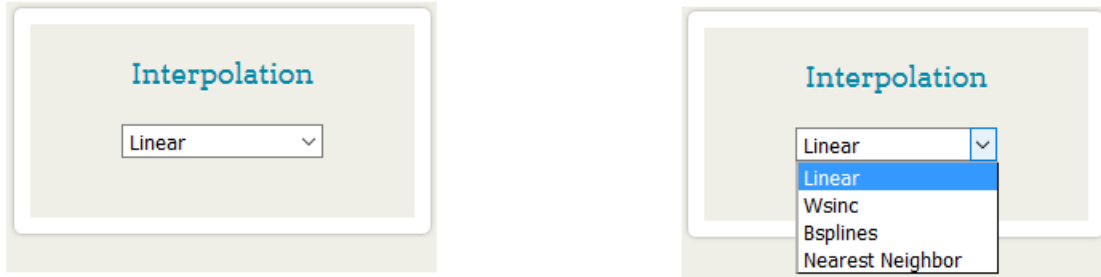
Εικόνα 4.9: Επιλογή τεχνικής για τη διαδικασία βελτιστοποίησης

Όπως φαίνεται πιο πάνω, οι επιλογές για τη μέθοδο βελτιστοποίησης είναι η Simplex, η Powell, η Gradient και η Exhaustive οι οποίες αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 3.2.2 με προεπιλεγμένη την Simplex.



Εικόνα 4.10: Επιλογή τεχνικής για τη μέθοδο μέτρου αντιστοιχίας

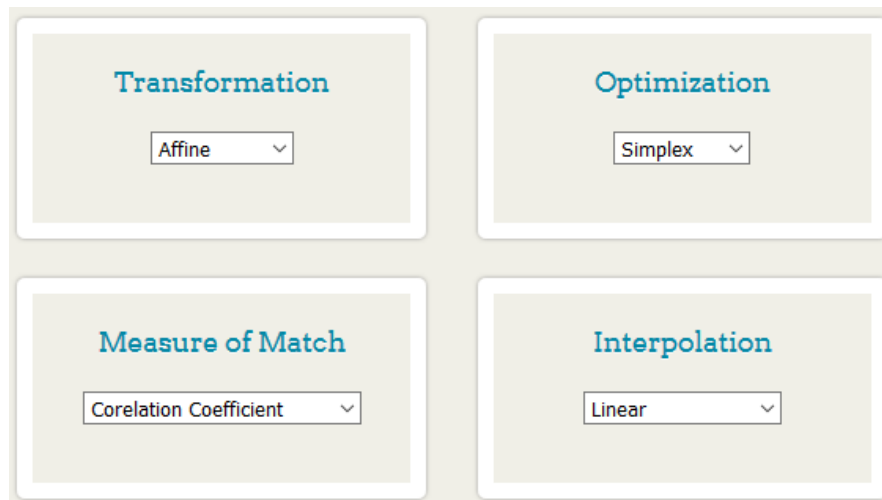
Όπως φαίνεται πιο πάνω, οι επιλογές για τη μέθοδο μέτρου αντιστοιχίας είναι Corelation Coefficient, Mattes Mutual Information, Gradient Descent και Mean Square Error του κεφαλαίου 3.2.3 με προεπιλεγμένη την πρώτη.



Εικόνα 4.11: Επιλογή τεχνικής για τη μέθοδο παρεμβολής

Τέλος για την παρεμβολή προεπιλεγμένη είναι η Linear και μπορεί να αλλαχτεί με την Wsinc, τη Bsplines και τη Nearest Neighbor οι οποίες περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.2.4.

Επομένως η συνολική εμφάνιση των προεπιλεγμένων τεχνικών είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 4.12: Στοιχεία με τα οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης για την επιλογή τεχνικών

Οι εικόνες που επιλέγονται για reference και float καθώς επίσης και οι τεχνικές που επιλέγονται για κάθε μέθοδο παίρνουν τιμές τις οποίες θα στείλουν στο Servlet. Το Servlet θα λάβει τις τιμές αυτές και θα εκτελέσει το πρόγραμμα που είναι γραμμένο σε C++, όπως περιγράφηκε στην ενότητα 3.3.4, χρησιμοποιώντας την εντολή `getRuntime().exec()`. Οι τιμές των παραμέτρων περιέχουν τα ονόματα των εικόνων και τις τιμές 0,1,2 ή 3 για τις τεχνικές, αναλόγως με το ποιες έχουν επιλεγθεί. Η εκτέλεση του `getRuntime().exec()` συμπεριλαμβάνει και κάποιες επιπρόσθετες παραμέτρους με τις οποίες ορίζονται οι ονομασίες και τα directories των αποτελεσμάτων. Αφού λοιπόν εμείς τα ορίζουμε, γνωρίζουμε ακριβώς που βρίσκονται τα δημιουργημένα αρχεία αποτελεσμάτων και μπορούμε εύκολα να τα παρουσιάσουμε στη δεύτερη ιστοσελίδα. Οι τιμές όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί στέλνονται στο Servlet μέσω του URL.

Εικόνα 4.13: Διεύθυνση η οποία περιέχει τις τιμές των παραμέτρων με τις οποίες θα εκτελεστεί το πρόγραμμα ευθυγράμμισης

Οι τιμές αυτές λαμβάνονται στο Servlet με την εντολή `request.getParameter()`. Στην παρένθεση της εντολής περιέχεται η ονομασία που δόθηκε στα στοιχεία του κώδικα HTML. Στο παράδειγμα αυτό έχουν επιλεγθεί η εικόνα `350p3.bmp` ως `reference` η οποία περνά στον κώδικα του Servlet στη μεταβλητή `image1` και η εικόνα `350s3.bmp` ως `float` στη μεταβλητή `image2`. Οι ονομασίες `im1`, `im2` και οι `transformation`, `optimization`, `metric` και `interpolation` (οι οποίες λαμβάνουν τις τιμές 0-3) που φαίνονται στην εικόνα, είναι αυτά που δώσαμε στα στοιχεία που κατασκευάσαμε στον κώδικα της HTML. Οι τιμές των τεχνικών περνούν στις μεταβλητές του Servlet `t`, `o`, `m` και `i`. Το κομμάτι του κώδικα με το οποίο παίρνουμε τις πιο πάνω τιμές στον Servlet, είναι το ακόλουθο:

```
String image1 = request.getParameter("im1");
String image2 = request.getParameter("im2");
String t = request.getParameter("transformation");
String o = request.getParameter("optimization");
String m = request.getParameter("metric");
String i = request.getParameter("interpolation");
```

Στη συνέχεια τρέχουμε το εκτελέσιμο με την εντολή:

```
Process p =
Runtime.getRuntime().exec("/home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/reg2d/build/r
eg2d /home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/img/" + image1 + "
/home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/img/" + image2 + "
/home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/result.bmp " + t + " " + m + " " + o + " " + i +
" /home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/fusion_before.bmp
/home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/fusion_after.bmp
/home/eliodorou/NetBeansProjects/Final_Project/web/result.json");
```

Αφού το πρόγραμμα εκτελεστεί, φορτώνουμε τη νέα ιστοσελίδα, όπου παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα. Για το παράδειγμα που θα περιγράψουμε έχουν επιλεγθεί οι εικόνες που φαίνονται στην Εικόνα 4.6 και οι προεπιλεγμένες τεχνικές της Εικόνας 4.12. Το πρώτο αποτέλεσμα είναι η ευθυγραμμισμένη εικόνα (`aligned image`) που παρουσιάζεται στη συνέχεια:

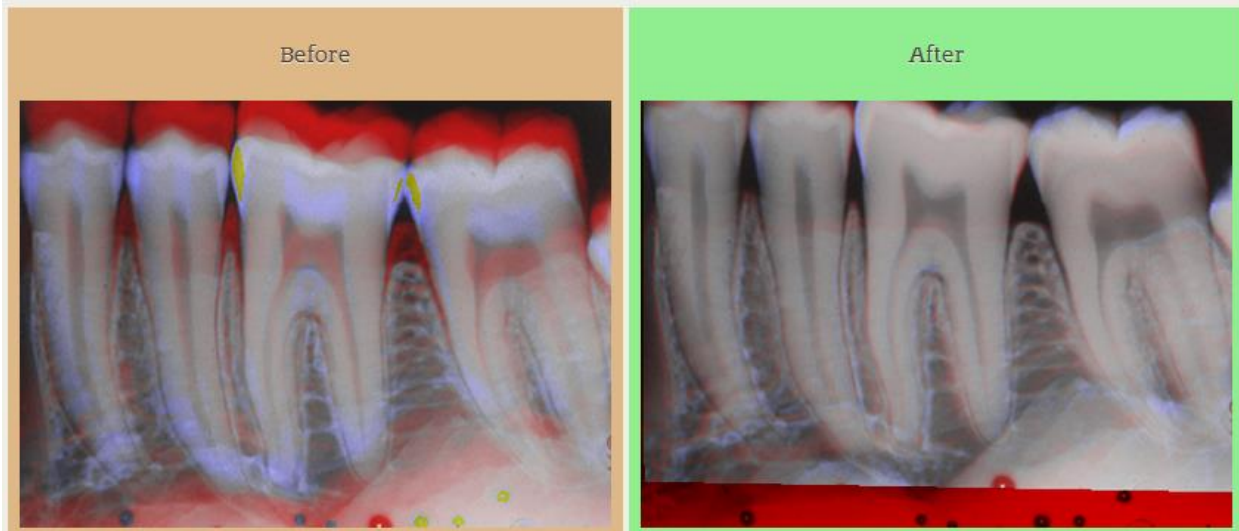
Aligned Image



Εικόνα 4.14: Παρουσιάζεται η ευθυγραμμισμένη εικόνα της float η οποία μετακινήθηκε

Μετά την ευθυγραμμισμένη εικόνα, με σκοπό να καταλάβει και ο χρήστης καλύτερα το έργο της τεχνικής, παρουσιάζεται η συγχώνευση (fusion) των δύο εικόνων πριν και μετά την επεξεργασία και ακολουθούν οι αντίστοιχες τιμές του μέτρου αντιστοιχίας (measure of match).

Fusion



Εικόνα 4.15: Σύντηξη (fusion) reference και float εικόνων πριν και μετά τη διαδικασία ευθυγράμμισης

| Measure of match | |
|------------------|----------|
| Before | After |
| 0.940064 | 0.994606 |

Εικόνα 4.16: Αποτελέσματα του μέτρου αντιστοιχίας (measure of match) πριν και μετά τη διαδικασία

Από τις δύο πιο πάνω εικόνες είναι φανερό η σημαντική βελτίωση που επιτυγχάνουμε με τη διαδικασία. Στο τέλος της μεθόδου επιτεύχθηκε 0.994606 συσχέτιση μεταξύ των δύο εικόνων και όπως φαίνεται και από τη συμπυκνωμένη εικόνα στο τέλος της διαδικασίας, η εικόνα float συμπέφτει πλέον χωρικά με την εικόνα αναφοράς (reference).. Στο τέλος της διαδικασίας παρουσιάζονται ο πίνακας μετασχηματισμού (Transformation matrix) ο οποίος εφαρμόστηκε για τη δημιουργία της ευθυγραμμισμένης εικόνας. Ο πίνακας αυτός μεταβάλλεται ανάλογα με την τεχνική που θα επιλεγεί για την μέθοδο γεωμετρικού μετασχηματισμού.

Στη περίπτωση που η ευθυγράμμιση έγινε με τη μέθοδο Affine, ο πίνακας μετασχηματισμού έχει ως εξής:

| Transformation matrix | | |
|-----------------------|-------------|----------|
| 1.00338 | -0.00243195 | -1.47932 |
| -0.0178551 | 1.00006 | 29.2133 |

Εικόνα 4.17: Πίνακας μετασχηματισμού με Affine

Με translation ο πίνακας μετασχηματισμού έχει την απλή μορφή που φαίνεται πιο κάτω:

| Transformation matrix | |
|-----------------------|------|
| -1.59511 | 28.5 |

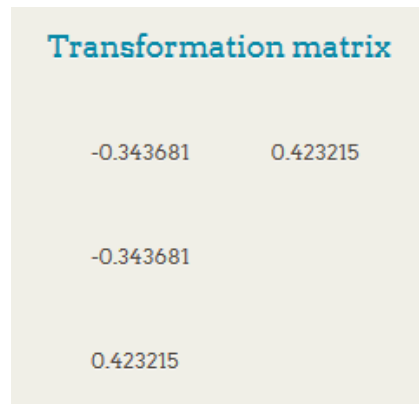
Εικόνα 4.18: Πίνακας μετασχηματισμού με Translation

Με την τεχνική Rigid ο πίνακας μετασχηματισμού παίρνει τη μορφή:

| Transformation matrix | | |
|-----------------------|----------|---------|
| -0.00431789 | -1.13929 | 28.6864 |

Εικόνα 4.19: Πίνακας μετασχηματισμού με Rigid

Τέλος με Similarity ο πίνακας μετασχηματισμού θα εμφανίζεται ως εξής:

A light beige rectangular box with the title "Transformation matrix" in blue text at the top. Below the title, the matrix values are displayed in a grid. The first row contains -0.343681 and 0.423215. The second row contains -0.343681. The third row contains 0.423215.

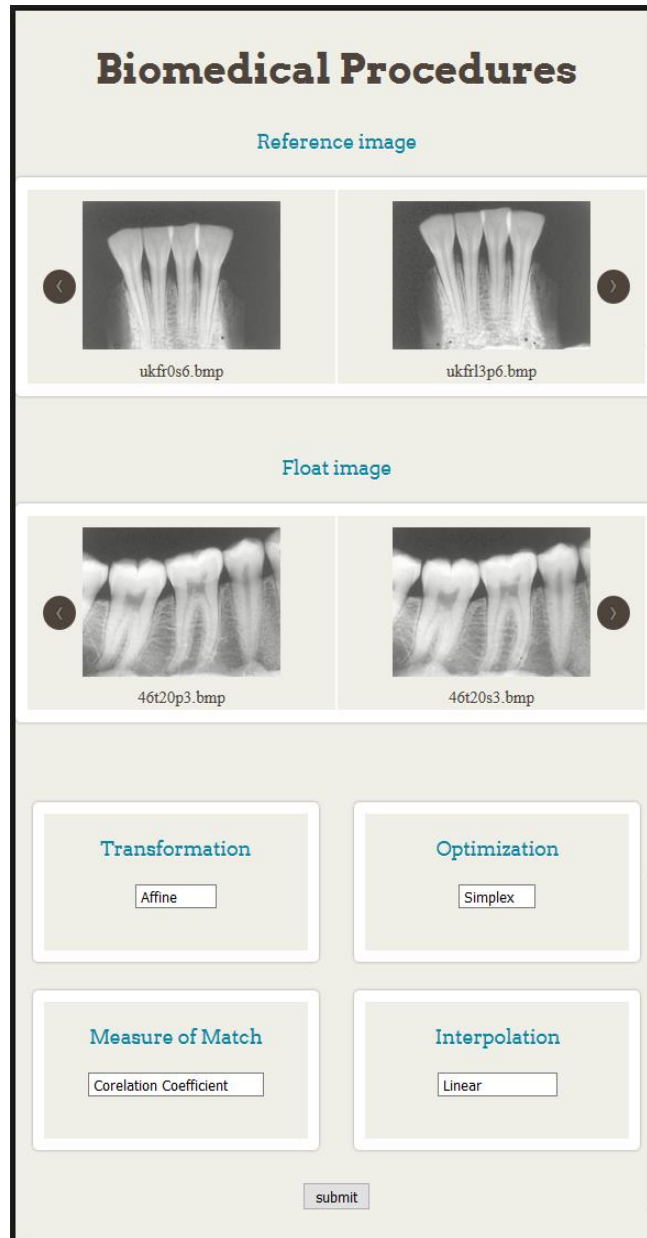
| Transformation matrix | |
|-----------------------|----------|
| -0.343681 | 0.423215 |
| -0.343681 | |
| 0.423215 | |

Εικόνα 4.20: Πίνακας μετασχηματισμού με Similarity

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης measure of match που φαίνονται στην Εικόνα 4.16 και ο transformation matrix που παρουσιάζεται στις Εικόνες 4.17 - 4.20, διαβάζονται με τη βοήθεια ενός JSON αρχείου, το οποίο δημιουργείται στο τέλος της εκτέλεσης της μεθόδου ευθυγράμμισης. Τα αρχεία JSON είναι διαδεδομένα διότι γράφονται με συγκεκριμένες δομές οι οποίες διευκολύνουν το διάβασμα των στοιχείων με κατάλληλη χρήση JavaScript. Κατασκευάσαμε λοιπόν μια διαδικασία σε JavaScript την οποία καλούμε στη σελίδα των αποτελεσμάτων. Διαβάζουμε τα αποτελέσματα αυτά και στη συνέχεια τα συμπεριλαμβάνουμε στον κώδικα HTML

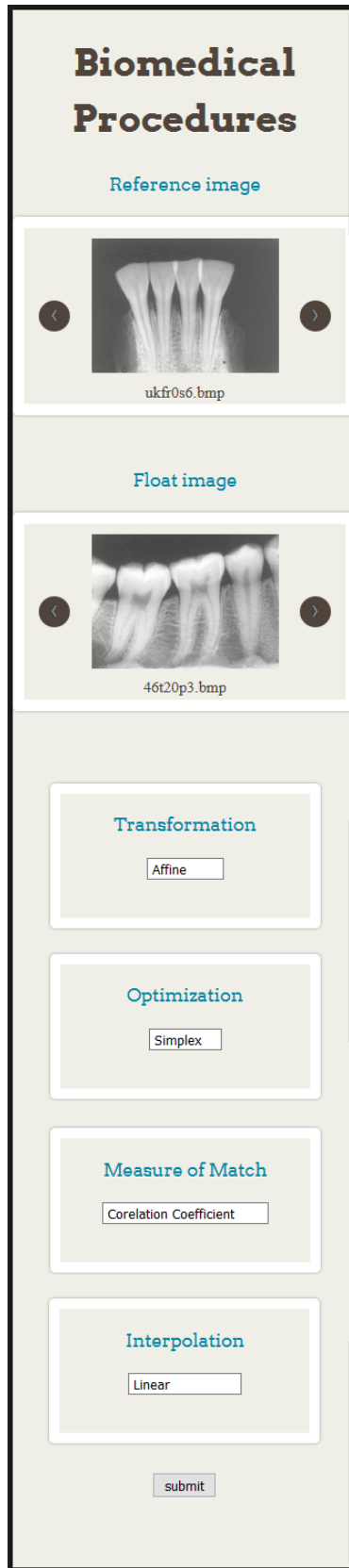
4.2.2 Android application

Όλα όσα περιγράψαμε πιο πάνω κατασκευάστηκαν έτσι ώστε να είναι scalable. Δηλαδή ανάλογα με το μέγεθος της οθόνης στην οποία εμφανίζονται γίνονται αντίστοιχες μεταβολές στη δομή έτσι ώστε η εμφάνιση να παραμένει περιποιημένη. Μερικά παραδείγματα της εμφάνισης της ιστοσελίδας φαίνονται πιο κάτω:



Εικόνα 4.21: Εμφάνιση σελίδας στο μέγεθος κάθετης οθόνης tablet

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.21, οι εικόνες που μπορούν να επιλεγθούν ως reference και float παρουσιάζονται ανά δύο για να κρατούν το κατάλληλο μέγεθος που τις προσδιορίζει ως ευδιάκριτες.



Εικόνα 4.22: Εμφάνιση σελίδας στο μέγεθος οθόνης κινητής συσκευής

Στην περίπτωση αυτή, οι εικόνες εμφανίζονται ανά μία ενώ ταυτόχρονα τα στοιχεία επιλογής τεχνικής διαμορφώνονται διαφορετικά. Η ιδιότητα αυτή θεωρείται πολύ χρήσιμη για την κατασκευή Android application, αφού χρησιμοποιώντας την εντολή WebView εκτελείται η μέθοδος ευθυγράμμισης στην εφαρμογή Android.

Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση της λογικής των στοιχείων (components) που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 3.3.7. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήσαμε ένα στοιχείο <WebView> το οποίο προστέθηκε μέσω ενός XML εγγράφου με την ονομασία activity_main.xml. Στη συνέχεια δόθηκαν κατάλληλες διαστάσεις ώστε η εφαρμογή να καταλαμβάνει την οθόνη εξ ολοκλήρου, ανεξαρτήτως του μεγέθους της, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.21 και 4.22.

Στη συνέχεια προσθέσαμε στη MainActivity.java δύο βιβλιοθήκες, την android.webkit.WebView και την android.webkit.WebViewClient και γράφτηκε κώδικας ο οποίος φορτώνει την κατάλληλη διεύθυνση url και εκτελεί τη μέθοδο ευθυγράμμισης εξακολουθώντας να τρέχει στην εφαρμογή Android.

Τέλος, με τη βοήθεια του Αρχείου δήλωσης (Manifest file) δόθηκε η ονομασία «2D Alignment» ως label και το εικονίδιο που φαίνεται πιο κάτω ως icon.



Εικόνα 4.23: Εικονίδιο εφαρμογής Android

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

Η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη είναι ένα αναπόφευκτο γεγονός το οποίο έχει ήδη αρχίσει να επιδρά και στον τομέα της Ιατρικής. Η επέμβαση της στο ερευνητικό αλλά και πρακτικό κομμάτι της ιατρικής έχει συνεισφέρει μια πληθώρα πλεονεκτημάτων. Είναι σημαντικό να συνεχιστεί η προσπάθεια για εκμετάλλευση και ανάπτυξη της τεχνολογίας για βελτίωση των διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών προσφέροντας στον κάθε γιατρό τα κατάλληλα εργαλεία για παροχή άμεσης και ποιοτικής ιατρικής φροντίδας στον ασθενή.

Έχοντας ολοκληρώσει τη διπλωματική εργασία αξίζει να σημειωθούν τρία από τα σημαντικότερα συμπεράσματα.

Πρώτον και πιο βασικό, είναι ότι η διαδικτυακή εφαρμογή παρέχει μια εξαιρετικά σημαντική διαγνωστική λειτουργία, απαραίτητη σε μια πληθώρα διαγνωστικών μεθόδων. Η υψηλή ποιότητα που παρέχει το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα μιας αξιοπρεπούς μελέτης δισδιάστατων οδοντιατρικών ακτινογραφιών, σε δύο διαφορετικά χρονικά διαστήματα.

Κατά δεύτερον, είναι η εύκολη πρόσβαση καθώς επίσης η πρακτική και φιλική διεπαφή χρήστη/εφαρμογής που επιτυγχάνεται σε ένα απλό μεν αλλά πλήρως περιεκτικό περιβάλλον. Δίνεται έτσι η δυνατότητα στο γιατρό να προβεί εύκολα και τάχιστα σε μια σοβαρή επεξεργασία δεδομένων, προσβάσιμη από οποιαδήποτε συσκευή.

Τρίτο, έχοντας μελετήσει το ρόλο της ευθυγράμμισης και τις απαιτήσεις που υπάρχουν για την ανάπτυξη της από διάφορους τομείς της Ιατρικής, καθώς και των δυνατοτήτων που προσφέρει, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η διαδικτυακή εφαρμογή που υλοποιήσαμε έχει δομηθεί με κατάλληλο τρόπο ώστε να μπορεί να επεκταθεί στο μέλλον. Έχοντας καλύψει το σημαντικό κομμάτι της διασύνδεσης μεταξύ client και Web server και έχοντας χτίσει τις απαραίτητες δομές του web application, επιτεύχθηκε μια εξαιρετική επεξεργασία δεδομένων στο χρήστη με έμφαση στη βελτίωση της διάγνωσης. Πολύ σημαντικό είναι ότι οι λειτουργίες αυτές μπορούν εύκολα να εξελιχθούν ώστε να παρέχονται επιπρόσθετες δυνατότητες επεξεργασίας στις οποίες θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

Επιπλέον συμπεράσματα είναι ότι η άμεση και παράλληλη προώθηση των ερευνητικών μελετών που πραγματοποιούνται σήμερα είναι εφικτή και έμπειροι προγραμματιστές και κατασκευαστές εφαρμογών είναι ικανοί να την πραγματοποιήσουν με τρόπο ώστε να επωφεληθούν και οι δύο κλάδοι της Ιατρικής με την προώθηση των αλγορίθμων από τον ερευνητικό τομέα και την χρησιμοποίησή τους από τον πρακτικό τομέα. Οι γιατροί χρησιμοποιώντας τις τεχνικές αυτές επωφελούνται άμεσα βελτιώνοντας τις διαγνωστικές τους δυνατότητες ενώ παράλληλα δίνεται η ευκαιρία στο ερευνητικό προσωπικό να λάβει άμεση ανάδραση από αυτούς, σχετικά με τους αλγορίθμους τους. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να βελτιώσουν τον κώδικα τους με σκοπό όχι

μόνο να είναι πιο αποδοτικός στις λειτουργίες τις οποίες ήδη προσφέρει, αλλά και να εξασφαλίζει επιπλέον ανάγκες οι οποίες δεν είχαν συμπεριληφθεί στο αρχικό στάδιο. Καταλήγουμε λοιπόν ότι η κατασκευή μιας διαδικτυακής εφαρμογής με σκοπό την προώθηση μιας μελέτης που εκτελείται παράλληλα με αυτή, καθιστά δυνατή την άμεση ανάδραση από αυτούς που εν τέλει θα την χρησιμοποιούν, συμβάλλοντας ώστε το ερευνητικό προσωπικό να επικεντρωθεί στα ορθά και άμεσα προβλήματα που αντιμετωπίζει το ιατρικό προσωπικό σήμερα.

Επιπρόσθετα με τα πιο πάνω παρατηρούμε ότι σε αρκετές περιπτώσεις όπου υπάρχει συνεχής προσπάθεια για ενημέρωση του θέματος μιας μελέτης πριν αυτή ολοκληρωθεί μπορεί να ωθήσει εταιρείες, ιατρικούς ομίλους η ακόμα και ελεύθερους επαγγελματίες να επενδύσουν σε αυτή, να την αναπτύξουν και να επιτευχθούν έτσι πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Η δημιουργία μιας εφαρμογής μπορεί να κάνει το έργο της ενημέρωσης και της προώθησης των στόχων μιας μελέτης, να φαίνεται απλό, αποτελεσματικό, με χαμηλό κόστος και σε ελάχιστο χρόνο αφού σε αυτό συνεισφέρουν έμπειρες εταιρείες.

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Οι δυνατότητες που μπορούν να δοθούν σε μια πιθανή μελλοντική εξέλιξη της εφαρμογής είναι πολλές. Θα αναπτύξουμε τις επεκτάσεις αυτές ξεκινώντας από τις πιο άμεσες οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν εύκολα καταλήγοντας σε πιο απαιτητικές και εξειδικευμένες λειτουργίες που μπορεί να συμπεριλαμβάνει η διαδικτυακή εφαρμογή.

Το πρώτο σημείο το οποίο είναι άμεσα χρήσιμο, είναι η ευκολία στην προσθαφαίρεση προσωπικών εικόνων και δεδομένων που επιθυμεί ο χρήστης να μελετήσει. Έχοντας ήδη δημιουργήσει ένα φάκελο (folder), στον οποίο υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής των αρχείων που περιέχει, ο χρήστης μπορεί εύκολα να εφαρμόσει τη μέθοδο ευθυγράμμισης σε καινούρια δεδομένα. Αυτό όμως απαιτεί ο χρήστης να έχει άμεση πρόσβαση στο φάκελο αυτό, κάτι το οποίο δεν ισχύει στο παρόν στάδιο. Αυτό μπορεί να βελτιωθεί δίνοντας πρόσβαση και τη δυνατότητα στο χρήστη να ανεβάζει (upload) τις εικόνες που επιθυμεί στα αρχεία του Server. Για τη λειτουργία upload θα χρειαστεί να δημιουργηθούν βάσεις δεδομένων (databases) με τη χρήση MySQL. Προγραμματιστής ο οποίος έχει τις απαραίτητες γνώσης και εξοικείωση με τη γλώσσα αυτή εκείνο που χρειάζεται να κάνει είναι οι εικόνες αυτές να ανεβαίνουν απευθείας στο directory που τις προβάλλει στην διεπαφή. Στη περίπτωση αυτή που πραγματοποιείται η χρήση των databases ανοίγονται επιπλέον δυνατότητες που θα ήταν χρήσιμο να αξιοποιηθούν όπως να επεξεργάζεσαι όλα αυτά τα δεδομένα με ποικίλους τρόπους. Για παράδειγμα μπορούν να δοθούν κατηγορίες εικόνων ανάλογα με το σημείο του σώματος που απεικονίζουν (πχ μέρος οστών, δόντια, εγκέφαλο κλπ.). Μια δεύτερη κατηγορία που μπορεί να δοθεί είναι αν η εικόνα προορίζεται για διαγνωστικούς σκοπούς ή για παρακολούθηση της κατάστασης μιας θεραπείας. Αντίστοιχα μπορούν να δοθούν κι άλλες κατηγορίες όσο αυξάνονται τα δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης της εφαρμογής θα μπορεί όχι μόνο να δει τα δικά του αποτελέσματα αλλά χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αναζήτησης να του προσφέρεται εύκολη πρόσβαση σε παρόμοια

περιστατικά. Επομένως τα δεδομένα της εφαρμογής θα αυξάνονται όσο περισσότεροι χρήστες την επισκέπτονται και την χρησιμοποιούν. Δεδομένου του γεγονότος ότι αφορούν θέματα υγείας που είναι ευαίσθητα δεδομένα με βάση τη σχετική Νομοθεσία για τη Προστασία του Ατόμου από την Επεξεργασία Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα, προϋποθέτει ότι θα ακολουθηθούν όλες οι πρόνοιες της σχετικής νομοθεσίας ώστε οι ακτινογραφίες που προστίθενται να επιτρέπεται να διαμοιραστούν στο διαδίκτυο. Για το σκοπό αυτό πιθανό να χρειάζεται η συγκατάθεση του ασθενούς και η διατήρηση ανωνυμίας για τη δημοσιοποίηση τους στο διαδίκτυο.

Η αμέσως επόμενη δυνατότητα που θα μπορούσε να εξελίξει την εφαρμογή είναι η πρόσθεση περιγραφής των εικόνων. Θα μπορούσε να περιλαμβάνει το σκοπό που εφαρμόστηκε η ευθυγράμμιση, την ασθένεια, την κατάσταση του ασθενούς και οποιαδήποτε άλλη χρήσιμη πληροφορία για το γιατρό. Οι γιατροί προσθέτοντας τα χαρακτηριστικά αυτά θα κάνουν τη διεπαφή πιο πρακτική για μελλοντικούς χρήστες αλλά και για τους ίδιους σε περίπτωση που την επισκεφτούν ξανά.

Οι δημιουργία των πιο πάνω θα οδηγήσει σε επόμενο στάδιο το οποίο θα ανεβάσει σημαντικά το επίπεδο της εφαρμογής και αυτό είναι η δημιουργία λογαριασμών (accounts). Με το που επισκέπτονται την ιστοσελίδα για πρώτη φορά, σε περίπτωση που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν τα μέσα επεξεργασίας που προσφέρει, θα απαιτείται η δημιουργία λογαριασμού (account) του χρήστη. Κάτι τέτοιο θα έδινε στο χρήστη ένα προσωπικό χώρο στον οποίο θα αποθηκεύονται τα δεδομένα του. Θα μπορούσε επίσης να έχει την επιλογή να είναι διαθέσιμα σε όλους τους χρήστες (public) ή μόνο για δική του χρήση (private). Ο χρήστης πλέον θα μπορεί να βρει τα αρχεία που ανέβασε εύκολα και να τα οργανώνει όπως επιθυμεί. Η δημιουργία λογαριασμών μπορεί να προσφέρει ακόμα περισσότερες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα τη δυνατότητα προσθήκης σχολίων για εικόνες που απεικονίζουν περιστατικά ασθενών. Με τον τρόπο αυτό οι γιατροί μπορούν να μοιράζονται εμπειρίες μεταξύ τους καθώς επίσης και να συμβουλεύουν συναδέλφους τους σε περιπτώσεις παρόμοιων περιστατικών. Στη συνέχεια αυτό μπορεί να εξελιχθεί σε μια άμεση επικοινωνία μεταξύ των μελών όπου θα γίνεται με την προσθήκη μιας λειτουργίας text chat. Περαιτέρω αυτό μπορεί να εξελιχθεί σε επικοινωνία με ήχο ή ακόμα και εικόνας. Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης των γιατρών για συμβουλευτικούς κυρίως λόγους όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 2 είναι εξαιρετικά χρήσιμη.

Το μεγαλύτερο όμως βήμα βελτίωσης της εφαρμογής θα ήταν η προσθήκη μεθόδου ευθυγράμμισης και για 3D δεδομένα. Κάτι τέτοιο θα ανέβαζε την εφαρμογή σε ακόμη πιο επαγγελματικό επίπεδο. Ο μέθοδος της ευθυγράμμισης για τρισδιάστατα δεδομένα αντιμετωπίζει μεγαλύτερες δυσκολίες λόγω της χρονοβόρας διαδικασίας εξαγωγής αποτελέσματος. Εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα τεχνικών της Ιατρικής και μπορεί να συνεισφέρει όχι μόνο σε διαγνωστικές τεχνικές και θεραπευτικές μεθόδους αλλά και για περαιτέρω μελέτη. Συγκεκριμένα, οι σύγχρονες τεχνικές ακτινοθεραπείας εκ φύσεως είναι πολύπλοκες ως προς την εφαρμογή τους και χαρακτηρίζονται από τον πλήρη έλεγχο τους από εξελιγμένα υπολογιστικά συστήματα σε όλα τα στάδια τους που επιτρέπουν την χορήγηση με ακρίβεια υψηλών χωρικών βαθμίδων δόσης και σύνθετων κατανομών. Το στάδιο μίας σύγχρονης τρισδιάστατης ακτινοθεραπευτικής θεραπείας

το οποίο απαιτεί τεράστια ακρίβεια είναι η απεικονιστική μέθοδος (π.χ. CT, MRI, PET) που στοχεύει στον καθορισμό όγκων και κρίσιμων οργάνων έτσι ώστε να γίνει ένας αποδοτικός σχεδιασμός θεραπείας και να υπολογιστεί η κατάλληλη δόση. Στη συνέχεια εξακολουθεί μια παρατεταμένη χρήση της μεθόδου ευθυγράμμισης στα τρισδιάστατα δεδομένα για την κατασκευή και παρακολούθηση του πλάνου θεραπείας και την τακτή χορήγηση της. Ακόμα ένα παράδειγμα εφαρμογής της είναι στην παρακολούθηση ασθενών οι οποίοι πάσχουν από οστεοπόρωση όπου ο γιατρός χρησιμοποιεί τη μέθοδο ευθυγράμμισης για να παρακολουθεί την πρόοδο της θεραπείας. Παρόλα αυτά, όπως αναφέραμε, η ευθυγράμμιση 3D δεδομένων μπορεί να φανεί εξαιρετικά χρήσιμη και στον τομέα της διάγνωσης. Ένα από τα βασικότερα θέματα μελέτης που την έχουν ανάγκη είναι ο εγκέφαλος και συγκεκριμένα η διάγνωση νευροεκφυλιστικών νόσων όπως η άνοια, η κατάθλιψη, η κατά πλάκα σκλήρυνση, η νόσος του Αλτσχάιμερ, η σχιζοφρένεια κ.α. Στη περίπτωση της έρευνας και διάγνωσης της νόσου του Αλτσχάιμερ απαιτείται η χαρτογράφηση του εγκεφάλου η οποία συμπεριλαμβάνει ευθυγράμμιση 3D δεδομένων με σκοπό την ανίχνευση των αλλοιωμένων περιοχών του εγκεφάλου. Επίσης θα μπορούσε να επεκταθεί και σε χρήση εφαρμογών πέραν της ευθυγράμμισης, όπως για παράδειγμα κατάτμησης (segmentation) ώστε να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη επεξεργασία. Η προσθήκη λοιπόν απαιτητικών διαδικασιών όπως αυτές που αναφέραμε, θα έκανε την διαδικτυακή εφαρμογή που υλοποιήσαμε στην εργασία αυτή ένα απόλυτα επιτυχημένο εργαλείο για επαγγελματίες ιατρούς.

Καταλήγω ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία με τη χρήση του Διαδικτύου και με τις κατάλληλες επεκτάσεις, μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για επεξεργασία ιατρικών δεδομένων τόσο για σκοπούς έρευνας όσο και για σκοπούς έγκαιρης διάγνωσης και θεραπείας.

Βιβλιογραφία

- [1] "ALTERNATIVE WORLDS", Publication of the National Intelligence Council, December 2012
- [2] Wallace S, Clark M, White J. 'It's on my iPhone': attitudes to the use of mobile computing devices in medical education, a mixed-methods study. *BMJ Open*. August 2012 [PMC free article][PubMed]
- [3] Timothy Aungst, "Medical applications for pharmacists using mobile devices", Jul- Aug 2013, 47(7-8):1088-1095. [PubMed]
- [4] Kiser K. 25 ways to use your smartphone. Physicians share their favorite uses and apps. *Minn Med*. 2011;94(4):22-29. [PubMed]
- [5] Ozdalga E, Ozdalga A, Ahuja N. The smartphone in medicine: a review of current and potential use among physicians and students. *J Med Internet Res*. 2012;14(5): e128. [PMC free article] [PubMed]
- [6] Yoo JH. "The meaning of information technology (IT) mobile devices to me, the infectious disease physician", *Infect Chemother*.2013;45(2):244-251. [PMC free article] [PubMed]
- [7] O'Neill KM, Holmer H, Greenberg SL, Meara JG. Applying surgical apps: Smartphone and tablet apps prove useful in clinical practice. *Bull Am Coll Surg*. 2013;98(11):10-18. [PubMed]
- [8] Mosa AS, Yoo I, Sheets L. A systematic review of health care apps for smartphones. *BMC Med Inform Dec Mak*. July 2012 [PMC free article] [PubMed]
- [9] Divali P, Camosso-Stefinovic J, Baker R. Use of personal digital assistants in clinical decision making by health care professionals: a systematic review. *Health Informatics J*. 2013;19(1):16-28. [PubMed]
- [10] Murfin M. Know your apps: an evidence-based approach to the evaluation of mobile clinical applications. *J Physician Assist Educ*.2013;24(3):38-40. [PubMed]
- [11] Mickan S, Tilson JK, Atherton H, "Evidence of effectiveness of health care professionals using handheld computers, a scoping review of systematic reviews." *J Med Internet Res*. 2013, 15(10): e212 [PMC free article] [PubMed]
- [12] Misra S, Lewis TL, Aungst TD. Medical application use and the need for further research and assessment for clinical practice: creation and integration of standards for best practice to alleviate poor application design. *JAMA Dermatol*. 2013;149(6):661-662 [PubMed]
- [13] Della Mea, Vincenzo (2001). "What is e-Health (2): The death of telemedicine?". *Journal of Medical Internet Research* 3 (2): e22, Retrieved 2012-04-15.
- [14] Candice Novak, "Healthcare IT company is going public after partnering with Apple", *US News*, May 14, 2008
- [15] en.wikipedia.org/wiki/Epocrates Retrieved 26 June 2016
- [16] medscape.com/public/about Retrieved 26 June 2016

- [17] Liting Ji, Xiaoping Zhang, Hui Fan, Mei Han, Haitao Yang, Lihua Tang, Yan Shao, Yunping Lan, Dongbai Li, "drawMD APP-aided preoperative anesthesia education reduce parents' anxiety and improve satisfaction", August 25, 2015
- [18] Hilgefort JP, Fitzpatrick S, Lycans D, Wilson-Byrne T, Fisher C, Shuler FD. Smartphone mobile application to enhance diagnosis of skin cancer: A guide for the rural practitioner. *West Virginia Journal of Medicine*. 2014; 110(5):40-44.
- [19] "Standards for Commercial Support: Standards to Ensure Independence in CME Activities". Accreditation Council for Continuing Medical Education. Retrieved 26 June 2016
- [20] "APProved and APPropriate Health Apps", HLA News, September 2014
- [21] itunes.apple.com/us/app/calculate-medical-calculator/id361811483?mt=8 , Retrieved 26 June 2016
- [22] András Székelya, Roland Talanowb, Péter Bágyia, "Smartphones, tablets and mobile applications for radiology", 9 January 2013
- [23] Elizabeth H. Dibble, Ana C. Lara Alvarez, Minh-Tam Truong, Gustavo Mercier, Earl F. Cook and Rathan M. Subramaniam, "F-FDG Metabolic Tumor Volume and Total Glycolytic Activity of Oral Cavity and Oropharyngeal Squamous Cell Cancer: Adding Value to Clinical Staging", April 9, 2012
- [24] sectra.com/medical/diagnostic_imaging/solutions/ris-pacs/add-ons/3rd_party_providers/mimsoftware/index.html Retrieved 26 June 2016
- [25] <http://www.calgaryscientific.com/resolutionmd> Retrieved 26 June 2016
- [26] Provided by the official website of Oracle Co: oracle.com/technetwork/articles/java/webapps-1-138794.html Retrieved 26 June 2016
- [27] THE Java Programming Language, Fourth Edition by Ken Arnold, James Gosling, David Holmes, August 17, 2005
- [28] Κασαμπαλής Θ. , «Στατική Ανάλυση Για Εύρεση Λαθών σε Προγράμματα JavaScript», Διπλωματική Εργασία, Ιούλιος 2012
- [29] TIOBE Software Index (2015). "TIOBE Programming Community Index Python". Retrieved 10 September 2015.
- [30] "The RedMonk Programming Language Rankings: June 2015 – tecosystems". Redmonk.com. 1 July 2015. Retrieved 10 September 2015.
- [31] Summerfield, Mark. Rapid GUI Programming with Python and Qt. Python is a very expressive language, which means that we can usually write far fewer lines of Python code than would be required for an equivalent application written in, say, C++ or Java
- [32] McConnell, Steve (30 November 2009). *Code Complete*, p. 100. ISBN 9780735636972.
- [33] Kuhlman, Dave. "A Python Book: Beginning Python, Advanced Python, and Python Exercises".
- [34] "About Python". Python Software Foundation. Retrieved 24 April 2012
- [35] "PyInstaller Home Page". Retrieved 27 January 2014.

- [36] "Is Python a good language for beginning programmers?". *General Python FAQ. Python Software Foundation*. Retrieved 21 March 2007.
- [37] <http://www.math.upatras.gr/~esdlab/newEsdlab/images/stories/Lectures/Compilers/Chapter1.pdf> Retrieved 26 June 2016
- [38] <https://www.techopedia.com/definition/29568/back-end-developer> Retrieved 26 June 2016
- [39] blog.teamtreehouse.com/i-dont-speak-your-language-frontend-vs-backend Retrieved 26 June 2016
- [40] <http://www.skilledup.com/articles/life-front-end-web-developer-infographic> Retrieved 26 June 2016
- [41] <http://www.computerhope.com/jargon/h/html.htm> Retrieved 26 June 2016
- [42] <http://pc.net/glossary/definition/css> Retrieved 26 June 2016
- [43] <http://www.it.uom.gr/project/xml/Home%20Page.htm> Retrieved 26 June 2016
- [44] <http://old.ceid.upatras.gr/courses/katanemhmena/ds2/index.php/2009-09-17-08-27-11/63> Retrieved 26 June 2016
- [45] Στέλλα Ν Ανδρουλάκη, «Γενικευμένη Browser-Centric Παρουσίαση Βάσης Δεδομένων», Φεβρουάριος 2009
- [46] http://www.cs.ucy.ac.cy/~ep1242/lectures/342_03.pdf Retrieved 26 June 2016
- [47] Μαρίνου Γ. Σαραντινού, «Μελέτη Σύγχρονων Συστημάτων Παροχής Υψηλής Ποιότητας Τηλεϊατρικών Υπηρεσιών για χειρισμό και αντιμετώπιση των ιατρικών και υγειονομικών προβλημάτων στην Ελληνική Ναυσιπλοΐα», Διπλωματική εργασία, Μάρτιος 2013
- [48] Erjon A. Hoxha, "Ανάπτυξη, Εφαρμογή και Σύγκριση Τεχνικών Ευθυγράμμισης Βασισμένων σε Γεωμετρικούς Περιγραφείς", Διπλωματική Εργασία, Απρίλιος 2015
- [49] Σοφία Ευαγγελίδη, "ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΞΗ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ", Διπλωματική Εργασία, Μάιος 2013
- [50] ΒΑΣΙΛΙΚΗ Ε. ΜΑΡΚΑΚΗ, «Ανάπτυξη Τεχνικών Επεξεργασίας και Ευθυγράμμισης Ιατρικών Δεδομένων με Χρήση Χαρτών Αυτο-οργάνωσης στην Ακτινοθεραπεία», Διδακτορική Τριβή, Ιούλιος 2012
- [51] Χριστόδουλος Α. Σκουρουμούνης, "Ανάπτυξη Συστήματος Ευθυγράμμισης Τρισδιάστατων Επιφανειών Με Χρήση Αισθητήρα KINECT", Διπλωματική Εργασία, Μάιος 2014
- [52] [en.wikipedia.org/wiki/Similarity_\(geometry\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Similarity_(geometry)) Retrieved 26 June 2016
- [53] Πόλυς Ν. Γεωργίου, «Αυτόματη ευθυγράμμιση τρισδιάστατων ιατρικών δεδομένων», Διπλωματική Εργασία, Σεπτέμβριος 2011
- [54] Μιχαήλ Α. Κουπάρης, Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας, Τμήμα Χημείας Παν/μίου Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, Αθήνα, «ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ»
- [55] https://en.wikipedia.org/wiki/Brute-force_search

- [56] Powell, M. J. D. "An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives". Computer Journal 7 (2): 155–162, 1964.
- [57] Maes F., Vandermeulen D. and Suetens P., "Comparative evaluation of multiresolution optimization strategies for multimodality image registration by maximization of mutual information," Med Image Anal, vol. 3, no. 4, pp. 373- 386, 1999.
- [58] Press, WH; Teukolsky, SA; Vetterling, WT; Flannery, BP (2007). "Section 10.7. Direction Set (Powell's) Methods in Multidimensions". Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing (3rd ed.). New York: Cambridge University Press
- [59] Σοφία Χριστίνα Δούμα, «Ευθυγράμμιση τρισδιάστατων ιατρικών εικόνων με χρήση ελαστικού μετασχηματισμού», Διπλωματική Εργασία, Ιούλιος 2014
- [60] Simon Lucey, Iain Matthews, «Face Refinement through a Gradient Descent Alignment Approach»,
- [61] https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_mean_square_error#Definition Retrieved 26 June 2016
- [62] <http://www.raptis-telis.com/numer/sites/default/files/pdf/Interpolation.pdf> Retrieved 26 June 2016
- [63] <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-interpolation.htm> Retrieved 26 June 2016
- [64] http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/dsp-book/dsp_book_Ch16.pdf Retrieved 26 June 2016
- [65] <https://netbeans.org/features/index.html> Retrieved 26 June 2016
- [66] <https://glassfish.java.net/roadmap.html> Retrieved 26 June 2016
- [67] Γιώργος Λιακέας, "Εισαγωγή στη Java", Εκδόσεις Κλειδάριθμος 2008
- [68] <http://www.studytonight.com/servlet> Retrieved 26 June 2016
- [69] http://www.tutorialspoint.com/webservices/what_are_web_services.htm Retrieved 26 June 2016
- [70] <https://el.wikipedia.org/wiki/JQuery> Retrieved 26 June 2016