



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΛΙΚΩΝ

**Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής με χρήση  
τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού για την  
εκπαίδευση ειδικευόμενων ακτινολόγων στην  
Πολλαπλή Σκλήρυνση**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

**ΦΛΩΡΕΝΤΙΑΣ Ν. ΠΡΩΤΟΨΑΛΤΗ**

**Επιβλέπουσα:** Κωνσταντίνα Σ. Νικήτα

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2016





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΛΙΚΩΝ

**Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής με χρήση  
τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού για την  
εκπαίδευση ειδικευόμενων ακτινολόγων στην  
Πολλαπλή Σκλήρυνση**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

**ΦΛΩΡΕΝΤΙΑΣ Ν. ΠΡΩΤΟΨΑΛΤΗ**

**Επιβλέπουσα:** Κωνσταντίνα Σ. Νικήτα

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 21 Δεκεμβρίου, 2016.

.....

Κωνσταντίνα Νικήτα

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....

Γεώργιος Στάμου

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Γεώργιος Ματσόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Δεκέμβριος 2016

.....

Φλωρεντία Ν. Πρωτοψάλτη

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

**Copyright Φλωρεντία Ν. Πρωτοψάλτη**

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 το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



# Περίληψη

Η Πολλαπλή Σκλήρυνση (ΠΣ) είναι ένα χρόνιο αυτοάνοσο απομυελινωτικό νόσημα το οποίο προσβάλλει κυρίως το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα. Η συχνότητα εμφάνισης της νόσου αυξάνεται σε άτομα ηλικίας μεταξύ 18-30 και θηλυκού φύλου. Η διάγνωση της νόσου βασίζεται στα συμπτώματα τα οποία είναι νευρολογικής φύσης, βιοχημικές εξετάσεις, εξέταση εγκεφαλονωτιαίου υγρού αλλά η βασικότερη εξέταση για την ΠΣ είναι η μαγνητική τομογραφία καθώς βοηθά σε σημαντικό βαθμό στη διαφοροδιάγνωση. Ο σπουδαίος ρόλος της Μαγνητικής Τομογραφίας στη διάγνωση της νόσου, έδωσε το κίνητρο για τη δημιουργία της συγκεκριμένης εφαρμογής. Οι ακτινολόγοι μέσω της εξέτασης MRI εικόνων εξάγουν συμπεράσματα για την πιθανότητα ο εξεταζόμενος να αποτελεί πιθανό ασθενή με ΠΣ. Η ορθότητα του συμπεράσματος προϋποθέτει ότι ο ιατρός διαθέτει μεγάλη εξειδίκευση και γνώση σχετικά με την αναγνώριση των βλαβών καθώς εστίες στην περιοχή του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού, εντοπίζονται και σε άλλες ασθένειες. Για τη σωστή διαφοροδιάγνωση είναι σημαντική η παρατήρηση της περιοχής στην οποία εντοπίζεται η βλάβη. Η δημιουργία κριτηρίων για τη μοντελοποίηση της ασθένειας κρίθηκε αναγκαία από πολλούς επιστήμονες κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Τα κριτήρια που ορίστηκαν το 2001 και αναθεωρήθηκαν το 2005 από τον McDonald, έχουν γίνει αποδεκτά ως τα πιο έγκυρα και αντιπροσωπευτικά για τη νόσο. Η κατηγοριοποίηση των βλαβών αφορά τη διασπορά τους στο χώρο και στο χρόνο.

Η πρόσβαση των ιατρών σε εικόνες Πολλαπλής Σκλήρυνσης είναι δύσκολη καθώς η αναζήτηση στα ιατρικά δεδομένα είναι περίπλοκη και δεν υπάρχει αποθετήριο εικόνων. Για το λόγο αυτό η δημιουργία της παρούσας εφαρμογής έχει ως στόχο την εξοικείωση των ειδικευόμενων ακτινολόγων με την ασθένεια, μέσω της χρησιμοποίησης πολλών και διαφορετικών εικόνων MRI, οι οποίες απεικονίζουν βλάβες σε τμήματα του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού.

Συγκεκριμένα η διαδικτυακή εφαρμογή δημιουργήθηκε για να παρέχει:

1. Εύκολη πρόσβαση σε εικόνες MRI που απεικονίζουν βλάβες που σχετίζονται με τη ΠΣ.
2. Μια γνωσιακή βάση με δυνατότητα σημασιολογικής αναζήτησης.
3. Αποθετήριο εικόνων.
4. Μοντελοποίηση των κριτηρίων McDonald.
5. Ένα πλαίσιο για τη μελλοντική δημιουργία μιας βάσης γνώσης, η οποία θα συγκεντρώνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα που σχετίζονται με τη διάγνωση της νόσου.

Για τα παραπάνω δημιουργήθηκε μια οντολογία για την απεικόνιση με περιγραφικό τρόπο, των βλαβών που συναντώνται σε τμήματα του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού στην περίπτωση της ΠΣ. Έχοντας ως γνώμονα τα αναθεωρημένα κριτήρια του McDonald, εξάγεται το συμπέρασμα εάν το εξεταζόμενο άτομο αποτελεί πιθανό ασθενή.

Λέξεις κλειδιά:

Πολλαπλή Σκλήρυνση, Οντολογία, Δικτυακή Εφαρμογή, Σημασιολογικός Ιστός, Υπολογιστικά Συστήματα Υποβοήθησης Διάγνωσης, SPARQL, OWL

# Abstract

Multiple Sclerosis (MS) is a chronic autoimmune demyelinating disease that mainly affects the Central Nervous System. The disease is increasingly often in 18-30 years and mainly female individuals. The diagnosis can be based on neurological symptoms, biochemical tests, cerebrospinal fluid analysis, and magnetic tomography, a very significant form of examination which greatly contributes in differential diagnosis. The vital importance of the magnetic tomography in the diagnosis of the disease, has motivate the creation of the application. The radiologists are able to examine the Magnetic Resonance Imaging (MRI) images and derive conclusions on the likelihood of the patient to be afflicted with MS. The doctor's extensive experience and competency on the identification of the damaged areas is a prerequisite for the validity of the diagnosis; since the lesions in the brain and spinal cord can be found in other diseases as well. The examination of the damaged area is very important for a correct differential diagnosis. Criteria for modeling the disease have been established by a plethora of scientists over the last decades. The criteria which were first founded in 2001 and then revisited by McDonald in 2005 have been established as the most valid and representative for the disease. Their categorisation is based on identification of the damaged areas in space and time domain. The access to MS images can be difficult for doctors since searching in medical data is complex and there is also a lack of an image repository. For this reason the implementation of this application aims to the familiarisation of trainees in radiology with a variety of different MRI scans which depict lesions in the brain and the spinal cord. More specifically, the web application has been created to provide:

- 1) Easy access to MRI images that illustrate damages related to MS.
- 2) A repository of images.
- 3) A search engine for MS images.
- 4) Modeling of McDonald criteria.
- 5) A database to consolidate data necessary for the disease (for future development).

An ontology has been created for the above in order to illustrate in a descriptive way the damaged areas of the brain and spinal cord for the case of MS. Conclusions on whether the patient is suffering from MS are drawn based on the revised McDonald criteria. The data used for the evaluation of the developed application constitute distinct cases of MRI scans of individuals that were examined for assessing the likelihood of being affected by MS.

Keywords:

Multiple Sclerosis, Ontology, Web Application, Semantic Web, Computer Aided Diagnosis, SPARQL, OWL.



# Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016 στον Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών, της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τη καθηγήτριά μου, κα Κωνσταντίνα Νικήτα, η οποία μου ανέθεσε ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα και βοήθησε για την σωστή εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και το διδακτορικό φοιτητή Βασίλειο Κόλλια για τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου οι οποίοι βρίσκονταν δίπλα μου και με στήριζαν καθ' όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων, προσφέροντας μου ο καθένας κάτι ξεχωριστό.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξή της στις επιλογές μου και για την παρότρυνσή τους να ακολουθώ αυτό που επιθυμώ.

# Πίνακας Εικόνων

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1: Κεντρικό Νευρικό Σύστημα .....                                                         | 1  |
| Εικόνα 2: Νευρώνας.....                                                                          | 2  |
| Εικόνα 3: T1-Weighted Image .....                                                                | 5  |
| Εικόνα 4: T2-Weighted Image .....                                                                | 5  |
| Εικόνα 5: Flair image .....                                                                      | 6  |
| Εικόνα 6: Διάγραμμα ΠΣΝ .....                                                                    | 8  |
| Εικόνα 7: Κατάτμηση παραγόμενη από αλγόριθμο κατάτμησης [26]. .....                              | 11 |
| Εικόνα 8: Απεικόνιση ενός γράφου RDF, ο οποίος χρησιμοποιεί το MESH ως υποκείμενο.....           | 13 |
| Εικόνα 9: Τμήμα της οντολογίας FMA.....                                                          | 15 |
| Εικόνα 10: Τμήμα της οντολογίας RadLex.....                                                      | 16 |
| Εικόνα 11: Τμήμα της οντολογίας MeSH.....                                                        | 17 |
| Εικόνα 12: Τμήμα οντολογίας ICD-10 .....                                                         | 17 |
| Εικόνα 13: Παρουσίαση τμήματος της SNOMED CT που αφορά την αιμορραγία .....                      | 18 |
| Εικόνα 14: Διαστρωματωμένη προσέγγιση του Σημασιολογικού Ιστού .....                             | 22 |
| Εικόνα 15: Αναπαράσταση βασικών κλάσεων οντολογίας .....                                         | 25 |
| Εικόνα 16: Αναπαράσταση της κλάσης Person και των υποκλάσεων της.....                            | 27 |
| Εικόνα 17: Αναπαράσταση της κλάσης Possible_Patient και οι υποκλάσεις της.....                   | 28 |
| Εικόνα 18: Αναπαράσταση της κλάσης Anatomy και των υποκλάσεων της.....                           | 29 |
| Εικόνα 19: Αναπαράσταση της κλάσης MRI και των υποκλάσεων της.....                               | 30 |
| Εικόνα 20: Αναπαράσταση της κλάσης Lesions και των υποκλάσεων της .....                          | 32 |
| Εικόνα 21: Απεικόνιση βλαβών σε τμήματα του Εγκεφάλου και του Νωτιαίου Μυελού.....               | 33 |
| Εικόνα 22: Αρχιτεκτονική Client-Server .....                                                     | 37 |
| Εικόνα 23: Παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του συστήματος της εφαρμογής .....                      | 38 |
| Εικόνα 24: Παρουσίαση του ER Μοντέλου της βάσης δεδομένων της εφαρμογής .....                    | 39 |
| Εικόνα 25: Μέθοδος για μεταφόρτωση οντολογίας στον Apache Jena Fuseki server.....                | 40 |
| Εικόνα 26: Απεικόνιση SPARQL ερωτήματος.....                                                     | 40 |
| Εικόνα 27: Διαθέσιμες υπηρεσίες .....                                                            | 41 |
| Εικόνα 28: MsQuiz.ttl αρχείο .....                                                               | 42 |
| Εικόνα 29: Μεταφόρτωση οντολογίας στον Apache Jena Fuseki server.....                            | 42 |
| Εικόνα 30: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της εισόδου νέου χρήστη στο σύστημα....                  | 45 |
| Εικόνα 31: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της εισόδου χρήστη στο σύστημα .....                     | 46 |
| Εικόνα 32: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της μεταφόρτωσης MRI εικόνων .....                       | 46 |
| Εικόνα 33: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της επεξεργασίας μιας MRI εικόνας .....                  | 47 |
| Εικόνα 34: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της αποθήκευσης της επεξεργασμένης MRI εικόνας.....      | 47 |
| Εικόνα 35: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της εκτέλεσης ενός quiz .....                            | 48 |
| Εικόνα 36: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της προβολής των αποτελεσμάτων του τελευταίου quiz ..... | 48 |

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 37: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της προβολής της λύσης των λανθασμένων απαντήσεων .....     | 49 |
| Εικόνα 38: Παρουσίαση της σελίδας επιλογής quiz .....                                               | 49 |
| Εικόνα 39: Παρουσίαση της σελίδας αποτελεσμάτων .....                                               | 50 |
| Εικόνα 40: Παρουσίαση της σελίδας προβολής των πληροφοριών για το quiz .....                        | 50 |
| Εικόνα 41: Παρουσίαση της σελίδας προβολής των πληροφοριών των συμμετεχόντων                        | 51 |
| Εικόνα 42: Παρουσίαση της σελίδας εισόδου του χρήστη κατά την είσοδο νέου χρήστη στο σύστημα .....  | 52 |
| Εικόνα 43: Παρουσίαση της σελίδας εγγραφής νέου χρήστη .....                                        | 53 |
| Εικόνα 44: Παρουσίαση ενημερωτικού μηνύματος στη περίπτωση λανθασμένης συμπλήρωσης των πεδίων ..... | 53 |
| Εικόνα 45: Έλεγχος συμπλήρωσης απαραίτητων πεδίων .....                                             | 54 |
| Εικόνα 46: Παρουσίαση της σελίδας εισαγωγής νέας MRI εικόνας .....                                  | 54 |
| Εικόνα 47: Παρουσίαση επιλογής αρχείου για upload .....                                             | 55 |
| Εικόνα 48: Παρουσίαση επιλογής βλάβης και των πληροφοριών της .....                                 | 56 |
| Εικόνα 49: Παρουσίαση επιβεβαιωτικού παραθύρου με μήνυμα .....                                      | 56 |
| Εικόνα 50: Παρουσίαση του σταδίου πριν την τελική υποβολή της επισημασμένης εικόνας .....           | 57 |
| Εικόνα 51: Παρουσίαση της σελίδας επιλογής Quiz .....                                               | 57 |
| Εικόνα 52: Παρουσίαση της σελίδας ερωτήσεων του quiz .....                                          | 58 |
| Εικόνα 53: Παρουσίαση της σελίδας με το βαθμό του quiz που ολοκληρώθηκε .....                       | 58 |
| Εικόνα 54: Παρουσίαση της σελίδας αποτελεσμάτων .....                                               | 59 |
| Εικόνα 55: Παρουσίαση της σελίδας των αξιολογήσεων των quiz .....                                   | 59 |
| Εικόνα 56: Παρουσίαση της σελίδας με τα αποτελέσματα του τελευταίου quiz .....                      | 60 |
| Εικόνα 57: Παρουσίαση της σελίδας με την τεκμηριωμένη λανθασμένη απάντηση .....                     | 60 |
| Εικόνα 58: Τεχνικά χαρακτηριστικά υπολογιστικού συστήματος .....                                    | 61 |

## Πίνακας Πινάκων

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας 1: Διαγνωστικά κριτήρια McDonald .....                                                                                     | 7  |
| Πίνακας 2: Παρουσίαση των κριτηρίων McDonald που λαμβάνουν υπόψη τη χωρική διασπορά των βλαβών σύμφωνα με τα κριτήρια Barkhof..... | 7  |
| Πίνακας 3: Ισοδύναμες σχέσεις βασικών κλάσεων της οντολογίας .....                                                                 | 30 |
| Πίνακας 4: Κλάσεις της οντολογίας οι οποίες είναι ξένες μεταξύ τους.....                                                           | 33 |
| Πίνακας 5: Ισοδύναμες σχέσεις κλάσεων για τις κλάσεις των βλαβών της οντολογίας .                                                  | 34 |
| Πίνακας 6 : Ιδιότητες αντικειμένων της οντολογίας.....                                                                             | 35 |

# Περιεχόμενα

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Περίληψη .....                                                           | 6  |
| Abstract.....                                                            | 7  |
| Ευχαριστίες.....                                                         | 9  |
| Πίνακας Εικόνων.....                                                     | 10 |
| Πίνακας Πινάκων .....                                                    | 12 |
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή .....                                               | 1  |
| 1.1 Πολλαπλή Σκλήρυνση.....                                              | 1  |
| 1.1.1 Παθοφυσιολογία.....                                                | 2  |
| 1.1.1.1 Αλλοιώσεις.....                                                  | 2  |
| 1.1.1.2 Φλεγμονή .....                                                   | 3  |
| 1.1.2 Αίτια .....                                                        | 3  |
| 1.1.3 Επιδημιολογία .....                                                | 3  |
| 1.1.4 Συμπτώματα .....                                                   | 3  |
| 1.1.5 Διάγνωση.....                                                      | 4  |
| 1.1.6 Διαγνωστικά κριτήρια ταξινόμησης.....                              | 6  |
| 1.2 Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας .....                                  | 7  |
| 1.2.1 Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείων .....                           | 8  |
| 1.2.2 Πληροφοριακά Συστήματα στο Νοσηλευτικό Τομέα .....                 | 9  |
| 1.2.3 Πληροφοριακά Συστήματα Εργαστηρίων.....                            | 9  |
| 1.2.4 Υπολογιστικά Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων (ΥΣΥΚΑ)..... | 9  |
| 1.2.5 Υπολογιστικά Συστήματα Υποβοήθησης Διάγνωσης (ΥΣΥΔ) .....          | 10 |
| 1.3 Σημασιολογικός Ιστός .....                                           | 11 |
| 1.3.1 Αποθετήρια σημασιολογικού ιστού .....                              | 11 |
| 1.3.2 Οντολογίες .....                                                   | 12 |
| 1.3.3 Γλώσσες αναπαράστασης Γνώσης .....                                 | 12 |
| 1.3.3.1 Resource Description Framework- RDF.....                         | 12 |
| 1.3.3.2 Resource Description Framework Schema-RDFS .....                 | 13 |
| 1.3.3.3 Web Ontology Language – OWL .....                                | 14 |
| 1.4 Ιατρικές Οντολογίες .....                                            | 14 |
| 1.4.1 FMA .....                                                          | 14 |
| 1.4.2 RadLex .....                                                       | 15 |
| 1.4.3 MeSH .....                                                         | 16 |
| 1.4.4 ICD-10.....                                                        | 17 |
| 1.4.5 SNOMED CT .....                                                    | 18 |
| 1.5 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας .....                               | 18 |

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη οντολογίας για την Πολλαπλή Σκλήρυνση.....</b>                                                      | <b>21</b> |
| 2.1 Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό .....                                                                                   | 21        |
| 2.2 Επίπεδα Σημασιολογικού Ιστού .....                                                                                      | 21        |
| 2.3 Εισαγωγή στη γλώσσα OWL DL .....                                                                                        | 23        |
| 2.3.1 Χαρακτηριστικά της OWL-RDFS .....                                                                                     | 23        |
| 2.3.2 Χαρακτηριστικά Ισότητας και Ανισότητας.....                                                                           | 23        |
| 2.3.3 Περιορισμοί Ιδιοτήτων.....                                                                                            | 24        |
| 2.3.4 Χαρακτηριστικά Ιδιοτήτων .....                                                                                        | 24        |
| 2.3.5 Περιορισμοί πληθυκότητας.....                                                                                         | 24        |
| 2.3.6 Λογικοί συνδυασμοί.....                                                                                               | 25        |
| 2.4 Δομή της οντολογίας.....                                                                                                | 25        |
| 2.4.1 Βασικές κλάσεις της οντολογίας.....                                                                                   | 25        |
| 2.4.2 Ιδιότητες αντικειμένων της οντολογίας.....                                                                            | 35        |
| <b>Κεφάλαιο 3: Αρχιτεκτονική Συστήματος .....</b>                                                                           | <b>36</b> |
| 3.1 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής Client-Server .....                                                                            | 36        |
| 3.2 Σχεδιασμός και υλοποίηση του μοντέλου Client-Server στην εφαρμογή.....                                                  | 37        |
| 3.3 Παραμετροποίηση συστήματος.....                                                                                         | 40        |
| 3.3.1 Παραμετροποίηση του Apache Jena Fuseki SPARQL Server.....                                                             | 40        |
| 3.3.2 Παραμετροποίηση του Apache Tomcat Server.....                                                                         | 41        |
| <b>Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής για την εκπαίδευση ειδικευόμενων ακτινολόγων στη Πολλαπλή Σκλήρυνση.....</b> | <b>45</b> |
| 4.1 Σχεδιασμός βασικών λειτουργιών της εφαρμογής.....                                                                       | 45        |
| 4.2 Γενική παρουσίαση της εφαρμογής .....                                                                                   | 49        |
| 4.2 Σενάρια χρήσης της εφαρμογής .....                                                                                      | 51        |
| 4.3 Κοινά σενάρια χρήσης για ειδικευμένους και ειδικευόμενους ακτινολόγους.....                                             | 52        |
| 4.3.1 Η σύνδεση νέου χρήστη στην εφαρμογή .....                                                                             | 52        |
| 4.3.2 Η σύνδεση χρήστη στην εφαρμογή.....                                                                                   | 53        |
| 4.4 Σενάρια χρήσης για ειδικευμένους ακτινολόγους.....                                                                      | 54        |
| 4.4.1 Αποθήκευση MRI εικόνων.....                                                                                           | 54        |
| 4.4.2 Επεξεργασία μεταφορτωμένων MRI εικόνων .....                                                                          | 55        |
| 4.5 Σενάρια χρήσης για ειδικευόμενους ακτινολόγους.....                                                                     | 57        |
| 4.5.1 Επιλογή quiz.....                                                                                                     | 57        |
| 4.5.2 Εκτέλεση επιλεγμένου quiz.....                                                                                        | 58        |
| 4.5.3 Προβολή των αξιολογήσεων.....                                                                                         | 59        |
| 4.5.3.1 Προβολή των αξιολογήσεων των quiz.....                                                                              | 59        |
| 4.5.3.2 Προβολή των αξιολογήσεων του τελευταίου quiz.....                                                                   | 60        |
| 4.5.4 Προβολή των ερωτήσεων που δόθηκε λάθος απάντηση.....                                                                  | 60        |

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| 4.6 Αξιολόγηση συστήματος.....                    | 61        |
| 4.6.1 Σύνολο δεδομένων .....                      | 61        |
| 4.6.2 Εκτέλεση ερωτημάτων – Χρόνοι Απόκρισης..... | 61        |
| <b>Κεφάλαιο 5: Επίλογος.....</b>                  | <b>63</b> |
| 5.1 Συμπεράσματα.....                             | 63        |
| 5.2 Επεκτάσεις συστήματος .....                   | 64        |
| <b>Βιβλιογραφία .....</b>                         | <b>65</b> |



# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 Πολλαπλή Σκλήρυνση

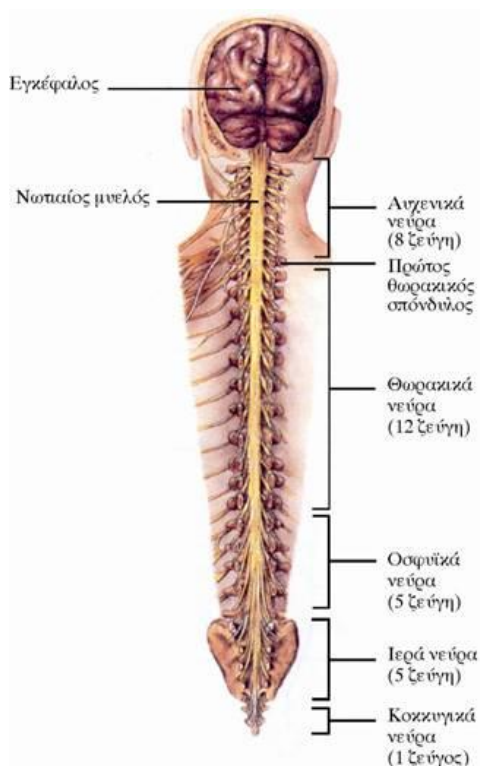
Η Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (ΣΚΠ) ή διαφορετικά Πολλαπλή Σκλήρυνση (ΠΣ) είναι ένα αυτοάνοσο φλεγμονώδες απομυελινωτικό νόσημα.

Η έννοια του αυτοάνοσου νοσήματος έγκειται στην προσπάθεια του ανοσοποιητικού συστήματος του ανθρώπου να προστατέψει τον οργανισμό από την "εισβολή" ξένων σωμάτων, με αποτέλεσμα ορισμένες φορές να εκλαμβάνει εσφαλμένα κάποια συστατικά του οργανισμού ως ξένα και να τους επιτίθεται [38].

Στην προκειμένη περίπτωση το ανοσοποιητικό σύστημα επιτίθεται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) και συγκεκριμένα στην υγιή μυελίνη με αποτέλεσμα να προκαλείται αρχικά εκφύλιση της μυελίνης και στη συνέχεια του νευράξονα. Οι αλλοιώσεις στο ΚΝΣ ονομάζονται πλάκες ή εστίες.

Η νόσος παρουσιάζει μεγάλη ανομοιογένεια σε ότι αφορά την ηλικία εμφάνισης, την βαρύτητα των συμπτωμάτων, την πορεία της εξέλιξής της καθώς και το ποσοστό αναπηρίας.

Τα συμπτώματα της νόσου τοποθετούνται ως επί των πλείστον στην κατηγορία των νευρολογικών όπως οπτικά, κινητικά προβλήματα καθώς και ψυχολογικής φύσης όπως κατάθλιψη, δυσκολία σκέψης κ.α.



Εικόνα 1: Κεντρικό Νευρικό Σύστημα<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[http://www.relaxnow.gr/BIOLOGICAL%20PSYCHOLOGY/BIOLOGICAL\\_PSYCHOLOGY\\_VOL\\_1/Bio\\_Psy\\_7b\\_mechanical\\_sences/BP\\_7b\\_mechanical\\_chemical\\_sences\\_files/image4691.jpg](http://www.relaxnow.gr/BIOLOGICAL%20PSYCHOLOGY/BIOLOGICAL_PSYCHOLOGY_VOL_1/Bio_Psy_7b_mechanical_sences/BP_7b_mechanical_chemical_sences_files/image4691.jpg)

### 1.1.1 Παθοφυσιολογία

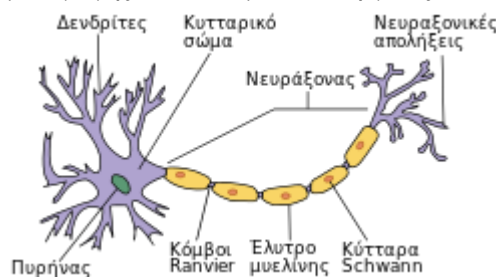
Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελεί το πιο περίπλοκο ιστό του σώματος καθώς συμμετέχει στην εκδήλωση διαφόρων συμπεριφορών όπως η αντίληψη, η κίνηση, η μνήμη κ.α. Η κατανόηση της λειτουργίας του αποτελεί έργο σημαντικό καθώς οι βλάβες που υφίστανται από διάφορες αιτίες, έχουν ως αποτέλεσμα να δυσχεραίνουν βασικές λειτουργίες του. Ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός αποτελούν τα βασικά τμήματα του ΚΝΣ, το οποίο αποτελεί μέρος του νευρικού συστήματος [8].

Το νευρικό σύστημα του ανθρώπου δομείται από τους νευρώνες, οι οποίοι αποτελούν τις λειτουργικές μονάδες του συστήματος (Εικόνα 2).

Οι νευρώνες σχηματίζονται από τα εξής [6][8]:

- Το Σώμα, το οποίο είναι το μεγαλύτερο κεντρικό τμήμα του κυττάρου.
- Το Νευράξονα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά των σημάτων από τον νευρώνα. Κάθε νευρώνας διαθέτει ένα μόνο νευράξονα, αλλά έχει την ικανότητα να διακλαδίζεται με αποτέλεσμα να επικοινωνεί με πολλά κύτταρα στόχους.
- Τους Δενδρίτες, οι οποίοι είναι μικρές διακλαδιζόμενες κυτταρικές προεξοχές

Η προστασία κάποιας κατηγορίας νευρώνων (εμμύελοι) επιτυγχάνεται με τη μυελίνη. Η μυελίνη είναι μία ουσία η οποία σχηματίζεται από ολιγονδενδροκύτταρα στο ΚΝΣ και από κύτταρα Schwann στο Περιφερικό Νευρικό Σύστημα. Ο ρόλος της είναι να περικλείει τους εμμύελους νευρώνες και να προσδίδει μόνωση σε αυτούς καθώς επίσης και να αυξάνει την αποδοτικότητα των νευρώνων σχετικά με την αγωγή δυναμικών ενέργειας, έχοντας ως αποτέλεσμα τη σωστή και γρήγορη μετάδοση των νευρικών ώσεων. Τέλος, η διάμετρος του νευράξονα καθορίζει το ρυθμό αγωγής του δυναμικού ενέργειας [6].



Εικόνα 2: Νευρώνας<sup>2</sup>

#### 1.1.1.1 Αλλοιώσεις

Η ΠΣ επηρεάζει τη “λευκή” ουσία η οποία βρίσκεται στον εγκέφαλο. Η λευκή ουσία είναι εμμύελοι νευρώνες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη μεταφορά πληροφοριών από τον εγκέφαλο προς το μυελό των οστών και το αντίστροφο. Οι αλλοιώσεις τις οποίες προκαλεί η νόσος, συναντώνται κυρίως στη λευκή ουσία και συγκεκριμένα πλάκες με διάμετρο μεγαλύτερη από δύο εκατοστά, συρρέουν σε αυτή και το νωτιαίο μυελό. Οι βλάβες συντελούν στη λεπυνση ή πλήρη καταστροφή του στρώματος μυελίνης, οίδημα, εισροή μακροφάγων και πιο σπάνια στη πλήρη αποκοπή των νευρώνων ή των διακλαδώσεών τους [38].

Η καταστροφή της μυελίνης η οποία περιβάλλει τους νευρώνες που αποτελούν τη λευκή ουσία έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή της ομαλής μετάδοσης των πληροφοριών μεταξύ του

<sup>2</sup>[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/Neuron\\_el.svg/250px-Neuron\\_el.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/Neuron_el.svg/250px-Neuron_el.svg.png)

εγκεφάλου και του υπόλοιπου σώματος, έχοντας ως συνέπεια για παράδειγμα την επιβράδυνση των νευρικών ερεθισμάτων [38].

### **1.1.1.2 Φλεγμονή**

Η φλεγμονή αποτελεί μια αντίδραση κατά την οποία πραγματοποιείται μετακίνηση υγρού και λευκοκυττάρων από το αίμα στους ιστούς. Ο οργανισμός προσπαθεί να εντοπίσει και να εξαλείψει ξένα σωματίδια, αντιγόνα και μικροοργανισμούς. Στη περίπτωση της ΠΣ τα Τ-λεμφοκύτταρα, τα οποία αποτελούν είδος λευκού αιμοσφαιρίου και συμμετέχουν στη πρωτογενή άμυνα του οργανισμού, επιτίθενται στη μυελίνη καθώς την αναγνωρίζουν ως ξένο σώμα. Συγκεκριμένα εισχωρούν στον εγκέφαλο μέσω του αιματοεγκεφαλικού φραγμού προκαλώντας φλεγμονή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ενεργοποίηση άλλων κυττάρων όπως μακροφάγα. Επίσης η φλεγμονή οδηγεί στην απελευθέρωση διαλυτών όπως κυτοκίνων και αντισωμάτων και έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την ολοκληρωτική καταστροφή του νευράξονα [38].

### **1.1.2 Αίτια**

Τα αίτια δεν είναι σαφή καθώς πιστεύεται ότι μπορεί να οφείλεται σε συνδυασμό μολυσματικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, καθώς και σε γενετικούς παράγοντες. Από παθογενετική άποψη πρόκειται για φλεγμονώδη απομυελίνωση και βλάβη του νευράξονα λόγω του μηχανισμού αυτοανοσίας που αναλύθηκε παραπάνω [38]. Σχετικά με τη γενετική προδιάθεση της νόσου, έχουν προκύψει μετά από έρευνες, αποτελέσματα τα οποία υποδεικνύουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης σε συγγενείς δευτέρου και τρίτου βαθμού πασχόντων [38]. Επίσης κάποιοι ερευνητές πιστεύουν ότι οφείλεται σε ιογενείς παράγοντες [13].

### **1.1.3 Επιδημιολογία**

Η ΠΣ εμφανίζεται συχνότερα σε εύκρατες περιοχές και σπανιότερα σε τροπικές ενώ έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνεται η συχνότητα με την απόσταση από τον ισημερινό. Ο τόπος, ο οποίος το άτομο γεννήθηκε και έζησε τα πρώτα χρόνια της ζωής του, έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τη συχνότητα εμφάνισης της νόσου και όχι η περιοχή που ίσως έχει μεταναστεύσει [38]. Οι ηλικίες που προσβάλλονται από τη ΠΣ, κυμαίνονται μεταξύ 18-30 και συναντάται σπανιότερα σε ηλικίες άνω των εξήντα χρονών. Επίσης, οι γυναίκες εμφανίζουν την ασθένεια σε διπλάσιο βαθμό από τους άντρες σε ένα πληθυσμό [38].

### **1.1.4 Συμπτώματα**

Τα συμπτώματα ποικίλουν σε διαφορετικές ηλικίες, φάσεις της ασθένειας καθώς και ανάλογα με το τμήμα του εγκεφάλου ή του νωτιαίου μυελού που έχει προσβάλλει η νόσος. Η φύση τους είναι κυρίως νευρολογική καθώς προκαλούνται από την απομυελίνωση και καταστροφή των νευρώνων στο ΚΝΣ.

Μερικές περιοχές του ΚΝΣ προσβάλλονται συχνότερα στην περίπτωση της ΠΣ και δίνουν συμπτώματα που χαρακτηρίζουν τη νόσο.

Χαρακτηριστικές ενδείξεις είναι οι εξής [6]:

- Διπλωπία για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω διαπυρηνικής οφθαλμοπληγίας
- Αίσθημα μούδιασματος σε ένα ή περισσότερα άκρα και κυρίως στην μία μόνο πλευρά ή στα πόδια και τον κορμό

- Αίσθημα αδυναμίας σε ένα ή περισσότερα άκρα και κυρίως στην μία μόνο πλευρά ή στα πόδια και τον κορμό
- Μερική ή ολική απώλεια όρασης στον ένα οφθαλμό και πόνος κατά την κίνηση του λόγω οπτικής νευρίτιδας
- Αίσθημα ζάλης
- Αίσθημα ηλεκτρικού ρεύματος (σημείο Lhermitte) κατά την κάμψη του αυχένα προς τα εμπρός
- Κόπωση
- Ομιλία χωρίς συνοχή
- Δυσλειτουργία εντέρου
- Δυσλειτουργία ουροδόχου κύστης

### 1.1.5 Διάγνωση

Η διάγνωση βασίζεται στη λεπτομερή λήψη του ιστορικού και στην αντικειμενική εξέταση, η οποία γίνεται με βάση τα προφανή σημεία και συμπτώματα της νόσου που αναλύθηκαν παραπάνω.

Παρακλινικά, η διάγνωση πραγματοποιείται με εργαστηριακό αιματολογικό έλεγχο όπου γίνεται λήψη αίματος για βιοχημικές εξετάσεις, γενική αίματος και για ανοσολογικό έλεγχο, για την εύρεση των επιπέδων των αντισωμάτων και του κολλαγόνου στον οργανισμό. Επίσης γίνεται έλεγχος για τα επίπεδα βιταμίνης B12.

Μία από τις πιο σημαντικές εξετάσεις είναι η εξέταση του εγκεφαλονωτιαίου υγρού (ENY). Το ENY είναι ένα διαυγές, άχρωμο υγρό το οποίο παράγεται στις κοιλίες του εγκεφάλου και βρίσκεται στο κοιλιακό σύστημα του εγκεφάλου και στον υπαραχνοειδή χώρο [6]. Είναι σημαντικός ο έλεγχος του, καθώς βρίσκεται διαρκώς σε ισορροπία με τον εγκέφαλο οπότε οποιαδήποτε διαταραχή της, η οποία εντοπίζεται με έλεγχο των πρωτεϊνών, πληροφορεί για διάφορες νόσους. Συγκεκριμένα στην περίπτωση της ΠΣ γίνεται έλεγχος για εύρεση ολιγοκλωνικών ταινιών IgG, οι οποίες όταν ανιχνεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις αποτελούν εργαστηριακό εύρημα της ασθένειας καθώς εντοπίζονται στο 90% περίπου των περιπτώσεων ασθενών με ΠΣ. Σε αυτό το σημείο πρέπει όμως να τονιστεί η σημαντικότητα του ελέγχου και της ποσότητας του λευκώματος (βασική πρωτεΐνη μυελίνης) στο ENY για λόγους διαφοροδιάγνωσης καθώς οι ολιγοκλωνικές ταινίες IgG εντοπίζονται και σε άλλες νόσους όπως Ερυθματώδης Λύκος, AIDS, νόσος Lyme, σαρκοείδωση κ.α [13].

Επιπρόσθετα, μια σημαντική εξέταση είναι η πρόκληση οπτικών δυναμικών, η οποία αποτελεί μια νευροφυσιολογική εξέταση και πραγματοποιείται για να διαπιστωθεί ο χρόνος μετάδοσης των σημάτων κατά μήκος του οπτικού νεύρου. Αυτή η καθυστέρηση θεωρείται εξίσου κοινή και σε άλλες νόσους γι αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται και άλλες πληροφορίες υπόψη κατά τη διάρκεια των εξετάσεων πριν τη τελική διάγνωση.

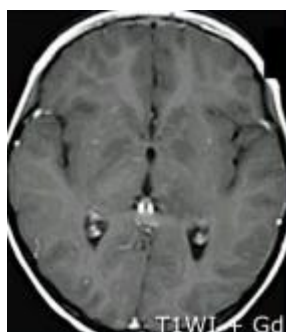
Η μαγνητική τομογραφία είναι η ακριβέστερη και η πιο ευαίσθητη εξέταση καθώς γίνεται η πλήρης απεικόνιση των βλαβών, τόσο παλαιότερων όσο και νεώτερων, στον εγκέφαλο, την αυχενική μοίρα ή τη σπονδυλική στήλη. Με ενδοφλέβια έγχυση σκιαγραφικού υλικού όπως το gadolinium, λαμβάνουμε T1 weighted εικόνες ή χωρίς χρήση gadolinium λαμβάνουμε T2 weighted εικόνες οι οποίες απεικονίζουν τις εστίες εάν υπάρχουν, λόγω της διάσπασης του αιματοεγκεφαλικού φραγμού [4].

Κατά τη διάρκεια της μαγνητικής τομογραφίας, όταν παύει η εφαρμογή παλμού, το σύστημα επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση. Συγκεκριμένα, η εγκάρσια μαγνήτιση

αρχίζει να μειώνεται, ενώ η επιμήκης αυξάνεται. Τα δύο αυτά φαινόμενα καλούνται εγκάρσια μαγνητική αποκατάσταση (T2) και επιμήκης μαγνητική αποκατάσταση (T1) [2].

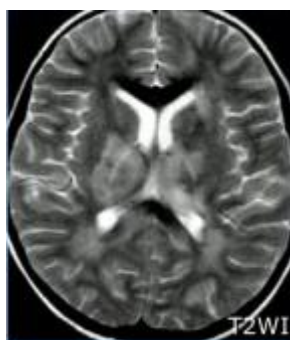
Συμπερασματικά, T1 είναι μια χρονική σταθερά που εκφράζει συγκεκριμένα το χρόνο που χρειάζεται για να επιτευχθεί το 63% της αρχικής επιμήκους μαγνήτισης ενώ T2 είναι μια χρονική σταθερά που εκφράζει το χρόνο που χρειάζεται για να επιτευχθεί μείωση της εγκάρσιας μαγνήτισης κατά 37% της αρχικής τιμής της [2].

Οι T1 weighted εικόνες χρησιμοποιούν T1 αντίθεση, δηλαδή το λίπος που έχει μεγαλύτερη εγκάρσια συνιστώσα, έχει υψηλότερο σήμα και εμφανίζεται φωτεινότερο σε αυτές τις εικόνες (άσπρο) ενώ το νερό που έχει χαμηλότερο σήμα εμφανίζεται σκοτεινό (μαύρο) (Εικόνα 3). Σχετικά με την ΠΣ, οι T1 weighted εικόνες απεικονίζουν ένα μικρό ποσοστό εστιών και συγκεκριμένα τις χρόνιες βλάβες που έχουν σήμα μικρότερης έντασης (μαύρες τρύπες). Χρησιμοποιούνται γιατί έχουν καλή αντίθεση μεταξύ φαιάς-λευκής ουσίας και ENY [2][7][10].



Εικόνα 3: T1-Weighted Image<sup>3</sup>

Οι T2 weighted εικόνες χρησιμοποιούν T2 αντίθεση, δηλαδή σε αυτή την περίπτωση το νερό έχει υψηλότερο σήμα και εμφανίζεται φωτεινό (άσπρο) ενώ το λίπος απεικονίζεται σκοτεινό (μαύρο) (Εικόνα 4). Σχετικά με την ΠΣ, οι T2 weighted εικόνες απεικονίζουν βλάβες με υψηλότερο σήμα, δηλαδή για παράδειγμα βλάβες οι οποίες είναι ενεργές και έχουν προκληθεί από απώλεια μυελίνης, οίδηματος ή λόγω διάσπασης του αιματοεγκεφαλικού φραγμού [2][4].

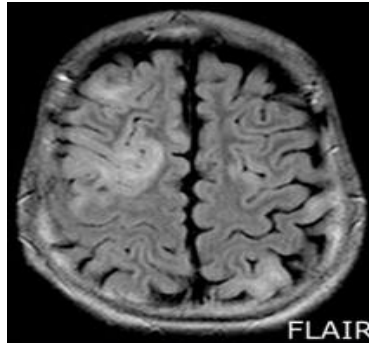


Εικόνα 4: T2-Weighted Image<sup>4</sup>

Στην MRI απεικόνιση χρησιμοποιούνται επίσης και οι FLAIR ακολουθίες, οι οποίες είναι τροποποιημένες T2 ακολουθίες, για την απεικόνιση με μαύρο χρώμα των απομυελινωτικών εστιών [2][4] (Εικόνα 5).

<sup>3</sup> <http://www.radiologyassistant.nl/en/p4556dea65db62/multiple-sclerosis.html>

<sup>4</sup> <http://www.radiologyassistant.nl/en/p4556dea65db62/multiple-sclerosis.html>



Εικόνα 5: Flair image<sup>5</sup>

### 1.1.6 Διαγνωστικά κριτήρια ταξινόμησης

Η πολυπλοκότητα της νόσου, η ποικιλομορφία των συμπτωμάτων ανάλογα με την ηλικία, το φύλο, τα σημεία προσβολής, η δυσκολία διαφοροδιάγνωσης κ.α., έχουν καταστήσει την τελική διάγνωση αρκετά δύσκολη. Γι αυτό το λόγο κατά καιρούς επιχειρήθηκαν να δοθούν διαγνωστικά κριτήρια, τα οποία ανανεώνονται διαρκώς ανάλογα με τις επιστημονικές εξελίξεις πάνω στη μελέτη της νόσου [16].

Η ταξινόμηση μερικών διαγνωστικών κριτηρίων χρονολογικά είναι η εξής [16]:

- Ipsen criteria (1939-48)
- Southerland criteria (1954)
- Allison and Millar criteria (1954)
- Siedler criteria (1957)
- Schumacher and Rose criteria (1965)
- McAlpine criteria (1972)
- Rose criteria (1976)
- Bauer criteria (1980)
- McDonald criteria (2001) [27]
- Αναθεωρημένα McDonald κριτήρια, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τη χωρική διασπορά των εστιών(2005) (Πίνακας 2) [27][34]

Τα κριτήρια του McDonald ταξινομούν σε «Ms», «notMs», «possibleMs». Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες της MRI εξέτασης, δηλαδή εξετάζοντας τη διασπορά των ευρημάτων στο χώρο και στο χρόνο και λαμβάνοντας υπόψη και τις κλινικές ενδείξεις, τέθηκαν τα διαγνωστικά κριτήρια του McDonald [27].

---

<sup>5</sup><http://www.radiologyassistant.nl/en/p4556dea65db62/multiple-sclerosis.html>

Πίνακας 1: Διαγνωστικά κριτήρια McDonald

| Κλινική εικόνα                                                                   | Επιπρόσθετα δεδομένα αναγκαία για τη διάγνωση                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 ή περισσότερες ώσεις και 2 ή περισσότερες βλάβες από την αντικειμενική εξέταση | Κανένα. Τα κλινικά δεδομένα επαρκούν (η παρακλινική τεκμηρίωση θεμιτή)                                                                                                                  |
| 2 ή περισσότερες ώσεις και μια βλάβη από την αντικειμενική εξέταση               | Διασπορά στο χώρο στην MRI (επί θετικού ENY συνεκτίμηση) ή νέα ώση που προσβάλλει διαφορετική περιοχή                                                                                   |
| Μια ώση και 2 ή περισσότερες βλάβες από την αντικειμενική εξέταση                | Διασπορά στο χρόνο στην MRI ή δεύτερη ώση                                                                                                                                               |
| Μία ώση και μια βλάβη από την αντικειμενική εξέταση                              | Διασπορά στο χώρο στην MRI (επί θετικού ENY συνεκτίμηση) και διασπορά στο χρόνο στην MRI ή δεύτερη ώση                                                                                  |
| Προϊούσα πορεία από την έναρξη                                                   | Θετικό ENY και διασπορά στο χώρο στην MRI (κριτήρια πρωτοπαθώς προϊούσας, συνεκτίμηση επί θετικών ΟΠΔ) και διασπορά στο χρόνο στην MRI η προοδευτική επιδείνωση για διάστημα ενός έτους |

Πίνακας 2: Παρουσίαση των κριτηρίων McDonald που λαμβάνουν υπόψη τη χωρική διασπορά των βλαβών σύμφωνα με τα κριτήρια Barkhof

| <b>MRI κριτήρια για τις εγκεφαλικές βλάβες: Χωρική διασπορά</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Τουλάχιστον τρία από τα παρακάτω κριτήρια πρέπει να πληρούνται.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Μια εστία στην περιοχή του νωτιαίου μυελού ή σε οποιοδήποτε τμήμα του εγκεφάλου με T1 ακολουθία και με έγχυση γαδολινίου ή εννέα εστίες στην περιοχή του νωτιαίου μυελού ή σε οποιοδήποτε τμήμα του εγκεφάλου με T2 ακολουθία χωρίς έγχυση γαδολινίου.</li> <li>Τουλάχιστον μία υποσκηνίδια εστία.</li> <li>Τουλάχιστον μία υποφλοιώδη εστία.</li> <li>Τουλάχιστον τρεις περικοιλιακές εστίες.</li> </ol> |

## 1.2 Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας

Ένα πληροφοριακό σύστημα υγείας αποτελείται από δραστηριότητες, οι οποίες έχουν ως κύριο στόχο την προώθηση, την αποκατάσταση ή τη διατήρηση της υγείας [17].

Όπως συμβαίνει σε πολλούς τομείς, έτσι και στον τομέα της υγείας ο όγκος των πληροφοριών διαρκώς αυξάνεται. Η διαχείρισή του αποτελεί έργο δύσκολο καθώς απαιτούνται οικονομικοί πόροι, σχετική τεχνογνωσία, αλλά και ο χρόνος του υπεύθυνου προσωπικού [1][36].

Αρχικά υπήρξαν εμπόδια στην ενσωμάτωση των πληροφοριακών συστημάτων για τους παραπάνω λόγους, αλλά και εξαιτίας της επιφυλακτικής στάσης των ανθρώπων απέναντι στην κοινοποίηση των προσωπικών τους δεδομένων στο διαδίκτυο. Οι ανάγκες όμως συνεχώς αυξάνονταν και σταδιακά επήλθε η συνειδητοποίηση των προτερημάτων της πληροφορικής στο τομέα της υγείας [1].

Τα πληροφοριακά συστήματα στο χώρο της υγείας αποτελούν μια σύμπραξη πολλών επιστημόνων, όπως προσωπικό υγείας, διαχειριστές πληροφοριακών συστημάτων, τεχνικών κ.α. Στόχος τους είναι η απόκτηση, αποθήκευση, επεξεργασία και διαχείριση πληροφοριών [19][36].

Τα πληροφοριακά συστήματα στο χώρο της υγείας κατηγοριοποιούνται ως εξής [19]:

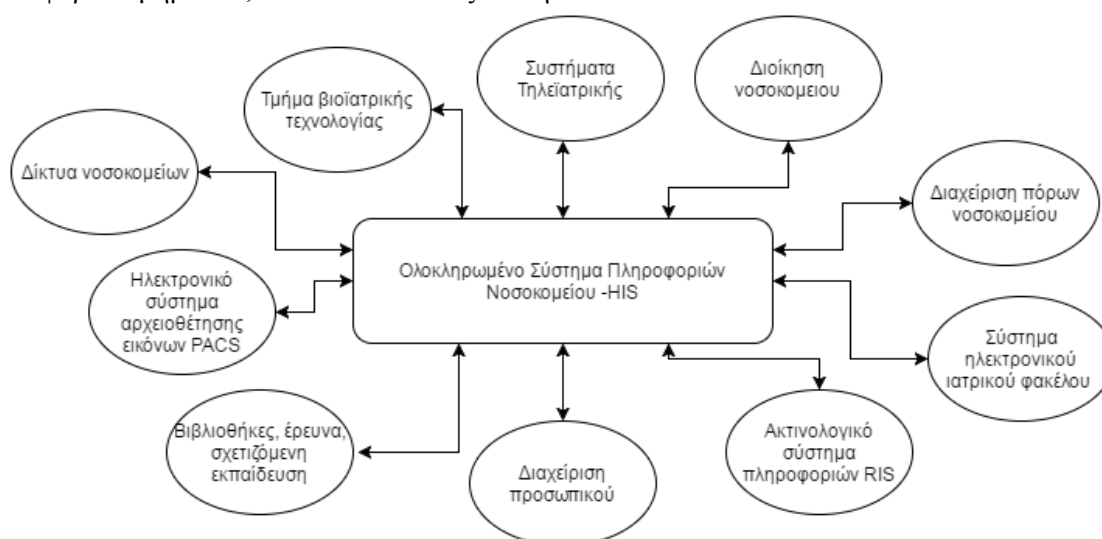
- Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείων
- Πληροφοριακά Συστήματα στο Νοσηλευτικό Τομέα
- Πληροφοριακά Συστήματα Εργαστηρίων
- Υπολογιστικά Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών αποφάσεων
- Υπολογιστικά Συστήματα Υποβοήθησης Διάγνωσης

### 1.2.1 Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείων

Στόχος των πληροφοριακών συστημάτων σε ένα νοσοκομείο (ΠΣΝ) είναι η συγκέντρωση της πληροφορίας από εσωτερικούς και εξωτερικούς πόρους, και συνδυασμός αυτής για τη σωστή διαχείριση των ασθενών αλλά και του τομέα διοίκησης του νοσοκομείου [19].

Τα ΠΣΝ είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση των δεδομένων των ασθενών, όπως οι ηλεκτρονικοί φάκελοι οι οποίοι περιέχουν τη διάγνωση, το ιστορικό των ασθενών, την ιατροφαρμακευτική αγωγή και προσωπικά στοιχεία τους. Επίσης είναι υπεύθυνα για τη σωστή διαχείριση του οικονομικού και διοικητικού τμήματος, όπως μισθοδοσίες προσωπικού, διαχείριση παραγγελιών φαρμακείου κ.α. [19].

Χρησιμοποιώντας κοινούς πόρους, η πληροφορία διαμοιράζεται και διακινείται μέσω των διαφόρων τμημάτων, ώστε τελικά να αξιοποιηθεί σωστά.



Εικόνα 6: Διάγραμμα ΠΣΝ

### 1.2.2 Πληροφοριακά Συστήματα στο Νοσηλευτικό Τομέα

Τα πληροφοριακά συστήματα στο Νοσηλευτικό τομέα χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματικότερη λήψη αποφάσεων σχετικά με το σχέδιο φροντίδας των ασθενών καθώς γίνεται αξιοποίηση των αποθηκευμένων σε ειδικές δομές, δεδομένων των ασθενών [33]. Επίσης χρησιμοποιούνται για τη σωστή οργάνωση του τμήματος, για παράδειγμα για την ενημέρωση του προσωπικού σχετικά με τις βάρδιες, άδειες κ.ά.

### 1.2.3 Πληροφοριακά Συστήματα Εργαστηρίων

Τα πληροφοριακά συστήματα εργαστηρίων (ΠΣΕ) αποτελούν τη σύνδεση του λογισμικού με τα ιατρικά μηχανήματα. Οι στόχοι τους είναι πολυάριθμοι και διαφορετικοί.

Αναφορικά με ιατρικά μηχανήματα [18]:

- Χειρισμός και παραμετροποίηση των ιατρικών μηχανημάτων
- Ενημέρωση παρούσας κατάστασης ιατρικών μηχανημάτων με συνεχή έλεγχο

Αναφορικά με ιατρικές εξετάσεις ασθενούς [18]:

- Αξιολόγηση αποτελεσμάτων ιατρικών εξετάσεων.
- Υποβοήθηση στη διάγνωση.
- Άμεση μελέτη ιατρικών εξετάσεων σε οποιαδήποτε τοποθεσία ασθενούς και ιατρού.
- Ανάλυση αποτελεσμάτων.

Συμπερασματικά, πραγματοποιείται διαρκής έλεγχος των μηχανημάτων αλλά και συνεχής έλεγχος της κατάστασης του ασθενούς μέσω της ενημέρωσης του φακέλου του με τα δεδομένα των αποτελεσμάτων των καινούριων ιατρικών εξετάσεων. Επίσης, οι σχετικές πληροφορίες αξιοποιούνται και από απομακρυσμένες περιοχές για τη διάγνωση και παροχή ιατροφαρμακευτικής φροντίδας [18].

### 1.2.4 Υπολογιστικά Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων (ΥΣΥΚΑ)

Το ΥΣΥΚΑ είναι ένα σύστημα διαλογής πληροφοριών, η διαχείριση των οποίων γίνεται μέσω υπολογιστικών συστημάτων, με στόχο την υποβοήθηση των επαγγελματιών υγείας στη λήψη αποφάσεων. Βασιζόμενο σε σύνθετους αλγόριθμους, μπορεί να συνδυάσει διάφορα χαρακτηριστικά όπως δεδομένα σχετικά με τον ασθενή, την ασθένεια, τη θεραπεία και να παράξει αξιολογήσεις ή συστάσεις για τον ασθενή καθώς και προβλέψεις σχετικές με τη διάγνωση [9][42][43][48]. Κατηγοριοποιείται σε <<Knowledge-based>> και <<Non-Knowledge-based>> [39].

Τα Knowledge-based συστήματα αποτελούνται από τρία τμήματα: Τη γνώση, τη μηχανή εξαγωγής αποτελεσμάτων και το μηχανισμό επικοινωνίας. Η γνώση αντιπροσωπεύει τη χρήση κανόνων με τη μορφή του <<εάν-τότε>> [39]. Για παράδειγμα, σε περίπτωση λήψης ενός φαρμάκου σε συνδυασμό με άλλο φάρμακο τότε ο ασθενής κινδυνεύει. Έπειτα, η μηχανή εξαγωγής αποτελεσμάτων συνδυάζει τους κανόνες της γνώσης με τα δεδομένα του ασθενούς και εξάγει αποτελέσματα. Τέλος, ο μηχανισμός επικοινωνίας παρουσιάζει στο χρήστη τα αποτελέσματα.

Τα Non-Knowledge-based συστήματα χρησιμοποιούν μια μορφή τεχνητής νοημοσύνης που ονομάζεται εκμάθηση μηχανής, η οποία επιτρέπει στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές να μαθαίνουν από προηγούμενες εμπειρίες και να πραγματοποιούν εξόρυξη κρυμμένων πληροφοριών από τα κλινικά δεδομένα, με τη χρήση αναγνώρισης προτύπων [39].

Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης είναι τα εξής [39]:

- Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα. Χρησιμοποιούν κόμβους και συνδέσεις με βάρη μεταξύ τους για να αναλύσουν τα πρότυπα που βρέθηκαν στα δεδομένα των ασθενών και να βρουν συσχετίσεις μεταξύ συμπτωμάτων και διάγνωσης.
- Γενετικοί αλγόριθμοι. Διατηρούν ένα πληθυσμό κωδικοποιημένων πιθανών λύσεων του προβλήματος που θέλουμε να επιλύσουμε και περνώντας αυτό τον πληθυσμό από πολλά διαδοχικά στάδια εξέλιξης, δημιουργούν διαρκώς νέους πληθυσμούς έως ότου αποκτηθεί η ιδανική λύση [29].
- Στατιστικά Πρότυπα
- Ασαφής Λογική

Το ΥΣΥΚΑ θεωρείται ως μαύρο κουτί καθώς δεν μπορεί να εξηγήσει τα αποτελέσματα που εξάγει.

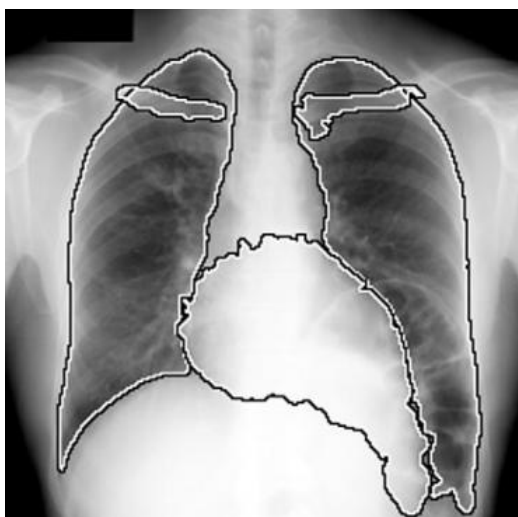
### 1.2.5 Υπολογιστικά Συστήματα Υποβοήθησης Διάγνωσης (ΥΣΥΔ)

Τα υπολογιστικά συστήματα υποβοήθησης διάγνωσης είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα τεχνολογία στον τομέα της υγείας, η οποία βοηθά τους ιατρούς και κυρίως τους ακτινολόγους στην επεξεργασία εικόνων που λαμβάνουν από διάφορες εξετάσεις όπως X-RAY, MRI κ.α. Λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης στο τομέα της απεικονιστικής διάγνωσης, ο φόρτος εργασίας των ακτινολόγων έχει αυξηθεί σημαντικά. Γι' αυτό το λόγο, κρίνεται επιθυμητό, να διαθέτουν εφαρμογές για την υποβοήθηση της διάγνωσης που ως στόχο έχουν τη μείωση χρόνου ενασχόλησης του ακτινολόγου καθώς και την αποφυγή σφαλμάτων κατά τη διαδικασία της διάγνωσης [14][15][26]. Η δυσκολία ενός υπολογιστικού συστήματος να κατανοήσει εικόνες είναι αρκετά μεγάλη. Γι' αυτό το λόγο η προσπάθεια εξαγωγής συμπεράσματος, το οποίο κρίνει μια εικόνα υπεύθυνη, είναι σημαντικό να πραγματοποιείται σταδιακά. Το ΥΣΥΔ διατέμνει το πρόβλημα σε μικρότερα και σε διάφορες συνιστώσες του [26].

Αρχικά το ΥΣΥΔ πραγματοποιεί προεπεξεργασία των δεδομένων της εικόνας (ανάλυση σήματος). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η αφαίρεση θορύβου, ο οποίος δημιουργεί ανακριβή συμπεράσματα, καθώς και η πραγματοποίηση δειγματοληψίας σε μία συγκεκριμένη ανάλυση. Στόχος της προεπεξεργασίας είναι η απομάκρυνση δεδομένων, τα οποία έχουν δημιουργηθεί από άλλες πηγές ή υπακούουν σε άλλα πρωτόκολλα, καθώς το σύστημα μπορεί να έχει "εκπαιδευτεί" και δοκιμαστεί σε συγκεκριμένο ίδρυμα, και έτσι, τα αποτελέσματα να είναι αναληθή υπό άλλες ρυθμίσεις [26].

Η κατάτμηση είναι το επόμενο στάδιο για τον αλγόριθμο ενός ΥΣΥΔ (Εικόνα 7). Είναι βασικό οι ακτινολόγοι να γνωρίζουν <<τί βρίσκεται πού>>, γι' αυτό και το σύστημα οριοθετεί τις περιοχές. Έτσι, είναι εφικτή η ανίχνευση πιθανού προβλήματος σε ανατομικές περιοχές, όπως για παράδειγμα η διόγκωση οργάνου [26].

Επιπρόσθετα, η χρήση φίλτρων προσδίδει τη δυνατότητα ανίχνευσης πιθανών σημείων με βλάβη. Σε αυτό το στάδιο το σύστημα πρέπει να είναι "ευαίσθητο" καθώς εάν η βλάβη απουσιάζει, δεν μπορεί να εντοπιστεί, γι' αυτό κρίνεται απαραίτητη η θέσπιση κανόνων για αυτές τις πιθανές περιοχές βλαβών. Κάθε περιοχή θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ένα διάνυσμα ιδιοτήτων που του έχουν δοθεί, όπως όρια φυσιολογικών τιμών, αποκλίσεις τιμών, καθώς και πιο περίπλοκες ιδιότητες οι οποίες προσδίδονται μετά από μαθηματικές περιγραφές. Οι ιδιότητες ταξινομούνται σύμφωνα με μαθηματικά μοντέλα, ανάλογα με τη σημαντικότητά τους. Στις τεχνικές που χρησιμοποιούνται συγκαταλέγονται τα νευρωνικά δίκτυα και οι Bayesian τεχνικές [26].



Εικόνα 7: Κατάτμηση παραγόμενη από αλγόριθμο κατάτμησης [26].

Το αποτέλεσμα προέρχεται από την παραπάνω διαδικασία και αποτελεί μια δεύτερη γνώμη για τον ακτινολόγο, ο οποίος διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις ώστε να κρίνει εάν το αποτέλεσμα του συστήματος είναι ακριβές και αληθές. Το παραγόμενο αποτέλεσμα του συστήματος χρησιμοποιεί σημάδια όπως βέλη ή κύκλους για να καταστήσει πιο ευδιάκριτες τις πιθανές περιοχές βλάβης [15].

Συμπερασματικά, τα συστήματα ΥΣΥΔ αρχίζουν να χρησιμοποιούνται ευρέως από τους ακτινολόγους ως δεύτερη άποψη κυρίως για ασθένειες όπως καρκίνος του μαστού, καρκίνος του πνεύμονα, MRI εγκεφάλου, καρκίνος του ήπατος, καθώς και για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας του ασθενή με αθηρωματική πλάκα στη καρωτίδα [44][45][46][47][49].

## 1.3 Σημαιολογικός Ιστός

### 1.3.1 Αποθετήρια σημαιολογικού ιστού

Η σημερινή εποχή αποτελεί την εποχή της πληροφορίας. Ο όγκος διακινούμενης πληροφορίας έχει αυξηθεί εκθετικά, καθιστώντας απαραίτητη την εύρεση τρόπων σωστής διαχείρισης των δεδομένων. Οι βάσεις αποτελούν έναν από τους πιο διαδεδομένους τρόπους αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων. Η αναζήτηση μέσω λέξεων-κλειδιών δεν εξάγει σε όλες τις περιπτώσεις το σωστό αποτέλεσμα λόγω του όγκου πληροφορίας που προστίθεται διαρκώς. Η νέα γνώση πρέπει να προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα, επομένως είναι επιθυμητή η δημιουργία δομών εύκολα επεξεργάσιμων, στις οποίες θα εφαρμόζονται ερωτήματα που θα απαντώνται μετά από εξειδικευμένη αναζήτηση σε καταναεμημένες και διαφορετικά δομημένες βάσεις πληροφοριών.

Η τεχνολογία του σημαιολογικού ιστού έρχεται να αναπαραστήσει το διαδικτυακό περιεχόμενο με μία πιο επεξεργάσιμη δομή και να αποτελέσει μια επέκταση του ήδη υπάρχοντος παγκόσμιου ιστού.

Τα αποθετήρια σημαιολογικού ιστού είναι παρόμοια με τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, δηλαδή αποθηκεύουν δεδομένα σε δομές με σημαιολογικές έννοιες που ονομάζονται οντολογίες, και διαχειρίζονται ερωτήματα σε αυτές. Με αυτό τον τρόπο η αναζήτηση με λέξεις-κλειδιά αντικαθίσταται από απαντήσεις σε ερωτήματα.

Το αποθετήριο σημαιολογικού ιστού προσφέρει:

- Αποτελεσματική διαλειτουργικότητα των δεδομένων.

- Δυνατότητα ανάλυσης καθώς χρησιμοποιείται για τη σύνδεση πολλών νησίδων πληροφορίας, οι οποίες διασυνδέονται μεταξύ τους.
- Διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.
- Αύξηση ταχύτητας στη φόρτωση και τροποποίηση δεδομένων.
- Γρήγορη διαχείριση σύνθετων ερωτημάτων.

Γνωστά αποθετήρια σημασιολογικού ιστού είναι η Sesame η οποία υποστηρίζει RDF(S) και η OWLIM η οποία χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικό επίπεδο για τη Sesame [35].

### 1.3.2 Οντολογίες

Η οντολογία αποτελεί το δομικό συστατικό του σημασιολογικού ιστού. Είναι η πλήρης περιγραφή των αντικειμένων και εννοιών ενός πεδίου ενδιαφέροντος και εμπεριέχει και τις σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση αυτών.

Η περιγραφή αναπαριστάται με τη χρήση κλάσεων και υποκλάσεων και η σύνδεση τους πραγματοποιείται με ιδιότητες αντικειμένου. Επίσης υπάρχουν περιορισμοί τιμών, ιδιότητες αντικειμένων, προτάσεις μη επικάλυψης κ.α., συντελώντας στη δημιουργία ενός λεξικού για την αναπαράσταση γνώσης, το οποίο εξασφαλίζει κοινή κατανόηση του πεδίου ενδιαφέροντος [20].

### 1.3.3 Γλώσσες αναπαράστασης Γνώσης

Ο διεθνής οργανισμός προτυποποίησης, Κοινοπραξία Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web Consortium, W3C), ανέπτυξε γλώσσες οι οποίες θα βοηθήσουν στην αναπαράσταση γνώσης μέσω ανάπτυξης οντολογιών (RDF(S), OWL).

#### 1.3.3.1 Resource Description Framework- RDF

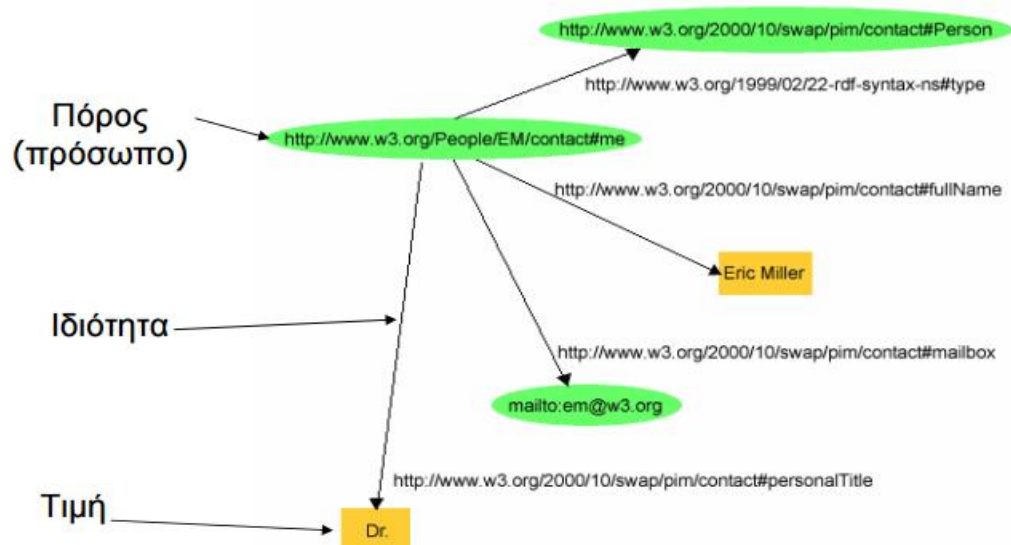
Η RDF είναι μια γλώσσα περιγραφής πληροφοριών, οι οποίες ονομάζονται μεταδεδομένα, και αφορούν τους πόρους. Πόρος μπορεί να θεωρηθεί ένα βιβλίο, το οποίο μπορεί να ταυτοποιηθεί στο διαδίκτυο, ενώ μεταδεδομένο είναι ο τίτλος του βιβλίου. Με την RDF η πληροφορία μετατρέπεται σε σημασιολογική.

Η δομή του RDF αποτελείται από τρία στοιχεία [30][41]:

- Πόροι: Είναι οντότητες που χαρακτηρίζονται από το URI (Uniform Resource Identifier), το οποίο μπορεί να είναι ένα URL.
- Ιδιότητες πόρων: Αποτελούν χαρακτηριστικά ή ιδιότητες που περιγράφουν τον πόρο, αποφεύγοντας ομωνυμίες των δεδομένων.
- Δηλώσεις: Απεικονίζονται ως γράφοι. Οι κόμβοι αποτελούν τους πόρους και τις τιμές και ως ακμές απεικονίζονται οι ιδιότητες.

Συγκεκριμένα οι δηλώσεις έχουν μορφή τριπλέτας [41][24] (Εικόνα 9):

- Πόροι = Υποκείμενο (Subject)
- Ιδιότητες = Κατηγορημα (Predicate). Αναπαριστάται ως ακμή η οποία κατευθύνεται από το υποκείμενο στο αντικείμενο.
- Τιμές = Αντικείμενο (Object). Τα αντικείμενα μπορεί να είναι είτε URIs, είτε σταθερές τιμές.

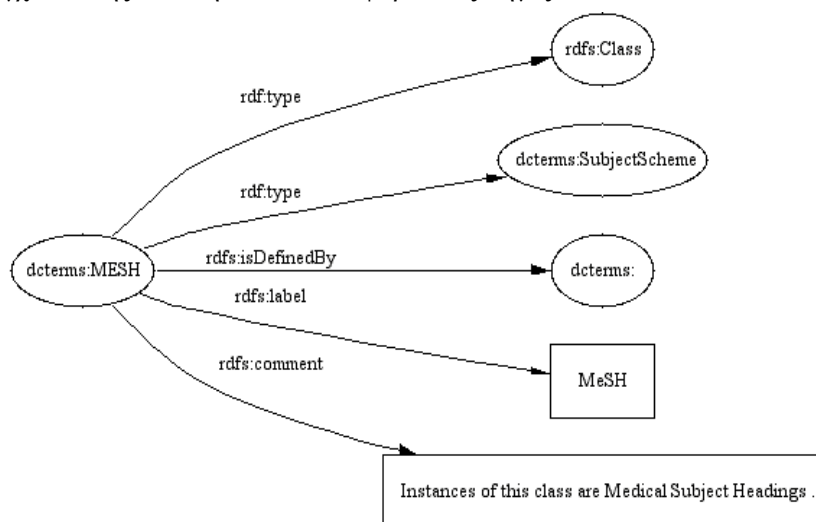


Εικόνα 9: Απεικόνιση ενός RDFγράφου<sup>6</sup>

### 1.3.3.2 Resource Description Framework Schema-RDFS

Η RDFS είναι η γλώσσα που δεν παρέχει λεξιλόγιο για κλάσεις και ιδιότητες αλλά τα μέσα για την περιγραφή τους, δηλαδή παρέχει ένα σύστημα τύπων. Συγκεκριμένα έχοντας κλάσεις και υποκλάσεις εισάγει την έννοια της κληρονομικότητας, δηλαδή οι ιδιότητες των κλάσεων κληροδοτούνται στις υποκλάσεις (rdfs:subClassOf) μέσω του συμπερασματικού μηχανισμού. Επίσης, υποστηρίζει το δομικό στοιχείο rdfs:domain, το οποίο δηλώνει σε ποιες κλάσεις μπορεί να αποδοθεί μια ιδιότητα, και το rdfs:range, το οποίο περιορίζει τις τιμές τις ιδιότητας σε υποστάσεις μίας κλάσης [30][41] (Εικόνα 8).

Ο μηχανισμός επαγωγής συμπερασμάτων του RDFS υποστηρίζει την επίλυση ζητημάτων συγχώνευσης οντοτήτων από διαφορετικές πηγές.



Εικόνα 8: Απεικόνιση ενός γράφου RDF, ο οποίος χρησιμοποιεί το MESH ως υποκείμενο<sup>7</sup>

<sup>6</sup>[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/Rdf\\_graph\\_for\\_Eric\\_Miller.png/220px-Rdf\\_graph\\_for\\_Eric\\_Miller.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/Rdf_graph_for_Eric_Miller.png/220px-Rdf_graph_for_Eric_Miller.png)

### 1.3.3.3 Web Ontology Language – OWL

Η RDFS δεν υποστηρίζει περιορισμούς ύπαρξης και πλήθους. Γι' αυτό το λόγο το W3C ανέπτυξε μία γλώσσα (OWL), η οποία χρησιμοποιεί σύνταξη XML και εκφράζει πιο σύνθετες οντολογίες. Η OWL επιτρέπει τον καθορισμό μέγιστης και ελάχιστης ιδιότητας μεταξύ των ιδιοτήτων και των κλάσεων, ισοδυναμίες, τοπικό περιορισμό τιμών, λογικούς συνδυασμούς όπως ένωση, τομή, συμπλήρωμα. Επιπρόσθετα προσφέρει δυνατότητα μοναδικότητας και μεταβατικότητα στα χαρακτηριστικά των ιδιοτήτων και μέσω της χρήσης κανόνων οδηγεί στη παραγωγή νέας γνώσης [11].

Η OWL γλώσσα κατηγοριοποιείται σε OWL Lite, OWL Full, OWL DL και επιτρέπει στο χρήστη την πλοήγηση μέσω σημασιολογικών εννοιών [11].

## 1.4 Ιατρικές Οντολογίες

Η ανάγκη για δημιουργία μιας κοινής πηγής με πληροφορίες που βασίζονται σε ιατρικές ορολογίες, ώστε να γίνεται χρήση τους από πολλές ιατρικές εφαρμογές, οδήγησε στη χρήση της τεχνολογίας σημασιολογικού ιστού. Έτσι, αναπτύχθηκαν οι ιατρικές οντολογίες, που ως στόχο έχουν τη βαθιά κατανόηση των ανατομικών περιοχών και των συσχετίσεων μεταξύ τους, κάτι που συνεπάγεται τη δημιουργία ενός κοινού λεξιλογίου και συντακτικού [20][23].

Με τη χρήση οντολογιών, για παράδειγμα η ανάλυση μιας εικόνας MRI από τον ακτινολόγο μέσω μιας ιατρικής εφαρμογής, κινείται σε συγκεκριμένα πρότυπα λεξιλογίου με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή από άλλους συναδέλφους. Έτσι, αποτρέπονται περιγραφές που δεν ακολουθούν συγκεκριμένο πρότυπο, γεγονός που κάνει εφικτή την εξαγωγή αυτοματοποιημένων αποτελεσμάτων, ώστε η διάγνωση να είναι πιο άμεση.

Σε αντίθεση με τις βάσεις δεδομένων, η εξαγωγή αποτελεσμάτων πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ακρίβεια καθώς οι συνδέσεις μεταξύ των όρων και οι μεταξύ τους σχέσεις είναι αναλυτικότερες. Οι σημαντικότερες ιατρικές οντολογίες στον τομέα της Ιατρικής Απεικόνισης είναι οι εξής [20]:

- Foundational Model of Anatomy (FMA)
- RadLex
- Medical Subject Headings (MeSH)
- ICD-10
- SNOMED CT

### 1.4.1 FMA

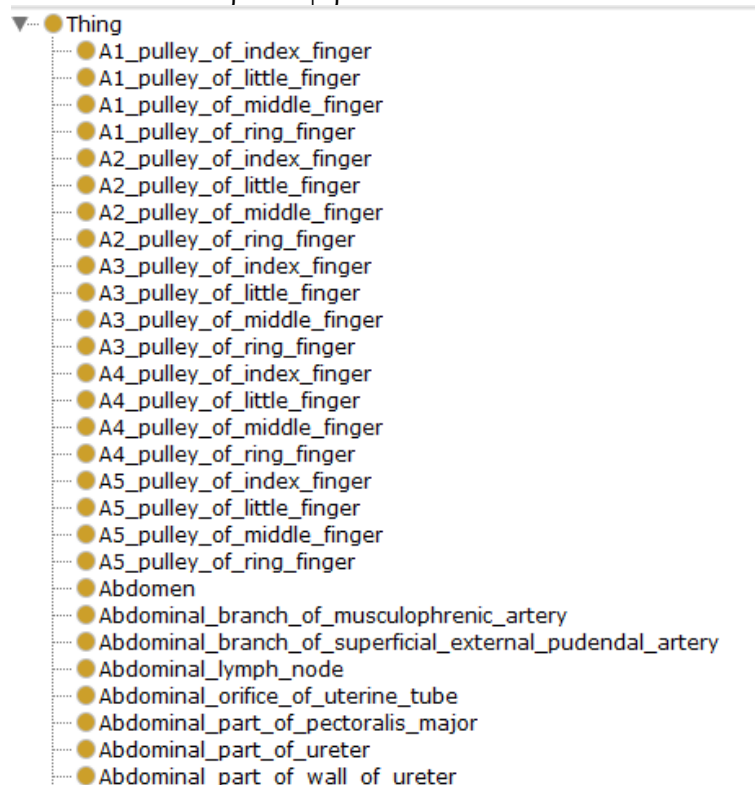
Η FMA αποτελεί μια οντολογία, η οποία αναφέρεται στην ανατομία του ανθρώπινου σώματος και έχει δημιουργηθεί για να προσφέρει γνώση, χρησιμοποιώντας ιατρικές ορολογίες σχετικά με την ανατομία, με τρόπο κατανοητό από ανθρώπους και υπολογιστές. Η οντολογία αυτή χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εφαρμογών για διαγνωστικούς, εκπαιδευτικούς, ερευνητικούς σκοπούς [37].

Η FMA αποτελείται από τέσσερα αλληλένδετα δομικά στοιχεία [28][37]:

---

<sup>7</sup><http://dublincore.org/documents/dcq-rdf-xml/images/mesh1.gif>

- 1) Anatomy Taxonomy (At): Είναι μια κλάση η οποία ομαδοποιεί σε κλάσεις τις ανατομικές οντότητες ανάλογα με τις ομοιότητες ή τις διαφορές στα χαρακτηριστικά τους.
- 2) Anatomical Structural Abstraction (ASA): Είναι η κλάση που καθορίζει τις σχέσεις που σχετίζονται με τις κλάσεις της At κλάσης.
- 3) Anatomical Transformation Abstraction (ATA): Είναι η κλάση που καθορίζει το μορφολογικό μετασχηματισμό των οντοτήτων της κλάσης At, τόσο στη προγεννητική όσο και στη μεταγεννητική φάση του κύκλου ζωής.
- 4) Metaknowledge (Mk): Είναι η κλάση η οποία καθορίζει τους κανόνες, τους ορισμούς και τις αρχές με τις οποίες γίνεται αναπαράσταση των τριών προαναφερθέντων κλάσεων.



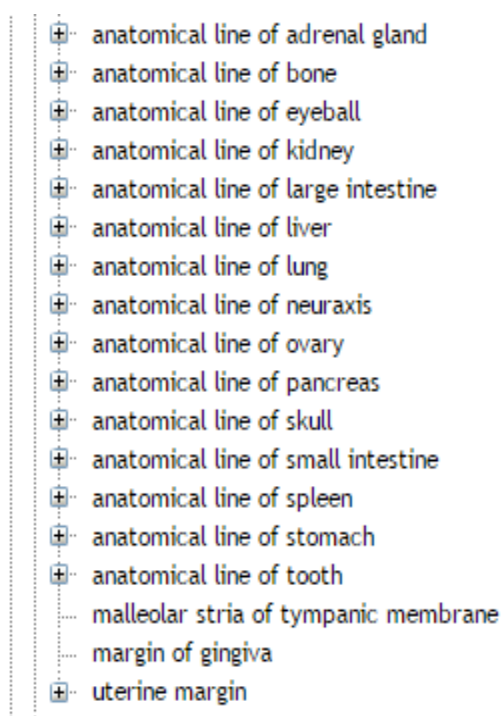
Εικόνα 9: Τμήμα της οντολογίας FMA

### 1.4.2 RadLex

Τα ιατρικά δεδομένα καθώς και τα διάφορα δεδομένα από αναλύσεις εικόνων, έχουν μεταφερθεί τα τελευταία χρόνια στο διαδίκτυο για την εύκολη πρόσβαση τους από οποιοδήποτε γιατρό τα χρειάζεται σε οποιοδήποτε μέρος και αν βρίσκεται. Η διαχείριση όμως τόσο μεγάλου όγκου πληροφορίας αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα. Αρχικά οι ακτινολόγοι προσπάθησαν χρησιμοποιώντας κοινή ιατρική ορολογία να ανακτήσουν και στη συνέχεια να διαχειριστούν αυτά τα δεδομένα χωρίς τη χρήση κάποιου συγκεκριμένου λεξικού. Οι δυσκολίες που δημιουργούνταν κατά την προσπάθεια αυτή κατέστησαν επιθυμητή τη δημιουργία της οντολογίας RadLex (Standard Radiology Lexicon) [20][22].

Το RadLex αποτελεί ένα περιεκτικό λεξικό το οποίο χρησιμοποιεί ακτινολογικούς όρους και βοηθά στην τοποθέτηση σε πίνακες και στην ανάκτηση των δεδομένων από πηγές που χρησιμοποιούν οι ακτινολόγοι [20][22].

Επίσης το RadLex αντικατέστησε το ACRindex το οποίο χρησιμοποιείται για διάγνωση από τους ραδιολόγους καθώς είναι πιο περιεκτικό και πιο "φιλικό" στους χρήστες και στους υπεύθυνους διαχείρισης των εφαρμογών που χρησιμοποιούν το λεξικό.



Εικόνα 10: Τμήμα της οντολογίας RadLex

### 1.4.3 MeSH

Η οντολογία MeSH, η οποία προτείνεται από την Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικού Λεξιλογίου (NLM), χρησιμοποιεί όρους οι οποίοι ονομάζονται περιγραφητές και βρίσκονται σε δομές με ιεραρχία και ως στόχο έχουν μετά την διαδικασία της αναζήτησης να ανακτήσουν την πιο κατάλληλη επικεφαλίδα της οντολογίας [25][31].

Η MeSH περιέχει 27.833 περιγραφητές. Αποτελείται από γενικές κλάσεις στα υψηλότερα επίπεδα, οι οποίες είναι ιεραρχημένες, όπως <<Χημικά>> και <<Ναρκωτικά>> και σε χαμηλότερα επίπεδα υπάρχουν πιο ειδικές κατηγορίες όπως <<Ασπιρίνη>>. Η δομή της είναι ένα ιεραρχημένο δέντρο το οποίο αποτελείται από υπόδεντρα. Ένας όρος είναι πιθανό να εντοπιστεί σε περισσότερα από ένα διαφορετικά υπόδεντρα.

Η MeSH χρησιμοποιείται κυρίως από τη MEDLINE για την ταξινόμηση άρθρων από διάφορα επιστημονικά περιοδικά με σκοπό να ανανεωθεί η βάση δεδομένων τους. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί τα MeSH Headings της MeSH ως δείκτες για τα έγγραφα. Επίσης χρησιμοποιείται και για την βάση δεδομένων της NLM καθώς κάθε βιβλιογραφική αναφορά της, αναφέρεται σε ένα σύνολο όρων της MeSH [25][31].

- ⊕ Anesthesia and Analgesia
- ⊕ Animal Diseases
- ⊕ Animal Structures
- ⊕ Archaea
- ⊕ Bacteria
- ⊕ Bacterial Infections and Mycoses
- ⊕ Bacterial Structures
- ⊕ Behavior and Behavior Mechanisms
- ⊕ Behavioral Disciplines and Activities
- ⊕ Biological Factors
- ⊕ Biological Phenomena
- ⊕ Biomedical and Dental Materials
- ⊕ Body Regions
- ⊕ Carbohydrates
- ⊕ Cardiovascular Diseases
- ⊕ Cardiovascular System
- ⊕ Cell Physiological Phenomena
- ⊕ Cells
- ⊕ Chemical Actions and Uses
- ⊕ Chemical Phenomena
- ⊕ Chemically-Induced Disorders
- ⊕ Circulatory and Respiratory Physiological Phenomena

Εικόνα 11: Τμήμα της οντολογίας MeSH

#### 1.4.4 ICD-10

Η επιστήμη της επιδημιολογίας είναι ένας βασικός κλάδος που συνεισφέρει σημαντικά στην ιατρική καθώς βοηθά στη διάγνωση διαφόρων ασθενειών. Μελετάει την κατανομή και την εξέλιξη διαφόρων νοσημάτων στον ανθρώπινο πληθυσμό και των παραγόντων που τον επηρεάζουν και τον διαμορφώνουν. Η υποβοήθηση αυτού του τομέα κρίθηκε επιθυμητή και γι αυτό το λόγο δημιουργήθηκε η οντολογία ICD-10 (International Classification of Diseases) [32].

Η ICD-10 χρησιμοποιείται για την περαιτέρω ανάλυση των επιπτώσεων και του επιπολασμού μιας νόσου σε ένα ανθρώπινο πληθυσμό. Συγκεντρώνοντας λοιπόν πληροφορίες από ιατρικά δεδομένα, αποτελέσματα ιατρικών εξετάσεων κ.α. , βοηθά στη μελέτη των συνθηκών και των αιτιών που προκαλούν επιδημίες , τη νοσηρότητα και θνησιμότητα ενός πληθυσμού, κατανόηση της ιστορίας μιας ασθένειας καθώς και την εξέλιξη της σε μια χρονική περίοδο. Τα στοιχεία που εξάγονται χρησιμοποιούνται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ιατρούς, υπεύθυνους διαχείρισης εφαρμογών και προγραμμάτων κ.α..

- ⊕ Diseases of the circulatory system
- ⊕ Diseases of the digestive system
- ⊕ Diseases of the ear and mastoid process
- ⊕ Diseases of the eye and adnexa
- ⊕ Diseases of the genitourinary system
- ⊕ Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue
- ⊕ Diseases of the nervous system
- ⊕ Diseases of the respiratory system
- ⊕ Diseases of the skin and subcutaneous tissue
- ⊕ Endocrine, nutritional and metabolic diseases
- ⊕ External causes of morbidity and mortality
- ⊕ Factors influencing health status and contact with health services
- ⊕ Injury, poisoning and certain other consequences of external causes
- ⊕ Mental, behavioural disorders
- ⊕ Neoplasms

Εικόνα 12: Τμήμα οντολογίας ICD-10

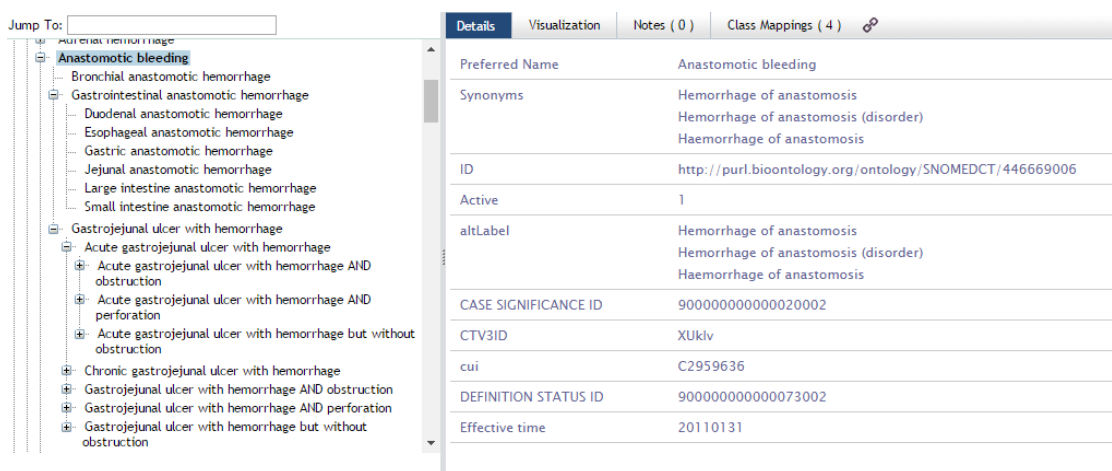
## 1.4.5 SNOMED CT

Η SNOMED Clinical Terms (CT) αποτελείται από μια μεγάλη συλλογή ιατρικών όρων, η οποία έχει τη δυνατότητα πρόσβασης και επεξεργασίας από ένα υπολογιστικό σύστημα. Η διάθεση της σε όρους, κώδικες καθώς και συνώνυμα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε κλινικές αναφορές και εγχειρίδια, την καθιστούν την πιο κατανοητή συλλογή κλινικής ορολογίας.

Σκοπός της οντολογίας είναι η κωδικοποίηση των όρων που χρησιμοποιούνται κατά την κλινική άσκηση, ώστε να βελτιωθεί ο τρόπος καταγραφής και αποθήκευσης των ιατρικών εγγράφων, το οποίο συνεπάγεται καλύτερη ποιότητα ιατρικής περίθαλψης [21].

Η SNOMED CT αποτελείται από 4 στοιχεία:

- Κώδικες σεναρίων: Χαρακτηρίζουν τη μοναδικότητα των κλινικών όρων, οργανώνοντας τους σε ιεραρχία μέσω της αριθμητικής τους μορφής.
- Περιγραφές: Λεκτικές περιγραφές των σεναρίων.
- Σχέσεις: Είναι οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των κωδικών σεναρίων, οι οποίοι παρουσιάζουν μια ερμηνεία.
- Σύνολα αναφορών: Η χρήση τους ομαδοποιεί τους κώδικες σεναρίων ή τις περιγραφές.



Εικόνα 13: Παρουσίαση τμήματος της SNOMED CT που αφορά την αιμορραγία

## 1.5 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης της ΠΣ και η δυσκολία διάγνωσής της σε συνδυασμό με την ανάπτυξη και χρήση ιατρικών οντολογιών στα σύγχρονα συστήματα Υγείας, αποτέλεσαν το κίνητρο για την ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εκπαιδευτικής εφαρμογής, η οποία θα χρησιμοποιείται ως εργαλείο εκμάθησης για τους ειδικευόμενους ακτινολόγους στη ΠΣ. Οι κύριοι στόχοι της διπλωματικής εργασίας είναι:

- Η ανάπτυξη μιας οντολογίας η οποία θα μπορέσει να μοντελοποιήσει τη ΠΣ με τη χρήση των κριτηρίων McDonald ενώ παράλληλα θα είναι σε θέση να εξάγει γνώση μέσω τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού.
- Η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής, η οποία αντλεί τα δεδομένα της από την οντολογία και τα χρησιμοποιεί για τη δημιουργία επιμορφωτικών ερωτήσεων.

Οι ερωτήσεις που παράγονται θα βοηθήσουν στην εκπαίδευση του ειδικευόμενου ακτινολόγου με την νόσο μέσω της απεικόνισης βλαβών σε MRI εικόνες.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων χρησιμοποιήθηκε το Apache Jena Framework για την επικοινωνία της εκπαιδευτικής εφαρμογής με την ιατρική οντολογία και ως γλώσσα αναζήτησης πληροφορίας, χρησιμοποιήθηκε η SPARQL γλώσσα. Επιπλέον, έγινε χρήση του Apache Jena Fuseki SPARQL server για μεταφόρτωση, αποθήκευσή και στη συνέχεια, διαχείριση της οντολογίας.



## Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη οντολογίας για την Πολλαπλή Σκλήρυνση

### 2.1 Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό

Η διαχείριση της πληροφορίας αποτελεί ένα έργο δύσκολο για τις υπάρχουσες αποθηκευτικές δομές. Η τρέχουσα τεχνολογία έχει τους εξής περιορισμούς [41]:

- Η αναζήτηση πληροφορίας πραγματοποιείται με τη χρήση λέξεων-κλειδιών σε κείμενα, συνεπώς η εξαγωγή αποτελέσματος τις περισσότερες φορές δεν είναι η επιθυμητή.
- Οι ασυνέπειες στην ορολογία και η δυσκολία αφαίρεσης παλαιότερων πληροφοριών προκαλεί προβλήματα στη συντήρηση της πληροφορίας.
- Η χρήση αδύναμων δομών συλλογής εγγράφων καθιστά δύσκολη την εξόρυξη δεδομένων.

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν ο σημασιολογικός ιστός έχει ως στόχο να παρέχει συστήματα διαχείρισης γνώσης, στα οποία η γνώση θα είναι οργανωμένη σε εννοιολογικές περιοχές, η ασυνέπεια θα ελέγχεται με εξειδικευμένα εργαλεία και θα παράγεται νέα γνώση, τα αποτελέσματα θα εξάγονται με απαντήσεις σε ερωτήματα και επίσης θα είναι ελεγχόμενη η πρόσβαση σε συγκεκριμένα τμήματα πληροφορίας.

Η υπάρχουσα μορφή του παγκόσμιου ιστού είναι εύκολα αντιληπτή από τους ανθρώπους, καθώς χρησιμοποιείται η γλώσσα HTML, όμως δεν ισχύει το ίδιο για τους υπολογιστές [41]. Ο στόχος των σελίδων είναι εκτός από τις πληροφορίες μορφοποίησης που μεταφέρουν για τη δημιουργία ενός εγγράφου για χρήστες, να περιέχουν και πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενό τους. Σε αυτό το σημείο ο σημασιολογικός ιστός έρχεται να χρησιμοποιήσει τα μεταδεδομένα και τις οντολογίες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Με τη χρήση της λογικής επεξεργασίας, επιστήμη η οποία μελετά τη συλλογιστική (reasoning) των οντολογιών που παράγονται, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα με την υπάρχουσα γνώση καθιστώντας έτσι ρητή την υπονοούμενη γνώση. Επίσης μέσω της συλλογιστικής διαδικασίας παρέχονται και αιτιολογήσεις για τα αποτελέσματα με την ακολουθία των βημάτων συμπερασμού (inference steps) [41].

Βασικό ρόλο στη νέα αυτή τεχνολογία κατέχουν και οι πράκτορες, οι οποίοι είναι προγράμματα λογισμικού. Ένας πράκτορας αναλαμβάνει να αναζητήσει πληροφορίες στον Ιστό σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη, και να συγκρίνει με άλλους πράκτορες ώστε να επιστρέφει τις επιθυμητές απαντήσεις [41].

### 2.2 Επίπεδα Σημασιολογικού Ιστού

Η τεχνολογία του σημασιολογικού ιστού αναπτύσσεται διαρκώς, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καινούρια επίπεδα στον λεγόμενο <<Πύργο Επιπέδων>> του σημασιολογικού ιστού. Διάφορες ομάδες, οι οποίες ανήκουν σε διάφορα πεδία γνώσης, συνεργάζονται για την ομαλή μετάβαση από τα χαμηλότερα στρώματα στα υψηλότερα.

Σημαντική προϋπόθεση για την αποδοχή ενός καινούριου επιπέδου είναι η μερική κατανόηση προς τα κάτω από τους πράκτορες (δηλαδή, να μπορούν να χρησιμοποιήσουν πληροφορίες από κατώτερα επίπεδα). Επίσης η μερική κατανόηση προς τα άνω, αντίστοιχα.

Τα κύρια επίπεδα από κάτω προς τα άνω του <<Πύργο Επιπέδων>> είναι τα εξής [41]:

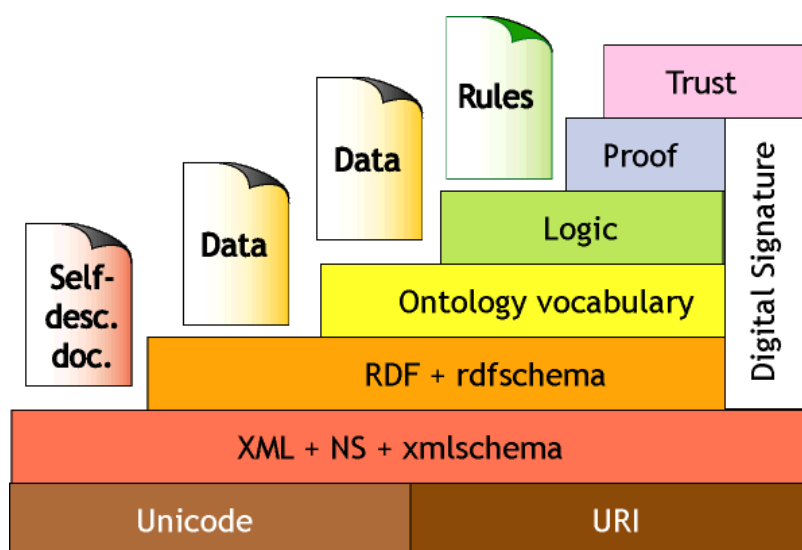
- Στη βάση είναι η γλώσσα XML, με την οποία ο χρήστης πραγματοποιεί τη συγγραφή εγγράφων XML χρησιμοποιώντας ένα λεξιλόγιο. Η γλώσσα αυτή όμως δεν καθορίζει τη σημασιολογία των δεδομένων [12].

Η XML schema επιτρέπει τον ορισμό νέων τύπων με τη χρήση ή τον περιορισμό προηγούμενων επιπέδων.

- Επόμενο επίπεδο είναι η RDF γλώσσα, η οποία είναι σε θέση να δώσει σημασιολογία στα δεδομένα καθώς είναι στην ουσία μοντέλο δεδομένων. Χρησιμοποιώντας στη σύνταξη της XML και έχοντας ως δομικό της στοιχείο την τριάδα αντικείμενο-χαρακτηριστικό-τιμή μπορεί να αναπαραστήσει με χρήση απλών προτάσεων, αντικείμενα του κόσμου [12].

Η RDFS, η οποία βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο καθορίζει ποιές ιδιότητες ισχύουν για ποιά αντικείμενα και τί τιμές μπορούν να λάβουν.

- Η RDFS καθορίζει το λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται στα μοντέλα.
- Το επίπεδο της λογικής χρησιμοποιείται για να ενισχύσει τις γλώσσες συγγραφής οντολογιών, καθώς κρίνεται απαραίτητο να διαθέτουν περισσότερους περιορισμούς και εκφραστικότητα από αυτή που δίνεται από την RDFS.
- Το επίπεδο της απόδειξης αποτελείται από την εξαγωγή του αποτελέσματος καθώς και την αιτιολόγησή του σε βήματα, ώστε να επαληθευτεί.
- Το επίπεδο εμπιστοσύνης προέρχεται από συστάσεις πρακτόρων ή άλλα μέσα αξιολόγησης όπως τα σωματεία καταναλωτών.



Εικόνα 14: Διαστρωματωμένη προσέγγιση του Σημασιολογικού Ιστού<sup>8</sup>

<sup>8</sup> <http://www.cs.vu.nl/~guus/talks/04-vle-owl/sw-layercake.png>

## 2.3 Εισαγωγή στη γλώσσα OWL DL

Η γλώσσα OWL, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, προσφέρει περισσότερες δυνατότητες από αυτές που προσφέρουν οι γλώσσες RDF, RDFS. Η OWL DL, η οποία είναι μια υπό γλώσσα της OWL FULL, προσφέρει μεγαλύτερη εκφραστικότητα καθώς περιορίζει τον τρόπο χρήσης των κατασκευαστών. Συγκεκριμένα, δεν επιτρέπει μια κλάση να αποτελεί και ιδιότητα και άτομο.

### 2.3.1 Χαρακτηριστικά της OWL-RDFS

Τα βασικά χαρακτηριστικά της OWL γλώσσας είναι:

- **Class:** Η κλάση περιέχει όλα τα αντικείμενα, τα οποία έχουν κοινές ιδιότητες.
- **Individual:** Άτομα που είναι στιγμιότυπα κλάσεων, και κάποιες φορές ιδιότητες. Χρησιμοποιούνται για να συνδεθούν με άλλα άτομα.
- **rdfs:subClassOf:** Αποτελεί τη κληρονομικότητα των κλάσεων (δηλαδή, τη δήλωση ότι μία κλάση αποτελεί υποκλάση μιας άλλης κλάσης). Με τον τρόπο αυτό είναι εύκολο μετά από τη συλλογιστική διαδικασία να εξαχθεί το αποτέλεσμα ότι ένα άτομο που ανήκει σε μία υποκλάση ανήκει και στην επερκλάση της.
- **rdf:Property:** Δηλώνει τις ιδιότητες μεταξύ των αντικειμένων αλλά και μεταξύ αντικειμένων με τις τιμές δεδομένων (Data Properties).
- **rdf:subProperty:** Δηλώνει την κληρονομικότητα στις ιδιότητες, δηλαδή συσχετίζει μία ιδιότητα με μία από τις υπεριδιότητές της.
- **rdfs:domain:** Καθορίζει το πεδίο τιμών μιας ιδιότητας, επομένως και τα άτομα που έχουν αυτή την ιδιότητα είναι στιγμιότυπα της κλάσης που ανήκει στο πεδίο ορισμού.
- **rdfs:range:** Καθορίζει το σύνολο τιμών μιας ιδιότητας άρα και οι τιμές της ιδιότητας αποτελούν στιγμιότυπα των κλάσεων που ανήκουν στο πεδίο τιμών [24][41].

### 2.3.2 Χαρακτηριστικά Ισότητας και Ανισότητας

Η γλώσσα διαθέτει επίσης τα εξής χαρακτηριστικά σύγκρισης κλάσεων και ιδιοτήτων:

- **equivalentClass:** Εκφράζει την ισοδυναμία κλάσεων. Επομένως για ένα άτομο που ανήκει σε μία κλάση, με τη συλλογιστική διαδικασία εξάγεται το συμπέρασμα ότι ανήκει και στην ισοδύναμη κλάση.
- **sameAs:** Όταν δύο άτομα δηλώνονται ως όμοια.
- **equivalentProperty:** Αποτελεί την ισοδυναμία των ιδιοτήτων.
- **differentFrom:** Όταν ένα άτομο αναφέρεται ως διαφορετικό από κάποιο άλλο.
- **AllDiferent:** Δηλώνει ότι ένα σύνολο από άτομα, τα οποία ανήκουν σε μία λίστα, είναι διαφορετικά μεταξύ τους [24][41].

### 2.3.3 Περιορισμοί Ιδιοτήτων

Η παροχή περιορισμών ιδιοτήτων προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στις ιδιότητες. Οι βασικότεροι περιορισμοί είναι:

- **allValuesFrom:** Δηλώνει τις δυνατές τιμές που μπορεί να λάβει μια ιδιότητα που καθορίζεται από μια συγκεκριμένη κλάση. Δηλαδή όλες οι τιμές της ιδιότητας να προέρχονται από αυτή την κλάση. Για παράδειγμα εάν έχουμε την κλάση Teacher, η οποία έχει ιδιότητα hasStudent με περιορισμό hasValuesFrom από την κλάση HighSchool, τότε μόνο όλα τα αντικείμενα που προέρχονται από την κλάση HighSchool πρέπει να αποτελούν τιμές της ιδιότητας hasStudent [24].
- **someValuesFrom:** Δηλώνει ότι τουλάχιστον μία τιμή της ιδιότητας πρέπει να προέρχεται από μια συγκεκριμένη κλάση η οποία δηλώνεται από τον περιορισμό someValuesFrom. Για παράδειγμα εάν έχουμε την κλάση Teacher, η οποία έχει ιδιότητα hasStudent με περιορισμό hasValuesFrom από την κλάση HighSchool, τότε τουλάχιστον ένα αντικείμενο που προέρχεται από την κλάση HighSchool πρέπει να αποτελεί τιμή της ιδιότητας hasStudent [24].

### 2.3.4 Χαρακτηριστικά Ιδιοτήτων

Μερικές ιδιότητες των στοιχείων ιδιοτήτων μπορούν να οριστούν απευθείας:

- **inverseOf:** Δηλώνει τη συσχέτιση αντίστροφων ιδιοτήτων. Για παράδειγμα, εάν η ιδιότητα I1 είναι η αντίστροφη της ιδιότητας I2 τότε εάν το X συνδέεται με το Y μέσω της I1, τότε και το Y συνδέεται με το X μέσω της I2.
- **TransitiveProperty:** Καθορίζει μία μεταβατική ιδιότητα όπως <<είναι καλύτερος από>>.
- **SymmetricProperty:** Δηλώνει μία συμμετρική ιδιότητα όπως <<έχει ίδιο ύψος με>>.
- **FunctionalProperty:** Δηλώνει μία ιδιότητα με μοναδική τιμή για κάθε αντικείμενο.
- **InverseFunctionalProperty:** Δηλώνει μία ιδιότητα στην οποία δύο διαφορετικά αντικείμενα δεν μπορούν να έχουν την ίδια τιμή [24][41].

### 2.3.5 Περιορισμοί πληθυκότητας

Η δυνατότητα καθορισμού πληθυκότητας, παρέχει ακρίβεια στη γλώσσα OWL.

- **minCardinality:** Καθορίζει ένα ελάχιστο ακριβή αριθμό σε μία ιδιότητα.
- **maxCardinality:** : Καθορίζει ένα μέγιστο ακριβή αριθμό σε μία ιδιότητα [24][41].

### 2.3.6 Λογικοί συνδυασμοί

Με την OWL DL μπορούμε να αναφερθούμε σε λογικούς συνδυασμούς όπως ένωση, τομή, συμπλήρωμα:

- **intersectionOf**: Αποτελεί την τομή δύο κλάσεων.
- **unionOf**: Αποτελεί την ένωση δύο κλάσεων.
- **disjointWith**: Εκφράζει δύο ξένα σύνολα [24][41].

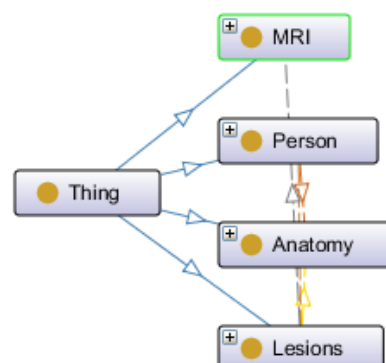
## 2.4 Δομή της οντολογίας

Η οντολογία δημιουργήθηκε έχοντας ως στόχο την αναπαράσταση της ασθένειας μέσω των κριτηρίων McDonald. Έχοντας χρησιμοποιηθεί οι κατάλληλες σχέσεις μεταξύ των κλάσεων, παρέχεται αποτελεσματική εξαγωγή συμπεράσματος μετά την εκτέλεση σύνθετων ερωτημάτων. Τα ερωτήματα εφαρμόζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε το συμπέρασμα (απάντηση) να προκύπτει από τη συλλογιστική διαδικασία χρησιμοποιώντας σημασιολογία. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται σύνθετη αναζήτηση στην οντολογία ώστε μέσω της σημασιολογίας να εξαχτεί το συμπέρασμα εάν κάποιος είναι πιθανός ασθενής και αν ναι, τί τύπος είναι. Η δημιουργία των ερωτημάτων θα πραγματοποιείται μετά την εισαγωγή εικόνων DICOM από τον ειδικευμένο ακτινολόγο. Στην φόρμα θα του ζητείται να γίνει εισαγωγή του αριθμού των εστιών ανά περιοχή παρατήρησης στις MRI εικόνες και μέσω αυτής της πληροφορίας θα γίνεται αναζήτηση στην οντολογία ώστε να προκύψει το συμπέρασμα.

### 2.4.1 Βασικές κλάσεις της οντολογίας

Οι βασικές κλάσεις της οντολογίας είναι οι εξής (Εικόνα 15):

- Person
- Anatomy
- MRI
- Lesions



Εικόνα 15: Αναπαράσταση βασικών κλάσεων οντολογίας

### **Ανάλυση κλάσεων:**

- **Κλάση Person:** Αποτελεί την κλάση, η οποία περιέχει την πληροφορία σχετικά με την πιθανότητα να νοσεί το άτομο καθώς επίσης κατηγοριοποιεί και τα άτομα ανάλογα με τις ανατομικές περιοχές που εμφανίζουν βλάβες.

Οι υποκλάσεις της κλάσης Person είναι οι εξής (Εικόνα 16):

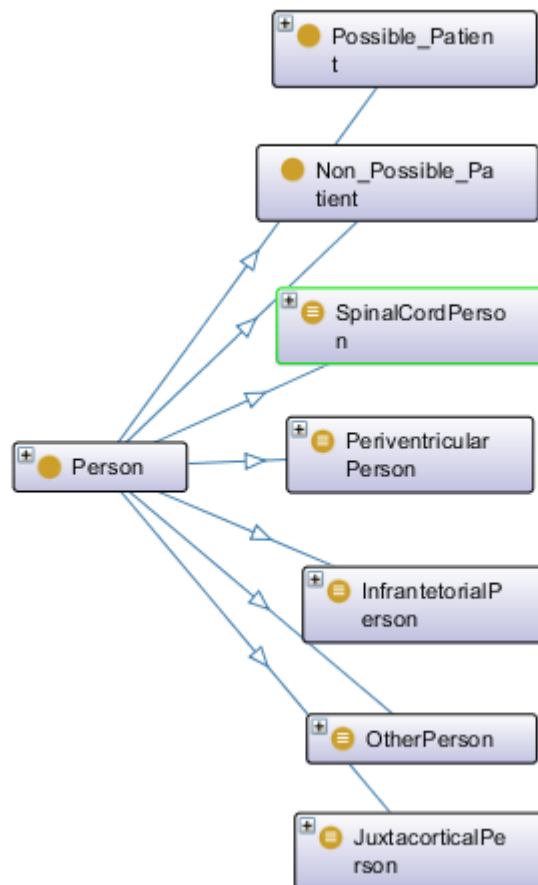
1. *InfrantetorialPerson*
2. *JuxtacorticalPerson*
3. *PeriventricularPerson*
4. *SpinalCordPerson*
5. *OtherPerson*
6. *Possible\_Patient*
7. *Non\_Possible\_Patient*

Οι πρώτες πέντε κλάσεις έχουν λάβει το όνομα τους από τις περιοχές του εγκεφάλου ή του νωτιαίου μυελού όπου παρατηρούνται εστίες. Άρα η κλάση *InfrantetorialPerson*, αντιστοιχεί σε άτομο, το οποίο διαθέτει περιοχές που παρουσιάζουν υποσκηνίδιες βλάβες, η κλάση *JuxtacorticalPerson*, αντιστοιχεί σε άτομο που παρουσιάζει υποφλοιώδεις βλάβες, η κλάση *PeriventricularPerson*, αντιστοιχεί σε άτομο που παρουσιάζει περικολιακές βλάβες, η κλάση *SpinalCordPerson*, αντιστοιχεί σε άτομο που παρουσιάζει βλάβες στον νωτιαίο μυελό και τέλος, η κλάση *OtherPerson*, αντιστοιχεί σε άτομο που παρουσιάζει βλάβες σε διάφορα τμήματα του εγκεφάλου.

Η έννοια του Πιθανού Ασθενή περιγράφεται από την κλάση *Possible\_Patient* και αποτελεί τη βασική κλάση της οντολογίας. Τα ερωτήματα που θέτονται έχουν ως στόχο μέσω του *reasoner* που χρησιμοποιείται να εξαγουν το αποτέλεσμα εάν κάποιος είναι τελικά πιθανός ασθενής.

Οι εικόνες MRI, όπως έχει αναφερθεί, απεικονίζουν εστίες σε διάφορα τμήματα του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού. Ο ειδικευμένος ακτινολόγος επεξεργάζεται τις εικόνες επισημαίνοντας τις εστίες, την τεχνική λήψης των εικόνων καθώς και τις περιοχές όπου συναντώνται οι εστίες. Με αυτό τον τρόπο τίθεται το ερώτημα στην οντολογία εάν αυτή η εικόνα ανήκει σε Πιθανό Ασθενή. Η οντολογία για να εξαγάγει το αποτέλεσμα μέσω *reasoning*, βασίζεται στα αναθεωρημένα κριτήρια του McDonald, τα οποία ακολούθως χρησιμοποιούν για τη διασπορά στο χρόνο των βλαβών, τα τροποποιημένα κριτήρια του Barkhof [5][27]. Τα κριτήρια είναι τέσσερα και πρέπει να πληρούνται τουλάχιστον τα τρία ταυτόχρονα.

1. Μια εστία στην περιοχή του νωτιαίου μυελού ή σε οποιοδήποτε τμήμα του εγκεφάλου με T1 ακολουθία και με έγχυση γαδολινίου σκιαγραφικού υλικού ή εννέα εστίες στην περιοχή του νωτιαίου μυελού ή σε οποιοδήποτε τμήμα του εγκεφάλου με T2 ακολουθία χωρίς έγχυση γαδολινίου.
2. Τουλάχιστον μία υποσκηνίδια εστία.
3. Τουλάχιστον μία υποφλοιώδη εστία.
4. Τουλάχιστον τρεις περικολιακές εστίες.



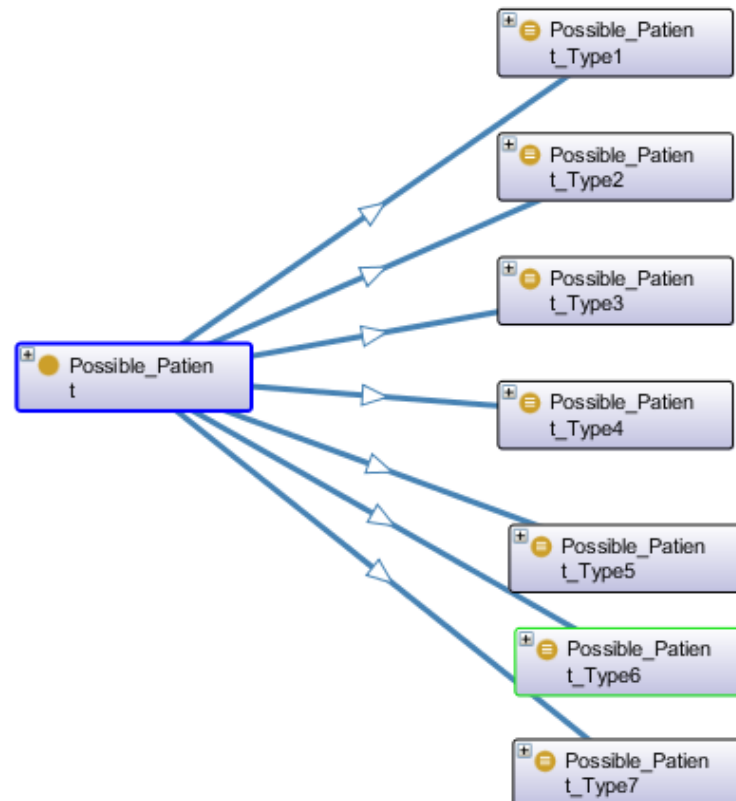
Εικόνα 16: Αναπαράσταση της κλάσης Person και των υποκλάσεων της

Η κατηγοριοποίηση του πιθανού ασθενή πραγματοποιείται σύμφωνα με τους πιθανούς συνδυασμούς των κριτηρίων Barkhof.

Οι υποκατηγορίες πιθανού ασθενή είναι οι εξής (Εικόνα 17):

1. *Possible\_Patient\_Type1*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον τρεις περικοιλιακές βλάβες, μία τουλάχιστον βλάβη στο νωτιαίο μυελό είτε με ακολουθία T1 είτε με ακολουθία T2, και μια τουλάχιστον υποφλοιώδη βλάβη.
2. *Possible\_Patient\_Type2*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον τρεις περικοιλιακές βλάβες, μία τουλάχιστον βλάβη στο νωτιαίο μυελό είτε με ακολουθία T1 είτε με ακολουθία T2, και μια τουλάχιστον υποσκληνίδια βλάβη.
3. *Possible\_Patient\_Type3*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον μια υποφλοιώδη βλάβη, μία τουλάχιστον βλάβη στο νωτιαίο μυελό είτε με ακολουθία T1 είτε με ακολουθία T2, και μια τουλάχιστον υποσκληνίδια βλάβη.
4. *Possible\_Patient\_Type4*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον τρεις περικοιλιακές βλάβες, επίσης μία τουλάχιστον υποφλοιώδη βλάβη και μια τουλάχιστον υποσκληνίδια βλάβη.
5. *Possible\_Patient\_Type5*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον τρεις περικοιλιακές βλάβες, μία τουλάχιστον βλάβη σε οποιοδήποτε σημείο του εγκεφάλου είτε με ακολουθία T1 είτε με ακολουθία T2 και μια τουλάχιστον υποφλοιώδη βλάβη.

6. *Possible\_Patient\_Type6*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον τρεις περικολιακές βλάβες, μία τουλάχιστον βλάβη σε οποιοδήποτε σημείο του εγκεφάλου είτε με ακολουθία T1 είτε με ακολουθία T2 και μια τουλάχιστον υποσκληνίδια βλάβη.
7. *Possible\_Patient\_Type7*: Χαρακτηρίζει άτομο, το οποίο παρουσιάζει τουλάχιστον μια υποσκληνίδια βλάβη, μία τουλάχιστον βλάβη σε οποιοδήποτε σημείο του εγκεφάλου είτε με ακολουθία T1 είτε με ακολουθία T2 και μια τουλάχιστον υποφλοιώδη βλάβη.



Εικόνα 17: Αναπαράσταση της κλάσης Possible\_Patient και οι υποκλάσεις της

Για την ικανοποίηση των κριτηρίων McDonald, σύμφωνα με τα κριτήρια Barkhof, κρίθηκε απαραίτητη η χρήση ισοδυναμιών (Πίνακας 3). Για παράδειγμα, για να θεωρηθεί ένα άτομο <<Possible\_Patient\_Type1>>, είναι απαραίτητο να είναι η ένωση των κλάσεων JuxtacorticalPerson, PeriventricularPerson, SpinalCordPerson. Με τη σειρά τους οι τελευταίες κλάσεις ισοδυναμούν με την τομή διαφόρων υποκλάσεων της κλάσης Lesions. Οι σχέσεις ισοδυναμίας που χρησιμοποιήθηκαν αναπαριστώνται στον πίνακα 3

- **Κλάση Anatomy:** Αποτελεί την κλάση, η οποία αναπαριστά τα πιθανά τμήματα του ανθρώπινου σώματος που μπορεί να εμφανίσουν βλάβες από ΠΣ (Εικόνα 18).

Οι υποκλάσεις της κλάσης Anatomy είναι οι εξής:

1. *Brain*
2. *Spinal\_Cord*

Οι κλάσεις Brain και Spinal\_Cord περιγράφουν τα τμήματα του ανθρώπινου σώματος, όπου μπορούμε να συναντήσουμε βλάβες, οι οποίες να υποδηλώνουν εμφάνιση ΠΣ.

Η κλάση Brain περιέχει υποκλάσεις με ονόματα συγκεκριμένων ανατομικών περιοχών του εγκεφάλου, στις οποίες συναντώνται βλάβες.

Οι υποκλάσεις της κλάσης Brain είναι οι εξής:

1. *Infrantetorial*
2. *Juxtacortical*
3. *Periventricular*
4. *Rest\_Brain*

Η κλάση Spinal\_Cord περιέχει ως υποκλάση την περιοχή του νωτιαίου μυελού.

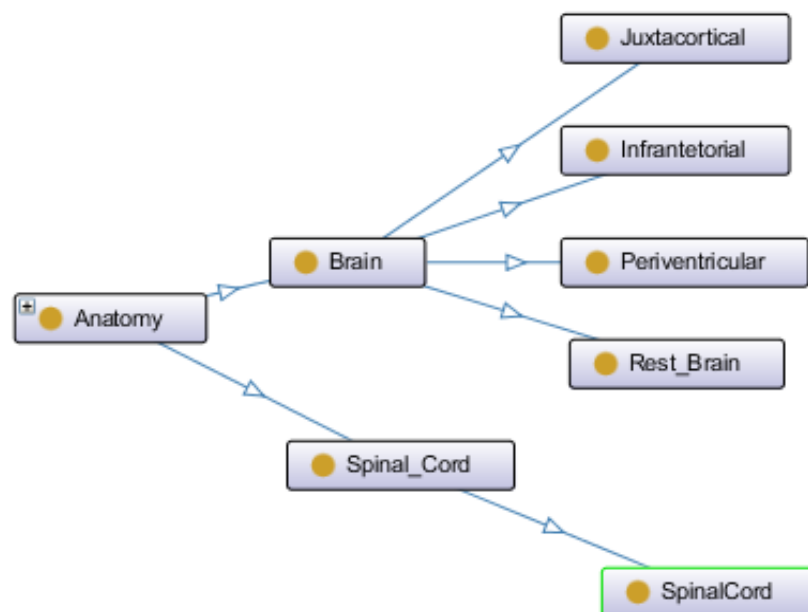
➤ **Κλάση MRI:** Αποτελεί την κλάση, η οποία αναπαριστά τις εικόνες MRI ανάλογα με τον τρόπο λήψης τους (Εικόνα 19).

Οι εικόνες MRI που λαμβάνουμε από τα τμήματα του εγκεφάλου ή το νωτιαίο μυελό αποτελούν τις υποκλάσεις της κλάσης MRI και κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. *T1\_Weighted*
2. *T2\_Weighted*

Οι *T1\_Weighted* εικόνες MRI λαμβάνονται με τη χρήση ή χωρίς τη χρήση gadolinium σκιαγραφικού υλικού. Γι' αυτό το λόγο η κλάση αυτή έχει δύο υποκλάσεις.

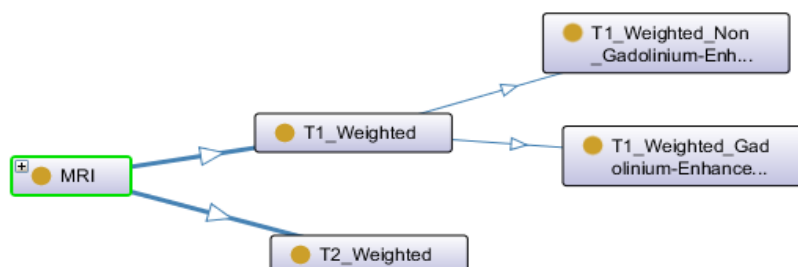
1. *T1\_Weighted\_Gadolinium-Enhanced*
2. *T1\_Weighted\_Non\_Gadolinium-Enhanced*



Εικόνα 18: Αναπαράσταση της κλάσης Anatomy και των υποκλάσεων της

Πίνακας 3: Ισοδύναμες σχέσεις βασικών κλάσεων της οντολογίας

| ΟΝΟΜΑ ΚΛΑΣΗΣ           | ΣΧΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ                                                                                                                                                                      |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| InfrantetorialPerson   | (hasLesion some InfrantetorialLesions_T1_Gadolinium) <b>or</b> (hasLesion some InfrantetorialLesions_T1_NonGadolinium) <b>or</b> (hasLesion some InfrantetorialLesions_T2_Weighted)    |
| JuxtacorticalPerson    | (hasLesion some JuxtacorticalLesions_T1_Gadolinium) <b>or</b> (hasLesion some JuxtacorticalLesions_T1_NonGadolinium) <b>or</b> (hasLesion some JuxtacorticalLesions_T2_Weighted)       |
| PeriventricularPerson  | (hasLesion some PeriventricularLesions_T1_Gadolinium) <b>or</b> (hasLesion some PeriventricularLesions_T1_NonGadolinium) <b>or</b> (hasLesion some PeriventricularLesions_T2_Weighted) |
| OtherPerson            | (hasLesion some Brain_Lesion_T1_Weighted) <b>or</b> (hasLesion some Brain_Lesion_T2_Weighted_Non_Gadolinium)                                                                           |
| SpinalCordPerson       | (hasLesion some Spinal_cord_Lesion_T1_Weighted) <b>or</b> (hasLesion some Spinal_cord_Lesion_T2_Weighted)                                                                              |
| Possible_Patient_Type1 | JuxtacorticalPerson <b>and</b> PeriventricularPerson <b>and</b> SpinalCordPerson                                                                                                       |
| Possible_Patient_Type2 | InfrantetorialPerson <b>and</b> PeriventricularPerson <b>and</b> SpinalCordPerson                                                                                                      |
| Possible_Patient_Type3 | InfrantetorialPerson <b>and</b> JuxtacorticalPerson <b>and</b> SpinalCordPerson                                                                                                        |
| Possible_Patient_Type4 | InfrantetorialPerson <b>and</b> JuxtacorticalPerson <b>and</b> PeriventricularPerson                                                                                                   |
| Possible_Patient_Type5 | JuxtacorticalPerson <b>and</b> OtherPerson <b>and</b> PeriventricularPerson                                                                                                            |
| Possible_Patient_Type6 | InfrantetorialPerson <b>and</b> OtherPerson <b>and</b> PeriventricularPerson                                                                                                           |
| Possible_Patient_Type7 | InfrantetorialPerson <b>and</b> JuxtacorticalPerson <b>and</b> OtherPerson                                                                                                             |



Εικόνα 19: Αναπαράσταση της κλάσης MRI και των υποκλάσεων της

- **Κλάση Lesions:** Αποτελεί την κλάση, η οποία κατηγοριοποιεί τις εστίες σύμφωνα με το σημείο εντοπισμού τους καθώς και με τον τρόπο λήψης των εικόνων MRI (Εικόνα 20).

Η κλάση *Lesions* διαθέτει τις εξής υποκλάσεις:

1. *BrainLesions*
2. *SpinalCordLesions*

Η κλάση *SpinalCordLesions* αποτελείται από υποκλάσεις, οι οποίες αναφέρονται στη τεχνική με την οποία έγινε η λήψη των MRI εικόνων στη περιοχή του μυελού των οστών, και απεικονίζουν βλάβες οι οποίες μπορεί να αποτελούν ενδείξεις ΠΣ (Εικόνα 21).

Η κλάση *SpinalCordLesions* διαθέτει τις εξής υποκλάσεις:

1. *Spinal\_cord\_Lesion\_T1\_Weighted*
2. *Spinal\_cord\_Lesion\_T2\_Weighted*

Η κλάση *BrainLesions* αποτελείται από υποκλάσεις, οι οποίες αναφέρονται στο τύπο των βλαβών ανάλογα με τη περιοχή του εγκεφάλου που εντοπίζονται (Εικόνα 21).

Οι υποκλάσεις της κλάσης *BrainLesions* είναι οι εξής:

1. *Brain\_Lesion\_T2\_Weighted\_Non\_Gadolinium*
2. *Brain\_Lesion\_T1\_Weighted*
3. *Brain\_Lesion\_Type1*
4. *Brain\_Lesion\_Type2*
5. *Brain\_Lesion\_Type3*

Οι πρώτες δύο κλάσεις αναφέρονται σε βλάβες που εντοπίζονται σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου και επίσης διαφοροποιούνται ως προς τη τεχνική λήψης των εικόνων MRI, η οποία είναι είτε *T1\_Weighted* είτε *T2\_Weighted*. Οι MRI εικόνες που λαμβάνονται με τεχνική T1 ακολουθίας, είναι δυνατό να έχουν ληφθεί είτε μετά από έγχυση σκιαγραφικού είτε χωρίς έγχυση, ενώ για τις εικόνες που λαμβάνονται με τεχνική T2 ακολουθίας, η λήψη γίνεται χωρίς χρήση σκιαγραφικού.

Οι υπόλοιπες κλάσεις χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με συγκεκριμένα τμήματα του του εγκεφάλου που εντοπίζονται οι βλάβες αλλά και ως προς τη τεχνική λήψης των εικόνων MRI (δηλαδή, εάν αποτελεί T1 ακολουθία με χρήση σκιαγραφικού ή χωρίς χρήση, ή αποτελεί T2 ακολουθία). Συγκεκριμένα, η κλάση *Brain\_Lesion\_Type1* αναφέρεται στις υποσκληρίδιες βλάβες του εγκεφάλου, και έχει ως υποκλάσεις:

1. *InfrantetorialLesions\_T1\_Gadolinium*
2. *InfrantetorialLesions\_T1\_NonGadolinium*
3. *InfrantetorialLesions\_T2\_Weighted*

Η κλάση *Brain\_Lesion\_Type2* αναφέρεται στις υποφλοιώδεις βλάβες του εγκεφάλου, και έχει ως υποκλάσεις:

1. *JuxtacorticalLesions\_T1\_Gadolinium*

2. *JuxtacorticalLesions\_T1\_NonGadolinium*

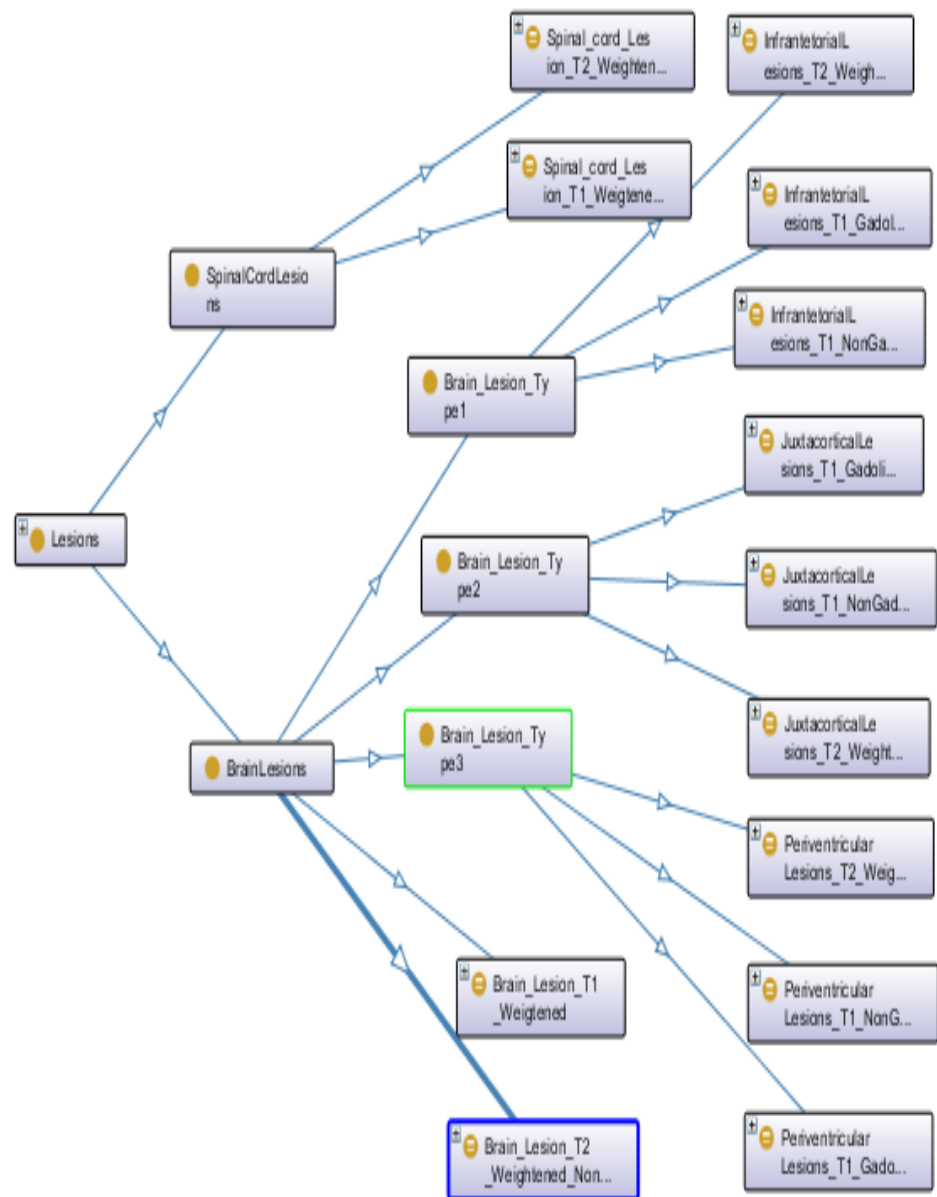
3. *JuxtacorticalLesions\_T2\_Weighted*

Η κλάση *Brain\_Lesion\_Type3* αναφέρεται στις περικουλιακές βλάβες του εγκεφάλου και έχει ως υποκλάσεις:

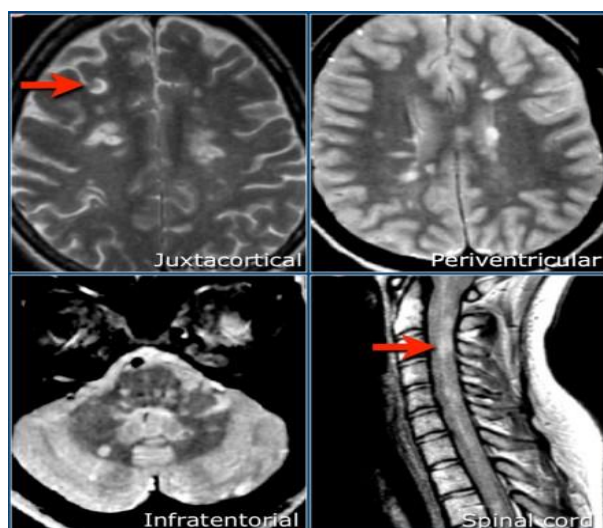
1. *PeriventricularLesions\_T1\_Gadolinium*

2. *PeriventricularLesions\_T1\_NonGadolinium*

3. *PeriventricularLesions\_T2\_Weighted*



Εικόνα 20: Αναπαράσταση της κλάσης Lesions και των υποκλάσεων της



Εικόνα 21: Απεικόνιση βλαβών σε τμήματα του Εγκεφάλου και του Νωτιαίου Μυελού<sup>9</sup>

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε η ιδιότητα του DisjoinWith για τις υποκλάσεις των υποκλάσεων Brain\_Lesion\_Type1, Brain\_Lesion\_Type2, Brain\_Lesion\_Type3 καθώς δεν είναι εφικτό μία MRI εικόνα να έχει ληφθεί ταυτόχρονα με T1 ακολουθία με χορήγηση σκιαγραφικού υλικού και T1 ακολουθίας χωρίς χορήγηση σκιαγραφικού υλικού ή να έχει ληφθεί με T2 ακολουθία χωρίς χορήγηση σκιαγραφικού υλικού (Πίνακας 4).

Για τις υποκλάσεις της κλάσης Lesions χρησιμοποιήθηκαν σχέσεις ισοδυναμίας, οι οποίες υποδηλώνουν την τεχνική με την οποία έγινε λήψη της MRI εικόνας καθώς και σε ποιο τμήμα του εγκεφάλου ή του νωτιαίου μυελού έχουν εντοπιστεί οι βλάβες (Πίνακας 5). Αποτελούν σχέσεις ένωσης διαφόρων κλάσεων με τη χρήση ιδιοτήτων αντικειμένων.

Πίνακας 4: Κλάσεις της οντολογίας οι οποίες είναι ξένες μεταξύ τους.

| ΟΝΟΜΑ ΥΠΕΡΚΛΑΣΗΣ   | ΟΝΟΜΑΤΑ ΥΠΟΚΛΑΣΕΩΝ ΞΕΝΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ                                                                                                                                                |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brain_Lesion_Type1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>InfratentorialLesions_T1_NonGadolinium</li> <li>InfratentorialLesions_T1_Gadolinium</li> <li>InfratentorialLesions_T2_Weighted</li> </ul>    |
| Brain_Lesion_Type2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>JuxtacorticalLesions_T1_NonGadolinium</li> <li>JuxtacorticalLesions_T1_Gadolinium</li> <li>JuxtacorticalLesions_T2_Weighted</li> </ul>       |
| Brain_Lesion_Type3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>PeriventricularLesions_T1_NonGadolinium</li> <li>PeriventricularLesions_T1_Gadolinium</li> <li>PeriventricularLesions_T2_Weighted</li> </ul> |

<sup>9</sup> <http://www.radiologyassistant.nl/en/p4556dea65db62/multiple-sclerosis.html>

Πίνακας 5: Ισοδύναμες σχέσεις κλάσεων για τις κλάσεις των βλαβών της οντολογίας .

| ΟΝΟΜΑ ΚΛΑΣΗΣ                            | ΣΧΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ                                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brain_Lesion_T1_Weighted                | (hasMRI some T1_Weightened_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Rest_Brain)         |
| Brain_Lesion_T2_Weighted_Non_Gadolinium | (hasMRI some T2_Weightened) <b>and</b> (locatedIn some Rest_Brain)                             |
| Spinal_cord_Lesion_T1_Weighted          | (hasMRI some T1_Weightened_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some SpinalCord)         |
| Spinal_cord_Lesion_T2_Weighted          | (hasMRI some T2_Weightened) <b>and</b> (locatedIn some SpinalCord)                             |
| InfrantetorialLesions_T1_Gadolinium     | (hasMRI some T1_Weightened_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Infrantetorial)     |
| InfrantetorialLesions_T1_NonGadolinium  | (hasMRI some T1_Weightened_Non_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Infrantetorial) |
| InfrantetorialLesions_T2_Weighted       | (hasMRI some T2_Weightened) <b>and</b> (locatedIn some Infrantetorial)                         |
| JuxtacorticalLesions_T1_Gadolinium      | (hasMRI some T1_Weighted_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Juxtacortical)        |
| JuxtacorticalLesions_T1_NonGadolinium   | (hasMRI some T1_Weighted_Non_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Juxtacortical)    |
| JuxtacorticalLesions_T2_Weighted        | (hasMRI some T2_Weighted) <b>and</b> (locatedIn some Juxtacortical)                            |
| PeriventricularLesions_T1_Gadolinium    | (hasMRI some T1_Weighted_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Periventricular)      |
| PeriventricularLesions_T1_NonGadolinium | (hasMRI some T1_Weighted_Non_Gadolinium-Enhanced) <b>and</b> (locatedIn some Periventricular)  |
| PeriventricularLesions_T2_Weighted      | (hasMRI some T2_Weighted) <b>and</b> (locatedIn some Periventricular)                          |

### 2.4.2 Ιδιότητες αντικειμένων της οντολογίας

Για τη σωστή σύνδεση των κλάσεων και υπό κλάσεων χρησιμοποιήθηκαν ιδιότητες αντικειμένων (Πίνακας 6).

Πίνακας 6 : Ιδιότητες αντικειμένων της οντολογίας.

| ΟΝΟΜΑ ΙΔΙΟΤΗΤΑΣ | ΠΕΔΙΟ ΟΡΙΣΜΟΥ | ΠΕΔΙΟ ΤΙΜΩΝ |
|-----------------|---------------|-------------|
| hasLesion       | Person        | Lesions     |
| hasLesionType   | Person        | Anatomy     |
| hasMRI          | Lesions       | MRI         |
| locatedIn       | Lesions       | Anatomy     |

## Κεφάλαιο 3: Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η αρχιτεκτονική συστήματος αποτελεί τον τρόπο επικοινωνίας και λειτουργίας μεταξύ των στοιχείων μιας εφαρμογής και για το λόγο αυτό θα πρέπει να σχεδιαστεί με αναλυτικό τρόπο καθώς θα επηρεάζει όλη τη διάρκεια ζωής της. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της παρούσας εφαρμογής βασίστηκε στο μοντέλο της client-server αρχιτεκτονικής.

### 3.1 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής Client-Server

Το μοντέλο client-server αποτελεί μια δομή κατανεμημένων εφαρμογών, η οποία ενώνει διάφορους πόρους ώστε οι πελάτες (clients) να μπορούν να ζητούν υπηρεσίες από τους εξυπηρετητές (servers) και αυτοί να μπορούν να ανταποκριθούν (Εικόνα 22). Συγκεκριμένα ο πελάτης πραγματοποιεί μία αίτηση και ο εξυπηρετητής είτε την εκτελεί άμεσα είτε μετά από μία σειρά ενεργειών που απαιτούνται, την τοποθετεί στην ουρά. Η τοποθέτηση στην ουρά πραγματοποιείται στην περίπτωση όπου έχουν καταφθάσει πολλά αιτήματα στον εξυπηρετητή από διάφορους πελάτες, οπότε τίθεται σειρά προτεραιότητας.

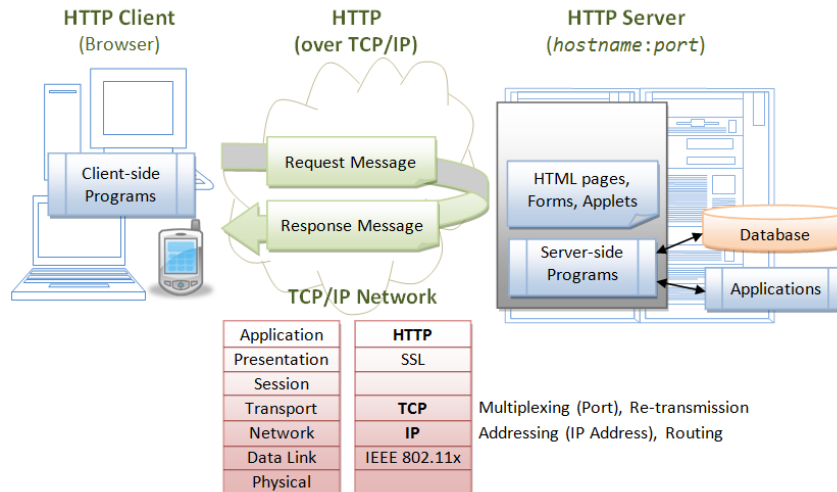
Η αρχιτεκτονική client-server υποστηρίζει πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, στο διαδίκτυο καθώς και ανταλλαγή δεδομένων. Τα βασικά της πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- ✓ Ένας εξυπηρετητής μπορεί να υποστηρίξει πολλούς πελάτες συμφωνώντας με τις ατομικές απαιτήσεις τους.
- ✓ Η αποθήκευση των δεδομένων σε κεντρικές δομές προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης τους από όλους τους χρήστες κατά τη διάρκεια της ενημέρωσής (update) τους.
- ✓ Οι εξυπηρετητές έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν ασφάλεια στα δεδομένα δίνοντας δικαίωμα επεξεργασίας των δεδομένων σε πιστοποιημένους πελάτες.
- ✓ Ευκολία συντήρησης, καθώς τα τμήματα από τα οποία αποτελείται το υπολογιστικό σύστημα του εξυπηρετητή κατανέμονται σε διάφορα σημεία και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου. Αυτό καθιστά το σύστημα του εξυπηρετητή εύκολο στην αναβάθμιση και αντικατάσταση, χωρίς να υπάρχει επιρροή στο σύστημα του πελάτη

Η υλοποίηση της αρχιτεκτονικής Client-Server μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορα μοντέλα. Το πιο απλό μοντέλο είναι το αίτημα που δημιουργείται για την επιστροφή μιας σελίδας HTML. Τοποθετώντας ένα URL στο πρόγραμμα περιήγησης (browser) δημιουργείται το αίτημα (request) από το μέρος του πελάτη και ο εξυπηρετητής επιστρέφει το αποτέλεσμα (response).

Ένα άλλο μοντέλο, επεξεργάζεται πιο περίπλοκα αιτήματα. Σε περίπτωση που ο πελάτης ζητήσει συγκεκριμένη πληροφορία κατά τη διάρκεια παραμονής του σε μια σελίδα, η οποία πληροφορία βρίσκεται στον εξυπηρετητή, τότε το αίτημα που θα δημιουργηθεί είναι πιο περίπλοκο καθώς ο εξυπηρετητής θα κάνει πιο σύνθετη αναζήτηση για να επιστρέψει το αποτέλεσμα. Το αίτημα που θα δημιουργηθεί θα αποτελεί ένα URL μαζί με δεδομένα από τη μέθοδο POST

Επιπρόσθετα, ένα άλλο μοντέλο παράγει την απάντηση του εξυπηρετητή δυναμικά. Στο τμήμα του εξυπηρετητή χρησιμοποιούνται τεχνολογίες όπως PHP, JSP οι οποίες επεξεργάζονται τα αιτήματα και αποστέλλουν τις απαντήσεις μέσω HTML σελίδων στον πελάτη.



Εικόνα 22: Αρχιτεκτονική Client-Server<sup>10</sup>

### 3.2 Σχεδιασμός και υλοποίηση του μοντέλου Client-Server στην εφαρμογή

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία σημασιολογικού ιστού, δηλαδή δημιουργήθηκε μια βάση γνώσης, η οποία περιέχει μια ιατρική οντολογία η οποία μοντελοποιεί τα κριτήρια McDonald για τη διάγνωση μέσω των MRI εικόνων, της ΠΣ. Για τη λειτουργικότητα της εφαρμογής έγινε χρήση του μοντέλου Client-Server. Συγκεκριμένα η εφαρμογή αποτελείται από ένα σύνολο από ερωτήματα τα οποία στηρίζονται στις MRI εικόνες που έχουν εισαχθεί από τον ειδικευμένο ακτινολόγο. Κατά την εισαγωγή της εικόνας, ο ειδικευμένος ακτινολόγος έχει την υποχρέωση να συμπληρώσει τα απαραίτητα πεδία τα οποία αφορούν την επισήμανση των βλαβών στην MRI εικόνα. Με αυτό τον τρόπο συγκεντρώνονται τα δεδομένα με τα οποία θα γίνει η αναζήτηση στην οντολογία και θα εξαχθεί το συμπέρασμα, το οποίο θα αποτελεί την απάντηση στην εκάστοτε ερώτηση του quiz. Η αναζήτηση πραγματοποιείται με τη χρήση της τεχνολογίας Java Server Pages (JSP), με την οποία το ερώτημα θα εκτελείται στις HTML σελίδες από τον ειδικευμένο ή τον ειδικευόμενο ακτινολόγο και με JSP καλείται το Jena Framework. Το Jena Framework βοηθά στη σύνδεση με τον Apache Jena Fuseki server, ο οποίος πραγματοποιεί την αναζήτηση στην οντολογία μέσω των SPARQL ερωτημάτων.[3].

Επίσης στην εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε μια βάση δεδομένων, η οποία θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα. Η σύνδεση της βάσης δεδομένων με την εφαρμογή πραγματοποιήθηκε με τη χρήση JSP. Ο πελάτης, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι ο ειδικευμένος ή ο ειδικευόμενος ακτινολόγος, πραγματοποιεί αιτήματα και ο εξυπηρετητής τα επεξεργάζεται μέσω του JSP και στέλνει ως απαντήσεις σελίδες HTML με τα δεδομένα που έχει ανακτήσει από τη βάση δεδομένων και την οντολογία.

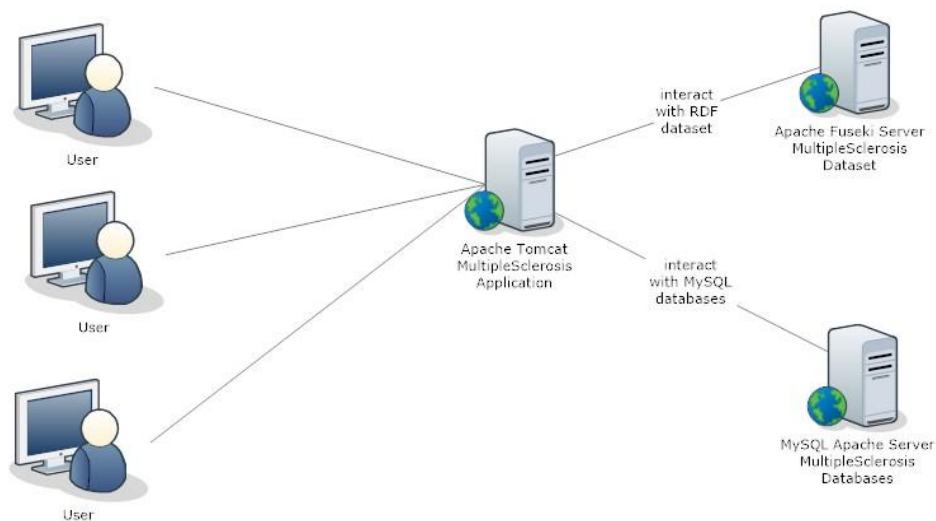
Τα βασικά στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη δόμηση του μοντέλου Client-Server είναι τα εξής:

- Μια βάση γνώσης, η οποία περιέχει την οντολογία της ΠΣ.

<sup>10</sup>[https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/howto/images/HTTP\\_ClientServerSystem.png](https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/howto/images/HTTP_ClientServerSystem.png)

- Μια βάση δεδομένων.
- Χρήση του Jena Framework, για την αλληλεπίδραση της εφαρμογής με την οντολογία της ΠΣ.
- Χρήση του Apache Tomcat Server ως Web Server.
- Χρήση του SPARQL Server, Apache Jena Fuseki server. Η οντολογία αποθηκεύεται σε αυτό το server ώστε να θέτονται τα SPARQL ερωτήματα.

Στην Εικόνα 23 παρουσιάζεται η διασύνδεση των επιμέρους συστατικών στοιχείων του συστήματος.



Εικόνα 23: Παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του συστήματος της εφαρμογής

Η βάση δεδομένων αποτελείται από τρεις κύριους πίνακες:

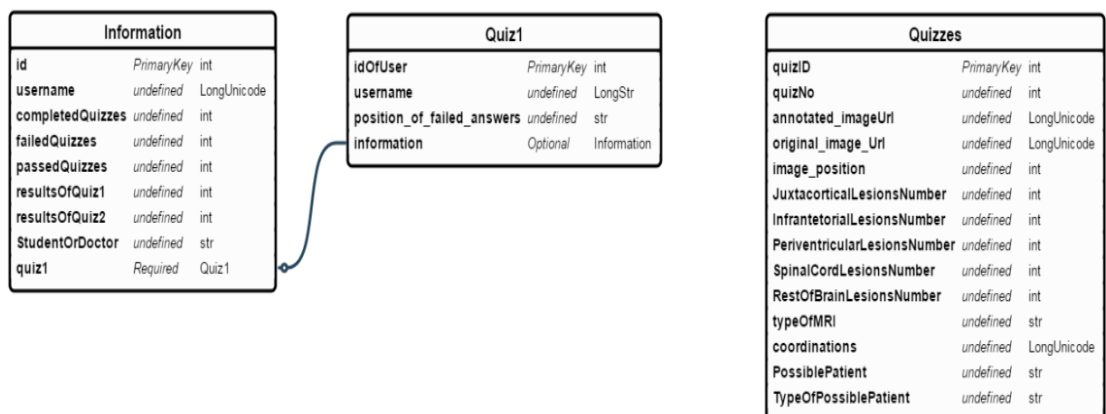
- Information
- Quiz1
- Quizzes

Οι πίνακες αυτοί χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Αρχικά χρησιμοποιείται κατά την σύνδεση του χρήστη στο σύστημα. Στην περίπτωση κατά την οποία ο χρήστης είναι νέος, τότε εκτελείται μία νέα εγγραφή στον πίνακα << Information>> της βάσης. Εάν ο χρήστης έχει χρησιμοποιήσει ξανά την εφαρμογή, η βάση δεδομένων χρησιμοποιείται για την επαλήθευση των στοιχείων που εισάγει καθώς και για την ενημέρωση διαφόρων πινάκων της, ανάλογα με τις δραστηριότητές του στην εφαρμογή.
- Κατά την εισαγωγή της εικόνας MRI από τον ιατρό, πραγματοποιείται και ενημέρωση του πίνακα <<Quizzes>> της βάσης δεδομένων. Ο πίνακας περιέχει τα ονόματα με τα οποία έχουν αποθηκευτεί οι εικόνες πριν την επεξεργασία καθώς και τα ονόματα αυτών που εμπεριέχουν τις επισημάνσεις του ιατρού.

- Η δημιουργία των βασικών σελίδων του quiz, οι οποίες περιέχουν τις εικόνες MRI με τα αντίστοιχα ερωτήματα.
- Η διατήρηση των επιδόσεων του εκάστοτε ειδικευόμενου ιατρού μετά την εκτέλεση κάποιου quiz, ενημερώνοντας τη βάση δεδομένων .
- Η ανάκτηση των επεξεργασμένων εικόνων, στην περίπτωση κατά την οποία δόθηκαν εσφαλμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις του quiz και επιθυμείται η προβολή των αιτιολογήσεων.

Το σχεσιακό μοντέλο της βάσης φαίνεται στην Εικόνα 24.



Εικόνα 24: Παρουσίαση του ER Μοντέλου της βάσης δεδομένων της εφαρμογής

Ο Apache Tomcat 8 χρησιμοποιήθηκε ως HTTP web server. Ο συγκεκριμένος server επιλέχθηκε καθώς είναι κατάλληλος για την υλοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών σε JAVA.

Παράλληλα, για την αλληλεπίδραση με την οντολογία, χρησιμοποιήθηκε το Jena Framework 2.13.0 το οποίο παρέχει μια διεπαφή τόσο για την εξαγωγή όσο και για την εισαγωγή δεδομένων σε RDF γράφους. Για παράδειγμα, παρέχει μεθόδους για την εισαγωγή νέων ατόμων σε μια βάση γνώσης, την αναζήτηση και ανάκτηση των ατόμων αυτών καθώς και για την ενσωμάτωσή της στον SPARQL Server. Η γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται στο Jena Framework είναι η Java, η οποία χρησιμοποιείται και από το JSP. Λόγω της κοινής γλώσσας είναι πιο ευνοϊκή η σύνδεση του client side με το server side και την οντολογία.

Ο SPARQL server που χρησιμοποιήθηκε είναι ο Apache Jena Fuseki 2.3.0 ο οποίος χρησιμοποιεί Java 8. Ο διακομιστής αυτός προσφέρει δυνατότητες Representational State Transfer (REST) εφαρμογής υποστηρίζοντας λειτουργίες εισαγωγής, αναζήτησης και αναβάθμισης χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο SPARQL μέσω http ερωτημάτων.

Όπως προαναφέρθηκε, το Jena Framework περιέχει μεθόδους (Εικόνα 25), οι οποίες βοηθούν στη μεταφόρτωση της οντολογίας στον SPARQL server, μέσω της δημιουργίας ενός συνόλου δεδομένων στον server. Μετά τη δημιουργία του συνόλου δεδομένων, τα δεδομένα της οντολογίας βρίσκονται στο server με αποτέλεσμα να μπορούν να εκτελεστούν SPARQL ερωτήματα σε αυτή. Ένα παράδειγμα ενός ερωτήματος, ζητά από την οντολογία να του απαντήσει, εάν ένα άτομο ανήκει σε μία συγκεκριμένη κλάση (Εικόνα 26). Η απάντηση είναι καταφατική ή αρνητική.

```
String serviceURI = "http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/";
DatasetAccessor accessor = DatasetAccessorFactory.createHTTP(serviceURI);
OntModel ont = ModelFactory.createOntologyModel(OntModelSpec.OWL_DL_MEM,null);
try {
    InputStream in = FileManager.get().open(inputFileName);
    ont.read(in, "RDF/XML");
    in.close();
} catch (JenaException je) {
    System.out.println("ERROR" + je.getMessage());
    je.printStackTrace();
    System.exit(0);
} catch (IOException e) {
    // TODO Auto-generated catch block
    e.printStackTrace();
}
accessor.putModel(ont);
```

Εικόνα 25: Μέθοδος για μεταφόρτωση οντολογίας στον Apache Jena Fuseki server

```
String SPARQLquery="PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> "
+"prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> "
+"prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> "
+"ASK { <"+ns+individualName+"> rdf:type <"+ns+klasi+"> }";
```

Εικόνα 26: Απεικόνιση SPARQL ερωτήματος

### 3.3 Παραμετροποίηση συστήματος

#### 3.3.1 Παραμετροποίηση του Apache Jena Fuseki SPARQL Server

Η εξαγωγή των συμπερασμάτων από την οντολογία προκύπτει με τη χρήση SPARQL ερωτημάτων. Η σύνδεση με την οντολογία πραγματοποιείται μέσω του Apache Jena Framework και ο Apache Jena Fuseki SPARQL server χρησιμοποιείται για την αλληλεπίδραση της εφαρμογής με την οντολογία.

Ο Apache Jena Fuseki SPARQL server αποτελεί ένα server ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει ως λειτουργικό σύστημα, ως WAR αρχείο καθώς και ως ανεξάρτητος server. Επειδή ακολουθεί το SPARQL πρωτόκολλο, έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί HTTP αιτήματα μέσω των υπηρεσιών του. Οι υπηρεσίες του Apache Jena Fuseki SPARQL server είναι οι ακόλουθες (Εικόνα 27):

- Upload: Η υπηρεσία του upload προσφέρει τη δυνατότητα μεταφόρτωσης ενός αρχείου δεδομένων σε μορφή RDF, RDF/XML και TRiG. Στην εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ο σύνδεσμος <http://localhost:3030/MultipleSclerosis/upload> για την χρήση της υπηρεσίας.
- SPARQL ερωτήματα: Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τη δυνατότητα να θέτονται ερωτήματα σε ένα αρχείο δεδομένων και να εκτελούνται. Η πρόσβαση στην εφαρμογή δόθηκε μέσω του συνδέσμου <http://localhost:3030/MultipleSclerosis/query>
- SPARQL ερωτήματα: Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τη δυνατότητα να θέτονται ερωτήματα σε ένα αρχείο δεδομένων και να εκτελούνται. Η πρόσβαση στην εφαρμογή δόθηκε μέσω του συνδέσμου <http://localhost:3030/MultipleSclerosis/sparql>

- SPARQL πρωτόκολλο αποθήκευσης γράφου: Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης του γράφου σε μορφή RDF. Η πρόσβαση στην εφαρμογή δόθηκε μέσω του συνδέσμου <http://localhost:3030/MultipleSclerosis/data>
- Update: Η υπηρεσία της ενημέρωσης προσφέρει τη δυνατότητα πρόσβασης και ενημέρωσης των ιδιοτήτων των αποθηκευμένων δεδομένων. Η πρόσβαση στην εφαρμογή δόθηκε μέσω του συνδέσμου <http://localhost:3030/MultipleSclerosis/update>

## Available services

|                              |                                                                                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| File Upload:                 | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/upload">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/upload</a> |
| Graph Store Protocol:        | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/data">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/data</a>     |
| Graph Store Protocol (Read): | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/get">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/get</a>       |
| HTTP Quads:                  | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/</a>             |
| SPARQL Query:                | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/query">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/query</a>   |
| SPARQL Query:                | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/sparql">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/sparql</a> |
| SPARQL Update:               | <a href="http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/update">http://localhost:3030/MultipleSclerosisQuiz/update</a> |

Εικόνα 27: Διαθέσιμες υπηρεσίες

Κατά την εκκίνηση του Apache Jena Fuseki server, δημιουργείται ένα κενό dataset με όνομα MultipleSclerosisQuiz, στο οποίο τοποθετείται η οντολογία που παράχθηκε για την ασθένεια της ΠΣ. Η πολυπλοκότητα των ερωτημάτων που πραγματοποιούνται επιβάλλουν τη χρήση reasoner. Οι αλλαγές που κρίνονται απαραίτητες ώστε ο Apache Jena Fuseki server να έχει τη δυνατότητα να επιτελέσει τα πιο περίπλοκα ερωτήματα και να εξάγει συμπεράσματα, λαμβάνουν χώρα στο φάκελο run/configuration όπου τοποθετείται ένα αρχείο ttl.

Ο Apache Jena Fuseki server κατά την έναρξη του διαμορφώνει τις λειτουργίες του σύμφωνα με τις ρυθμίσεις οι οποίες βρίσκονται στο φάκελο “configuration”. Το αρχείο ttl που δημιουργήθηκε για την εφαρμογή ονομάζεται MsQuiz.ttl (Εικόνα 28).

Η διαδικασία για τη διαμόρφωση και εκκίνηση του server συνοψίζεται στα παρακάτω βήματα:

1. Άνοιγμα του υπό φακέλου run/configuration, ο οποίος βρίσκεται στο φάκελο του Apache Jena Fuseki server και τοποθέτηση του MsQuiz.ttl.
2. Εκκίνηση του server μέσω του fuseki-server.bat αρχείου.
3. Κατά την εκκίνηση του server δημιουργείται ένα κενό dataset στο οποίο αποθηκεύεται το owl αρχείο της οντολογίας που μεταφορτώνεται και αποθηκεύεται στον server (Εικόνα 29).

### 3.3.2 Παραμετροποίηση του Apache Tomcat Server

Ο server, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την εκκίνηση της εφαρμογής είναι ο Apache Tomcat και ο οποίος παρέχει ένα Java HTTP web server περιβάλλον όπου ο κώδικας Java μπορεί να εκτελεστεί.

```

@prefix :      <#> .
@prefix fuseki: <http://jena.apache.org/fuseki#> .
@prefix rdf:    <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .

@prefix rdfs:   <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix tdb:    <http://jena.hpl.hp.com/2008/tdb#> .
@prefix ja:     <http://jena.hpl.hp.com/2005/11/Assembler#> .

[] rdf:type fuseki:Server ;
  fuseki:services (
    <#MultipleSclerosisQuiz>
  ) .

## -----
## Updatable in-memory dataset.

<#MultipleSclerosisQuiz> rdf:type fuseki:Service ;
  # URI of the dataset -- http://host:port/MultipleSclerosisQuiz
  fuseki:name "MultipleSclerosisQuiz" ;
  fuseki:serviceQuery "sparql" ;
  fuseki:serviceQuery "query" ;
  fuseki:serviceUpdate "update" ;
  fuseki:serviceUpload "upload" ;
  fuseki:serviceReadWriteGraphStore "data" ;
  fuseki:serviceReadGraphStore "get" ;
  fuseki:dataset <#emptyDataset> ;
  .

## In-memory, initially empty.
<#emptyDataset> rdf:type ja:RDFDataset ;

      ja:defaultGraph      <#model_inf1> ;
  .

<#model_inf1> rdfs:label "Inf-model" ;
  ja:reasoner
  [ ja:reasonerURL
    <http://jena.hpl.hp.com/2003/OWLFBRuleReasoner>;]
  .

```

Εικόνα 28: MsQuiz.ttl αρχείο

Dataset: /MultipleSclerosisQuiz

query upload files edit info

### Upload files

Load data into the default graph of the currently selected dataset, or the given named graph. You may upload any RDF format, such as Turtle, RDF/XML or TRIG.

Destination graph name

Files to upload

Εικόνα 29: Μεταφόρτωση οντολογίας στον Apache Jena Fuseki server

Η διαδικασία για τη διαμόρφωση και εκκίνηση του server συνοψίζεται στα παρακάτω βήματα:

- Εξαγωγή του πηγαίου κώδικα της εφαρμογής σε .war αρχείο.
- Τοποθέτηση του αρχείου .war στον υπό φάκελο webapps του φακέλου του server.
- Εκκίνηση του server μέσω του server.bat αρχείου.
- Πρόσβαση της εφαρμογής μέσω του συνδέσμου <http://localhost:8080/MultipleSclerosis/>



# Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής για την εκπαίδευση ειδικευόμενων ακτινολόγων στη Πολλαπλή Σκλήρυνση

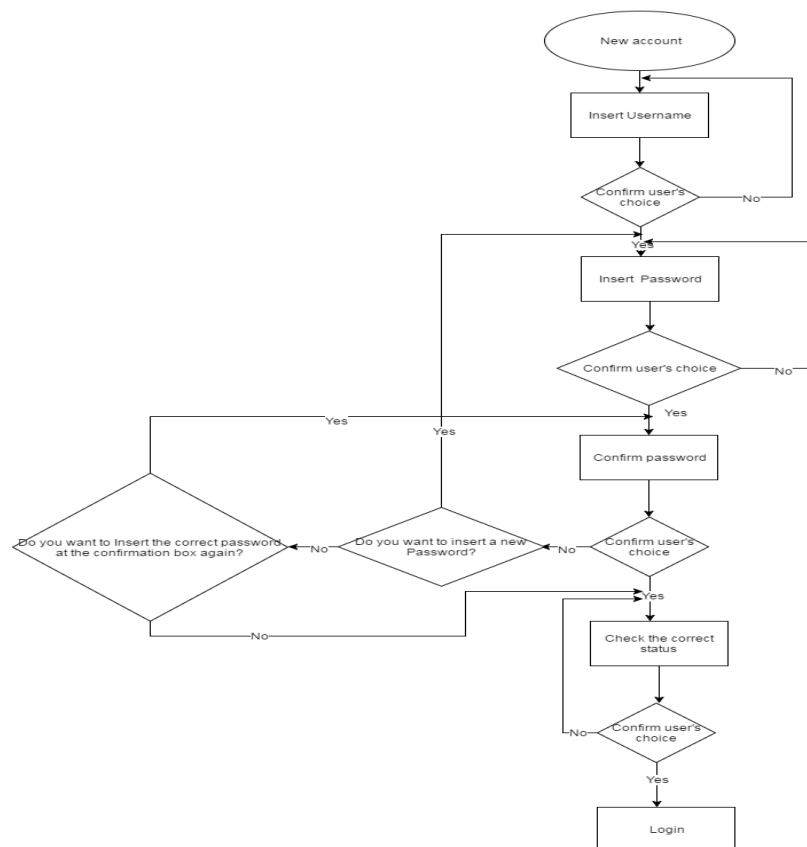
## 4.1 Σχεδιασμός βασικών λειτουργιών της εφαρμογής

Η εκπαιδευτική εφαρμογή που αναπτύχθηκε βασίστηκε σε 4 κύριους πυλώνες:

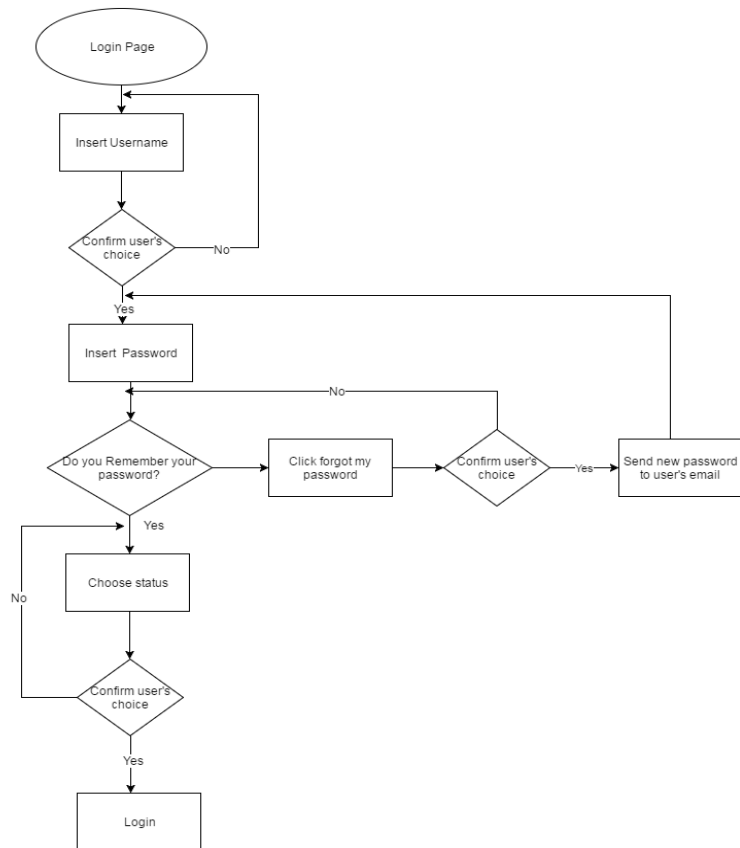
- Σύνδεση χρήστη στην εφαρμογή
- Εισαγωγή, επισήμανση και αποθήκευση MRI εικόνων από τον ειδικευμένο ιατρό χρήστη
- Εκτέλεση εκπαιδευτικού quiz από τον ειδικευόμενο ακτινολόγο
- Παρουσίαση προσωπικών επιδόσεων του ειδικευόμενου ακτινολόγου

### Σύνδεση χρήστη στην εφαρμογή

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα σύνδεσης στην εφαρμογή με ιδιότητα ειδικευμένου ή ειδικευόμενου ακτινολόγου. Ο σχεδιασμός της σύνδεσης απεικονίζεται στα διαγράμματα ροής των εικόνων 30 και 31 , λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη ή μη προσωπικού λογαριασμού.



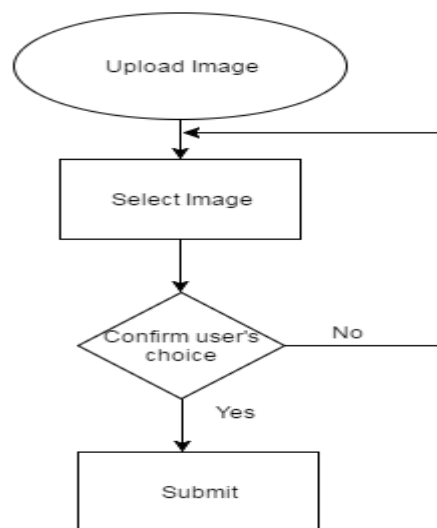
Εικόνα 30: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της εισόδου νέου χρήστη στο σύστημα



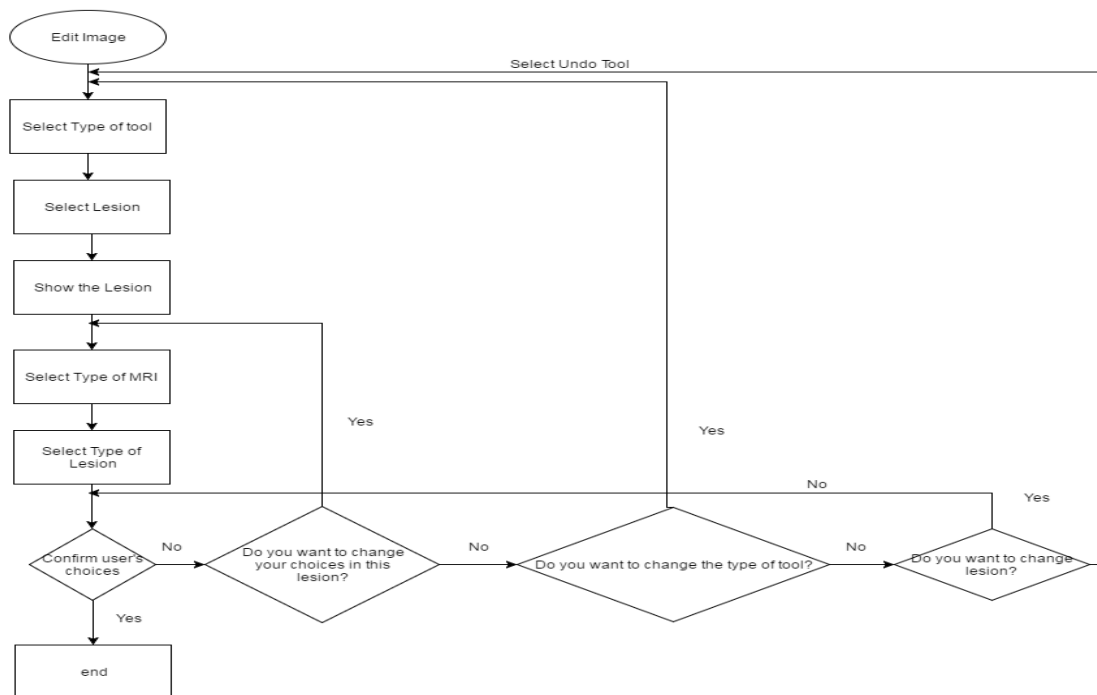
Εικόνα 31: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της εισόδου χρήστη στο σύστημα

Εισαγωγή, επισημάνση και αποθήκευση MRI εικόνων από τον ειδικευμένο ακτινολόγο χρήστη

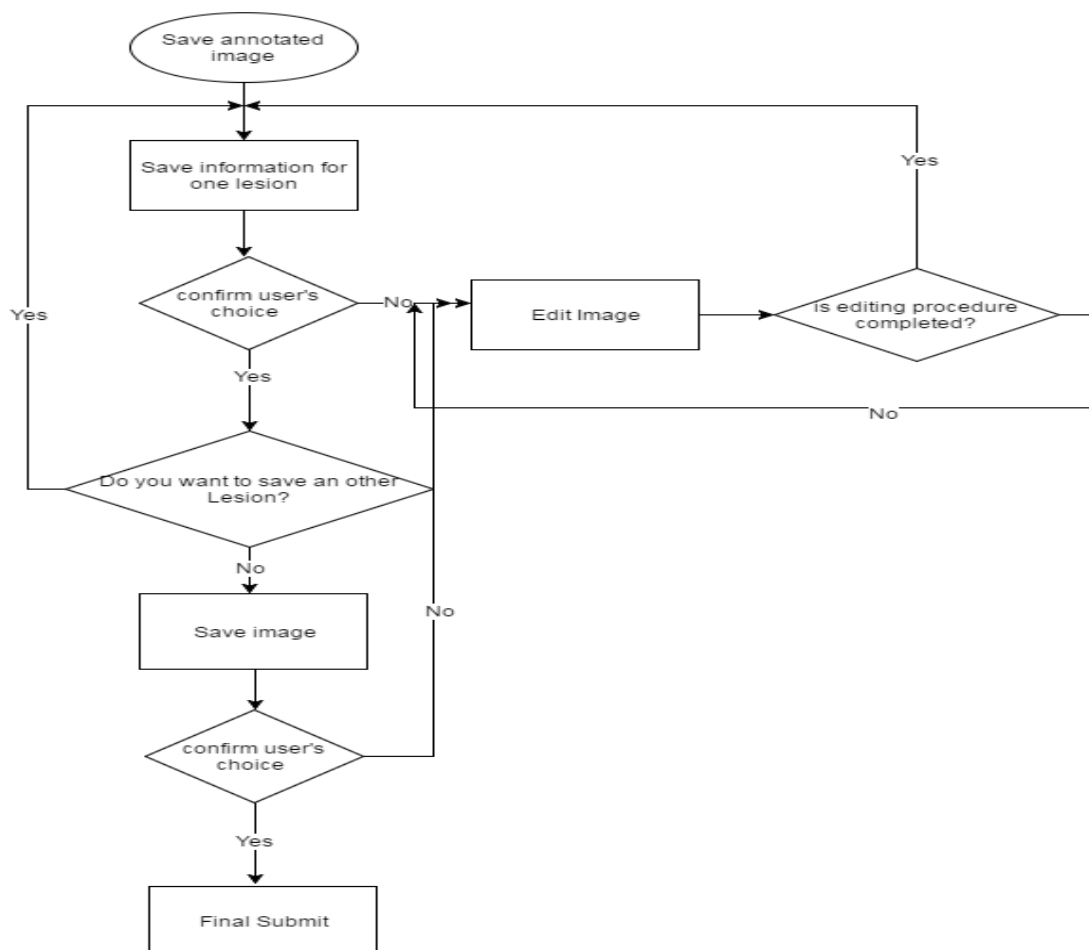
Ο ειδικευμένος ακτινολόγος έχει τη δυνατότητα εισαγωγής MRI εικόνων, τις οποίες στη συνέχεια μπορεί να επισημάνει κατάλληλα παραθέτοντας πληροφορίες για τις βλάβες που παρατηρούνται. Ο σχεδιασμός των παραπάνω διαδικασιών απεικονίζεται στα διαγράμματα ροής των εικόνων 32, 33 και 34.



Εικόνα 32: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της μεταφόρτωσης MRI εικόνων



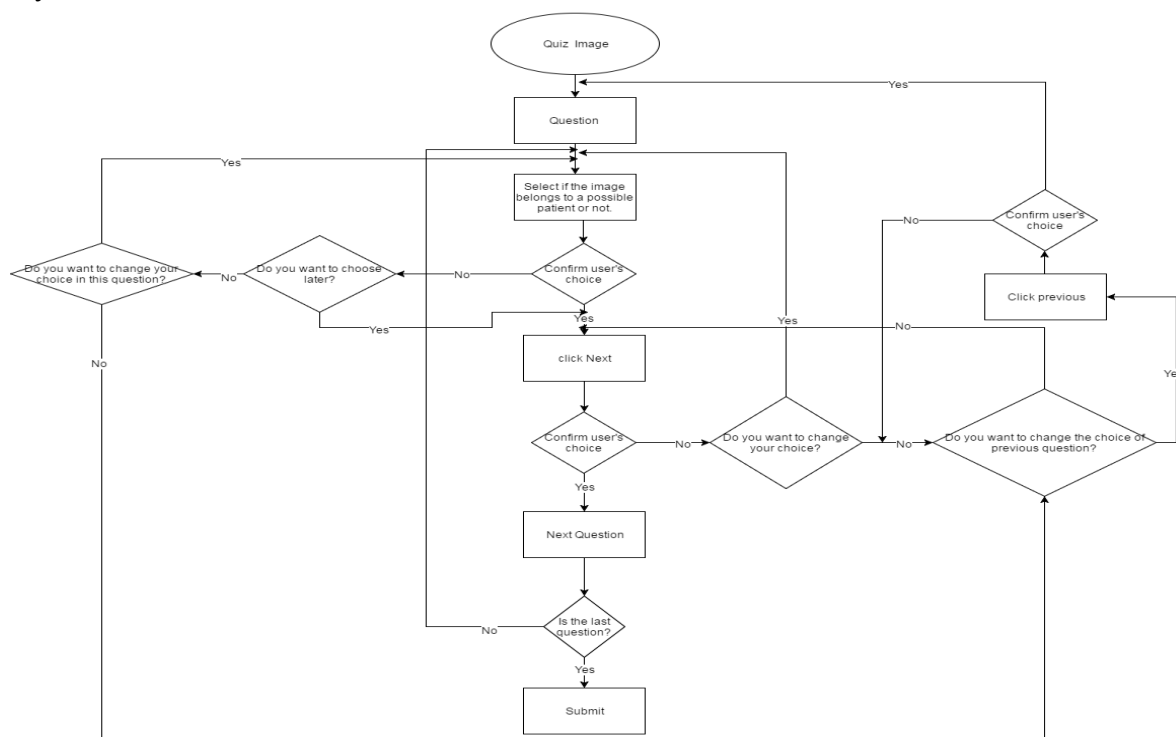
Εικόνα 33: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της επεξεργασίας μιας MRI εικόνας



Εικόνα 34: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της αποθήκευσης της επεξεργασμένης MRI εικόνας

### Εκτέλεση εκπαιδευτικού quiz από τον ειδικευόμενο ακτινολόγο

Ο ειδικευόμενος ακτινολόγος έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ διαφορετικών εκπαιδευτικών quiz. Ο σχεδιασμός της διαδικασίας απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής της εικόνας 35.



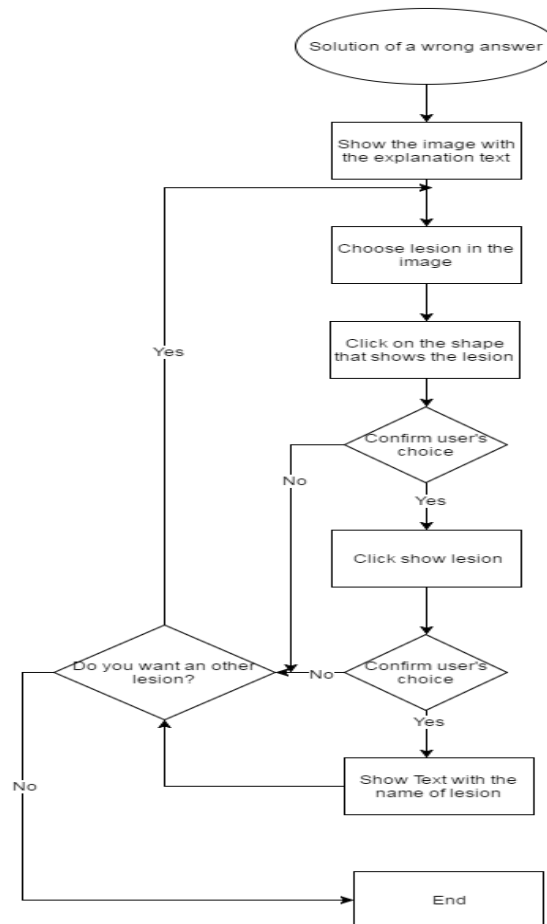
Εικόνα 35: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της εκτέλεσης ενός quiz

### Παρουσίαση προσωπικών επιδόσεων του ειδικευόμενου ακτινολόγου

Ο ειδικευόμενος ακτινολόγος έχει τη δυνατότητα να ενημερωθεί για την επίδοση του μετά την ολοκλήρωση του εκάστοτε quiz καθώς και να δει αναλυτικά την επεξήγηση των λανθασμένων απαντήσεων του. Ο σχεδιασμός των διαδικασιών απεικονίζεται στα διαγράμματα ροής των εικόνων 35.



Εικόνα 36: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της προβολής των αποτελεσμάτων του τελευταίου quiz



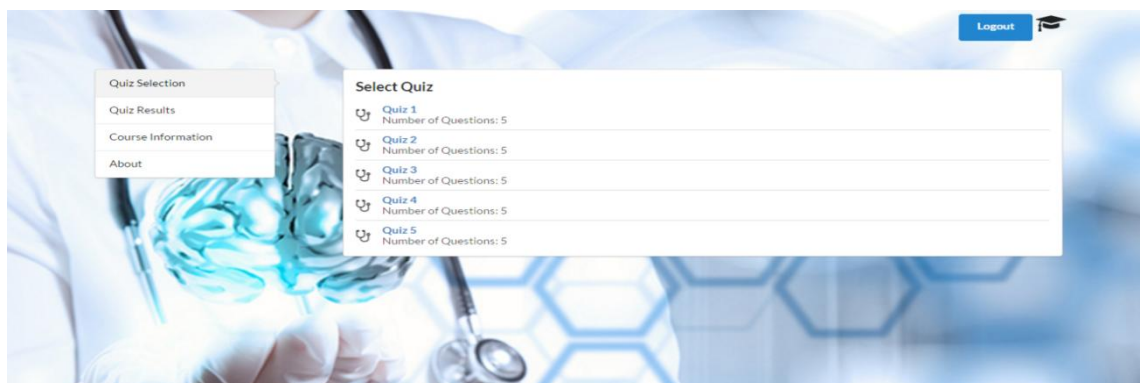
Εικόνα 37: Παρουσίαση διαγράμματος ροής της προβολής της λύσης των λανθασμένων απαντήσεων

## 4.2 Γενική παρουσίαση της εφαρμογής

Η εφαρμογή διαθέτει δύο βασικές λειτουργίες, την αποθήκευση εικόνων MRI από τον ειδικευμένο ακτινολόγο και την δημιουργία ερωτήσεων εκμάθησης για τους ειδικευόμενους ακτινολόγους.

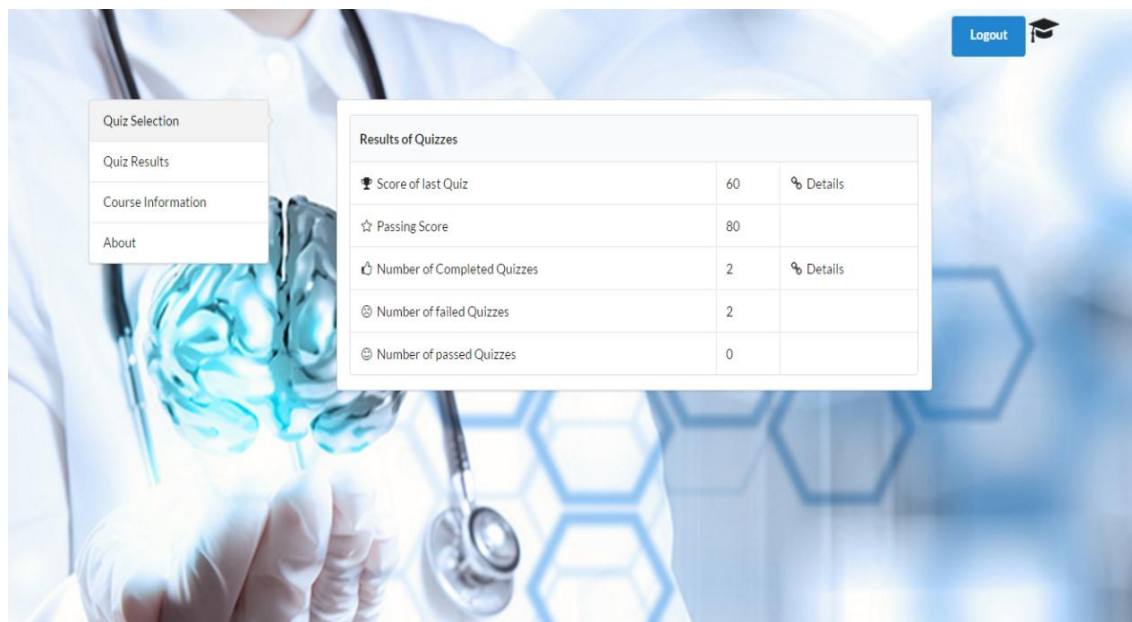
Η εφαρμογή περιέχει τέσσερις βασικές σελίδες, οι οποίες είναι οι εξής:

1. **Quiz Selection:** Στην σελίδα αυτή δίνεται η επιλογή στο χρήστη να επιλέξει το quiz που θέλει να εκτελεστεί (Εικόνα 38).



Εικόνα 38: Παρουσίαση της σελίδας επιλογής quiz

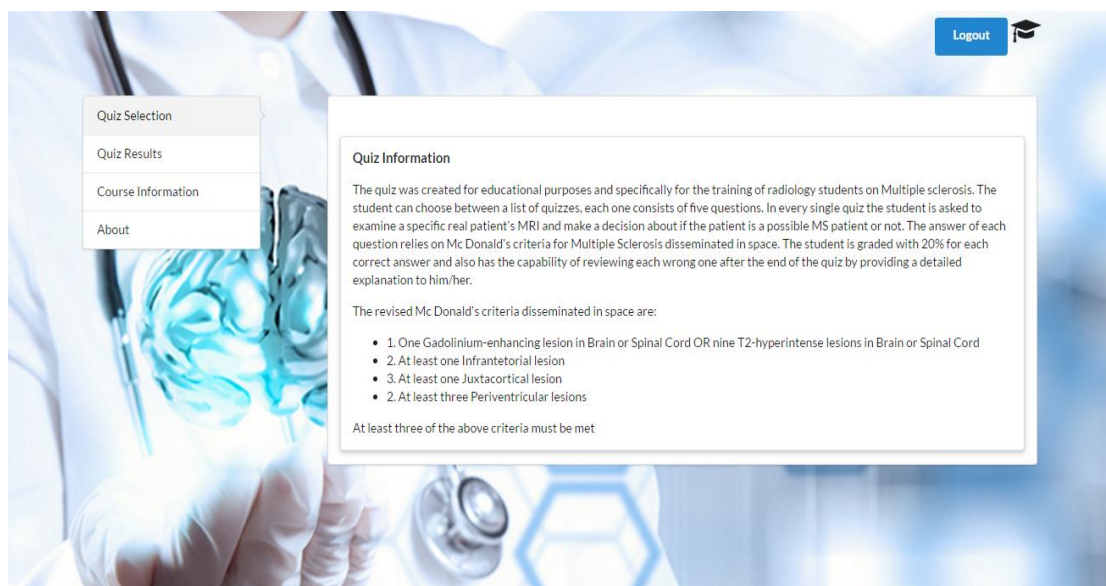
2. **Quiz Results:** Στην σελίδα αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενημερωθεί για τις επιδόσεις του στα quizzes (Εικόνα 39).



| Results of Quizzes            |    |           |
|-------------------------------|----|-----------|
| 🏆 Score of last Quiz          | 60 | 🔗 Details |
| ☆ Passing Score               | 80 |           |
| 🕒 Number of Completed Quizzes | 2  | 🔗 Details |
| 🚫 Number of failed Quizzes    | 2  |           |
| ✅ Number of passed Quizzes    | 0  |           |

Εικόνα 39: Παρουσίαση της σελίδας αποτελεσμάτων

3. **Course Information:** Στην σελίδα αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενημερωθεί σχετικά με την εφαρμογή και τις δυνατότητές της (Εικόνα 40).



**Quiz Information**

The quiz was created for educational purposes and specifically for the training of radiology students on Multiple sclerosis. The student can choose between a list of quizzes, each one consists of five questions. In every single quiz the student is asked to examine a specific real patient's MRI and make a decision about if the patient is a possible MS patient or not. The answer of each question relies on Mc Donald's criteria for Multiple Sclerosis disseminated in space. The student is graded with 20% for each correct answer and also has the capability of reviewing each wrong one after the end of the quiz by providing a detailed explanation to him/her.

The revised Mc Donald's criteria disseminated in space are:

- 1. One Gadolinium-enhancing lesion in Brain or Spinal Cord OR nine T2-hyperintense lesions in Brain or Spinal Cord
- 2. At least one Infratentorial lesion
- 3. At least one Juxtacortical lesion
- 2. At least three Periventricular lesions

At least three of the above criteria must be met

Εικόνα 40: Παρουσίαση της σελίδας προβολής των πληροφοριών για το quiz

4. **About:** Στην σελίδα αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενημερωθεί σχετικά με τις γενικές πληροφορίες των ατόμων που συμμετείχαν για τη δημιουργία της εφαρμογής (Εικόνα 41).

| Developers of this application |                                                                                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| First Name                     | Florentia                                                                                                                                 |
| Last Name                      | Protopsalti                                                                                                                               |
| Email                          | fprwtopsalti@gmail.com                                                                                                                    |
| First Name                     | Vassilios                                                                                                                                 |
| Last Name                      | Kollias                                                                                                                                   |
| Email                          | vaskolias@gmail.com                                                                                                                       |
| Linkedin                       | <a href="https://gr.linkedin.com/in/vassileios-kollias-0b784131">https://gr.linkedin.com/in/vassileios-kollias-0b784131</a>               |
| Supervisor                     |                                                                                                                                           |
| First Name                     | Konstantina                                                                                                                               |
| Last Name                      | Nikita                                                                                                                                    |
| Email                          | knikita@ece.ntua.gr                                                                                                                       |
| Linkedin                       | <a href="https://gr.linkedin.com/in/konstantina-nantia-nikita-52965945">https://gr.linkedin.com/in/konstantina-nantia-nikita-52965945</a> |

Εικόνα 41: Παρουσίαση της σελίδας προβολής των πληροφοριών των συμμετεχόντων

## 4.2 Σενάρια χρήσης της εφαρμογής

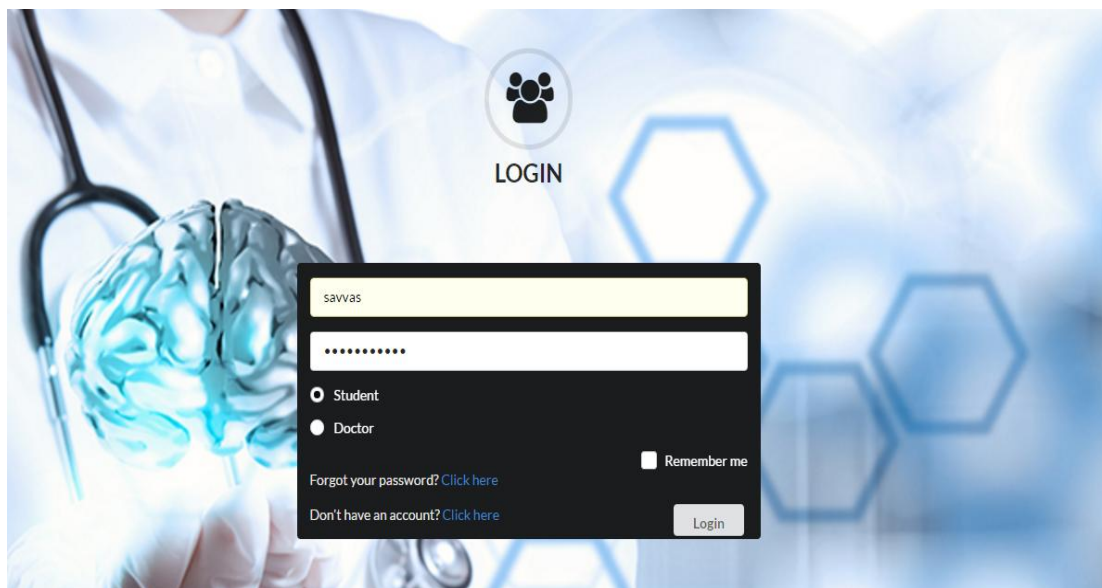
Οι λειτουργικότητες της εφαρμογής διαχωρίζονται ανάλογα με την ιδιότητα του χρήστη. Τα σενάρια χρήσης που θα αναλυθούν διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Κοινά σενάρια χρήσης για ειδικευμένους και ειδικευόμενους ακτινολόγους
  1. Σύνδεση νέου χρήστη στην εφαρμογή
  2. Σύνδεση χρήστη στην εφαρμογή
- Σενάρια χρήσης για ειδικευμένους ακτινολόγους
  1. Αποθήκευση MRI εικόνων
  2. Επεξεργασία μεταφορτωμένων MRI εικόνων
- Σενάρια χρήσης για ειδικευόμενους ακτινολόγους
  1. Επιλογή quiz
  2. Εκτέλεση επιλεγμένου quiz
  3. Προβολή των αξιολογήσεων
    - 3.1 Προβολή των αξιολογήσεων των quizzes
    - 3.2 Προβολή των αξιολογήσεων του τελευταίου quiz
  4. Προβολή των ερωτήσεων που δόθηκε λάθος απάντηση

## 4.3 Κοινά σενάρια χρήσης για ειδικευμένους και ειδικευόμενους ακτινολόγους

### 4.3.1 Η σύνδεση νέου χρήστη στην εφαρμογή

Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει πραγματοποιήσει ξανά σύνδεση στην εφαρμογή, υποχρεούται να δημιουργήσει τον προσωπικό του λογαριασμό. Στη σελίδα εισόδου του χρήστη, επιλέγει το σύνδεσμο με όνομα <<Click here>>, ο οποίος είναι τοποθετημένος δεξιά της ετικέτας με όνομα «Don't have an account» (Εικόνα 42).

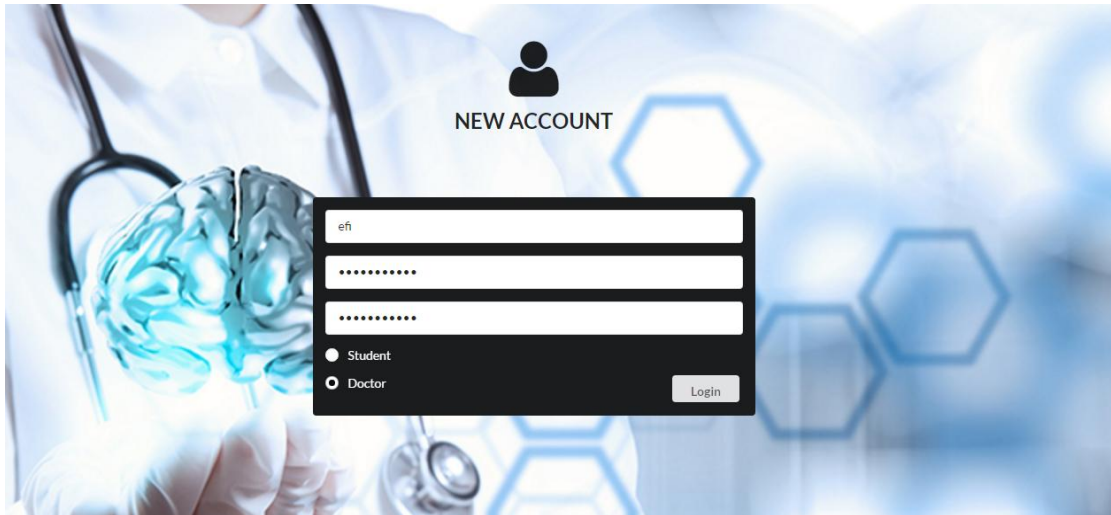


Εικόνα 42: Παρουσίαση της σελίδας εισόδου του χρήστη κατά την είσοδο νέου χρήστη στο σύστημα

Πατώντας τον σχετικό σύνδεσμο, πραγματοποιείται ανακατεύθυνση στη σελίδα νέας εγγραφής στην οποία δηλώνεται το όνομα χρήστη, ο κωδικός πρόσβασης και η ιδιότητά (Εικόνα 43).

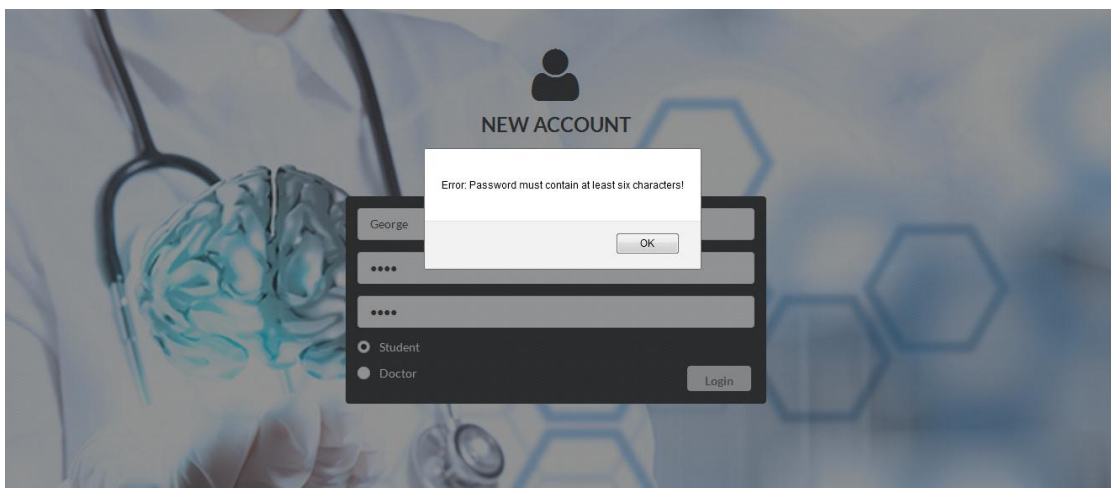
Ο κωδικός πρόσβασης πρέπει να διαθέτει μήκος μεγαλύτερο από έξι χαρακτήρες και οι χαρακτήρες να αποτελούν ταυτόχρονα στον ίδιο κωδικό, γράμματα της αλφαβήτου, αριθμούς καθώς και σύμβολα. Οι προδιαγραφές για τον κωδικό πρόσβασης έχουν ως στόχο την εξασφάλιση της προστασίας των λογαριασμών που δημιουργούνται. Επίσης κρίνεται απαραίτητη η συμπλήρωσή του ξανά σε επόμενο πεδίο για επαλήθευση.

Επόμενο βασικό βήμα κατά τη δημιουργία νέου λογαριασμού, είναι η συμπλήρωση της ιδιότητας του χρήστη. Το σύστημα πρέπει να γνωρίζει κατά τη σύνδεση του χρήστη την ιδιότητα του καθώς προσφέρει διαφορετικές λειτουργίες στην περίπτωση του ειδικευμένου ιατρού και άλλες στην περίπτωση του ειδικευόμενου.



Εικόνα 43: Παρουσίαση της σελίδας εγγραφής νέου χρήστη

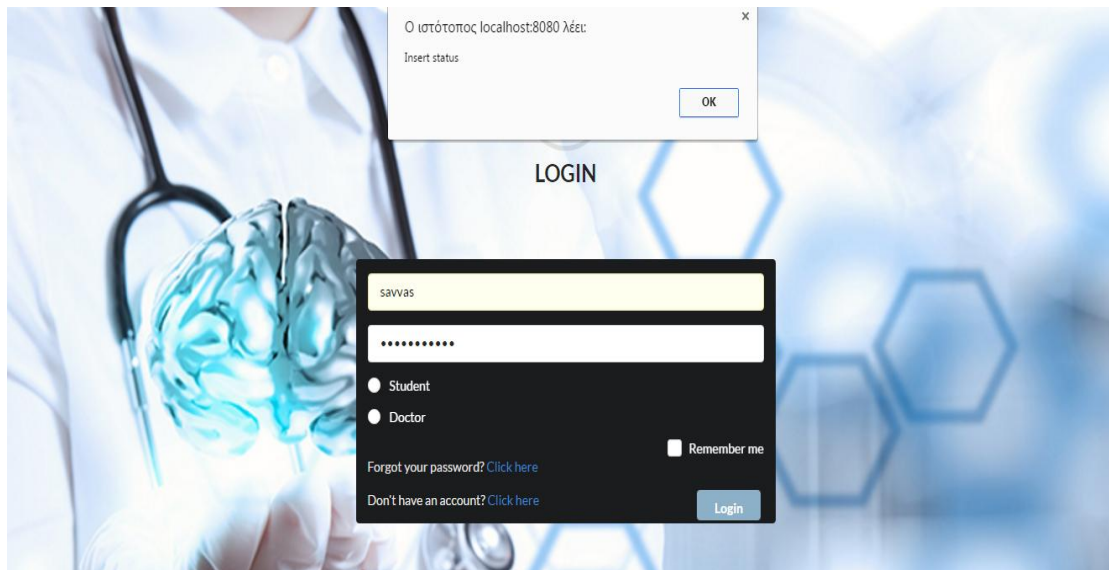
Εάν κατά τη διάρκεια συμπλήρωσης των στοιχείων, δεν πληρούνται οι παραπάνω προδιαγραφές, η εφαρμογή χρησιμοποιώντας παράθυρα με μηνύματα ενημερώνει το χρήστη για τη διόρθωση των πεδίων (Εικόνα 44).



Εικόνα 44: Παρουσίαση ενημερωτικού μηνύματος στη περίπτωση λανθασμένης συμπλήρωσης των πεδίων

#### 4.3.2 Η σύνδεση χρήστη στην εφαρμογή

Εάν ο χρήστης έχει πραγματοποιήσει εγγραφή στο σύστημα, στη σελίδα εισόδου του χρήστη, η οποία παρουσιάστηκε στην Εικόνα 41, διεξάγεται ο έλεγχος της ορθότητας των στοιχείων του. Σε περίπτωση εσφαλμένης εισαγωγής στοιχείων ή μη συμπλήρωσης όλων των απαραίτητων πεδίων όπως το όνομα χρήστη, ο κωδικός πρόσβασης καθώς και την ιδιότητα του, το σύστημα δεν επιτρέπει τη σύνδεση και χρησιμοποιώντας παράθυρα, τα οποία περιέχουν μηνύματα, ενημερώνει για τη διόρθωση ή συμπλήρωση των πεδίων (Εικόνα 45).

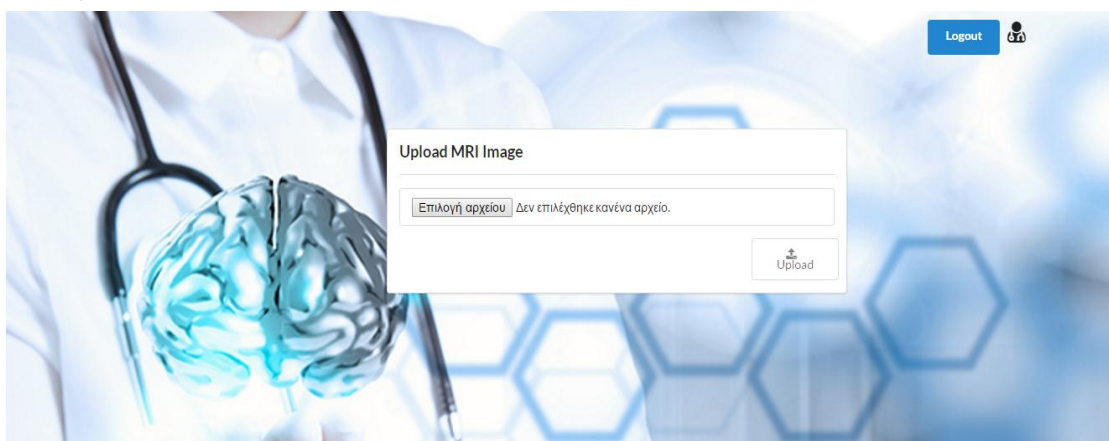


Εικόνα 45: Έλεγχος συμπλήρωσης απαραίτητων πεδίων

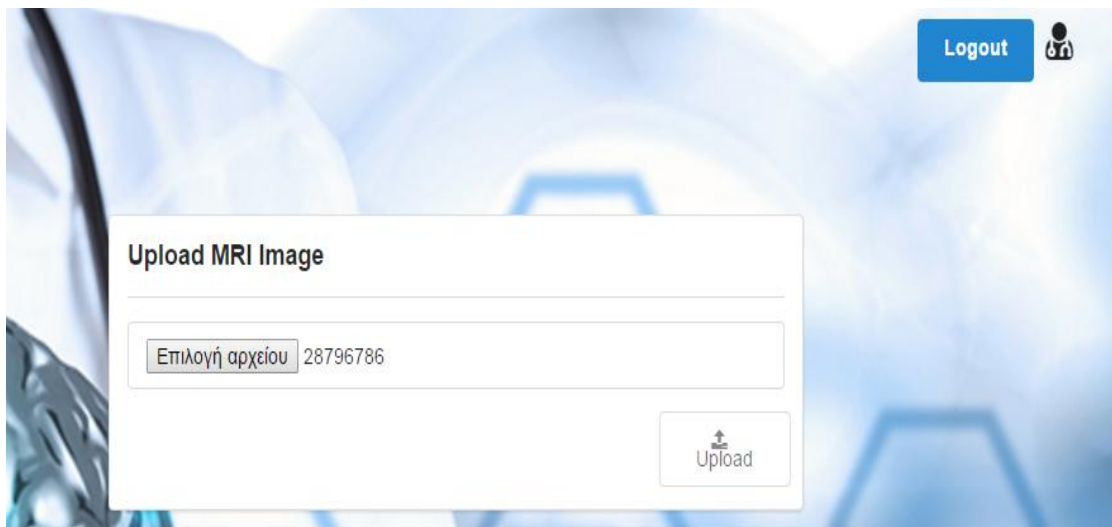
## 4.4 Σενάρια χρήσης για ειδικευμένους ακτινολόγους

### 4.4.1 Αποθήκευση MRI εικόνων

Το σύστημα διαχωρίζει τις λειτουργικότητές του ανάλογα με την ιδιότητα του χρήστη. Στην περίπτωση κατά την οποία ο χρήστης έχει δηλώσει την ιδιότητα του ειδικευμένου ακτινολόγου, τότε οδηγείται στη σελίδα όπου μπορεί να επιλέξει το αρχείο, το οποίο θέλει να αποθηκεύσει στη βάση δεδομένων του συστήματος. Ο ακτινολόγος έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το αρχείο το οποίο θέλει να μεταφορτώσει, μέσω της επιλογής << Επιλογή αρχείου >> με την οποία μπορεί να περιηγηθεί στους φακέλους του και να οδηγηθεί στο σημείο στο οποίο περιέχεται το επιθυμητό αρχείο και το οποίο αποτελεί εικόνα σε μορφή DICOM. Η εικόνα είναι MRI και απεικονίζει τμήματα του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού και στόχος της είναι η απεικόνιση βλαβών σε περιπτώσεις ΠΣ. Το όνομα του αρχείου αναγράφεται δεξιά της επιλογής και με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται έλεγχος για την επιλογή σωστού αρχείου (Εικόνα 46). Στην περίπτωση κατά την οποία επιλέχθηκε λάθος αρχείο, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής νέου πραγματοποιώντας εκ νέου τη διαδικασία. Στη συνέχεια, η επιλογή της εντολής <<Upload>> ολοκληρώνει τη διαδικασία μεταφόρτωσης (Εικόνα 47).



Εικόνα 46: Παρουσίαση της σελίδας εισαγωγής νέας MRI εικόνας



Εικόνα 47: Παρουσίαση επιλογής αρχείου για upload

#### 4.4.2 Επεξεργασία μεταφορτωμένων MRI εικόνων

Μετά την εισαγωγή της εικόνας στο σύστημα, ο ακτινολόγος πραγματοποιεί την επεξεργασία της. Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο την υπόδειξη στην εικόνα των υπαρκτών βλαβών. Τα βήματα τα οποία ακολουθεί ο ιατρός για την επισημάνση των βλαβών πραγματοποιούνται κάθε φορά εκ νέου για κάθε βλάβη, η οποία απεικονίζεται στην ίδια εικόνα.

Αρχικά ο ακτινολόγος επισημαίνει με τη χρήση του εργαλείου που είναι τοποθετημένο δεξιά της εικόνας, την περιοχή στην οποία εντοπίζεται η βλάβη. Το εργαλείο διαθέτει διάφορες επιλογές για την δεικτοδότηση των βλαβών όπως βελάκι, κείμενο, κύκλο και τετράγωνο. Επίσης διαθέτει το βελάκι με κατεύθυνση προς τα πίσω το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα αναίρεσης της τελευταίας δραστηριότητας.

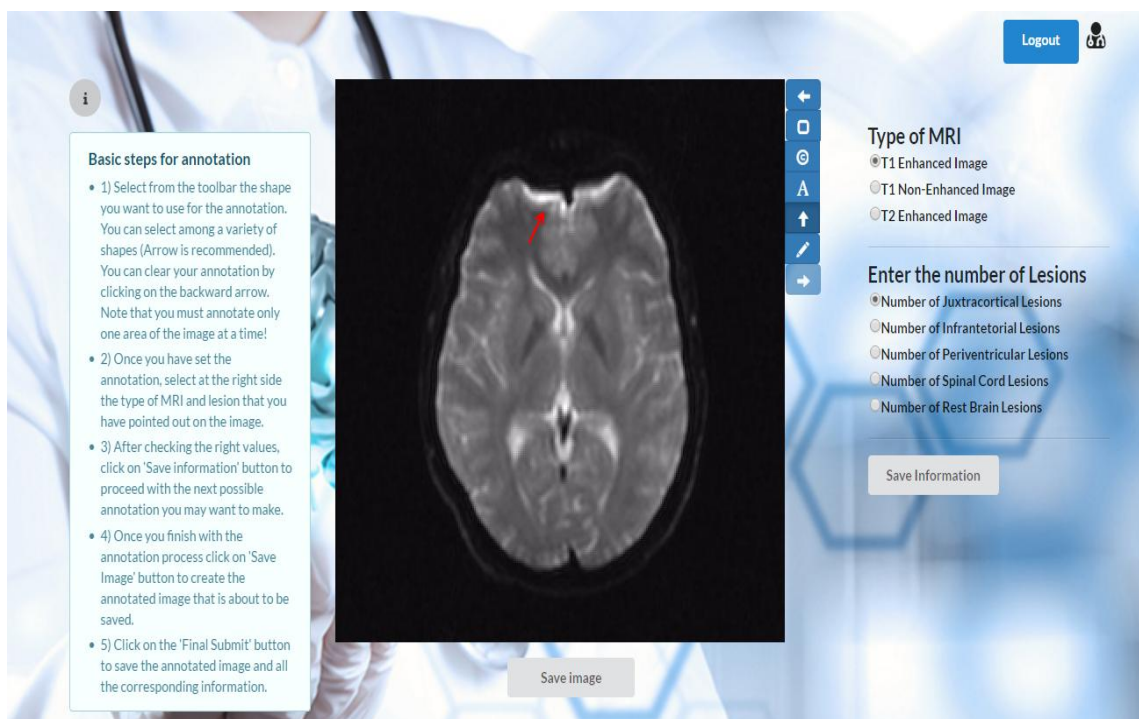
Στη συνέχεια ο ακτινολόγος επιλέγει τον τύπο τεχνικής που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη της εικόνας καθώς επίσης και το όνομα της περιοχής που εντοπίζεται η βλάβη. Είναι απαραίτητη η επιλογή των συγκεκριμένων πεδίων καθώς οι συγκεκριμένες περιοχές στις οποίες εντοπίζονται οι βλάβες βοηθούν στη διαφοροδιάγνωση. Συγκεντρώνοντας όλες τις πληροφορίες που έχουν δοθεί για τη συγκεκριμένη βλάβη, ο ιατρός επιλέγει την εντολή <<Save Information>> ώστε να πραγματοποιηθεί η αποθήκευση τους (Εικόνα 48).

Πριν προχωρήσει η διαδικασία της περεταίρω επεξεργασίας της MRI εικόνας, το σύστημα ρωτά το χρήστη εάν είναι σίγουρος για την αποθήκευση της επισημασμένης βλάβης και των πληροφοριών της με τη χρήση παραθύρου με το συγκεκριμένο ερώτημα (Εικόνα 49). Εάν ο ακτινολόγος μετά την επιλογή του αυτή θέλει να επισημάνει και άλλη βλάβη, πραγματοποιεί τα παραπάνω βήματα εκ νέου. Από την άλλη μεριά, εάν δεν θέλει να υποδείξει άλλη βλάβη, επιλέγει <<Save Image>> το οποίο αποθηκεύει την επεξεργασμένη εικόνα. Οι εικόνες με τις σημειώσεις του ιατρού αποθηκεύονται από το σύστημα για χρήση τους σε περίπτωση εσφαλμένης απάντησης του ειδικευμένου ιατρού καθώς δίνεται η δυνατότητα επίδειξης της σωστής απάντησης σε περίπτωση λάθους μετά την εκτέλεση συγκεκριμένου quiz.

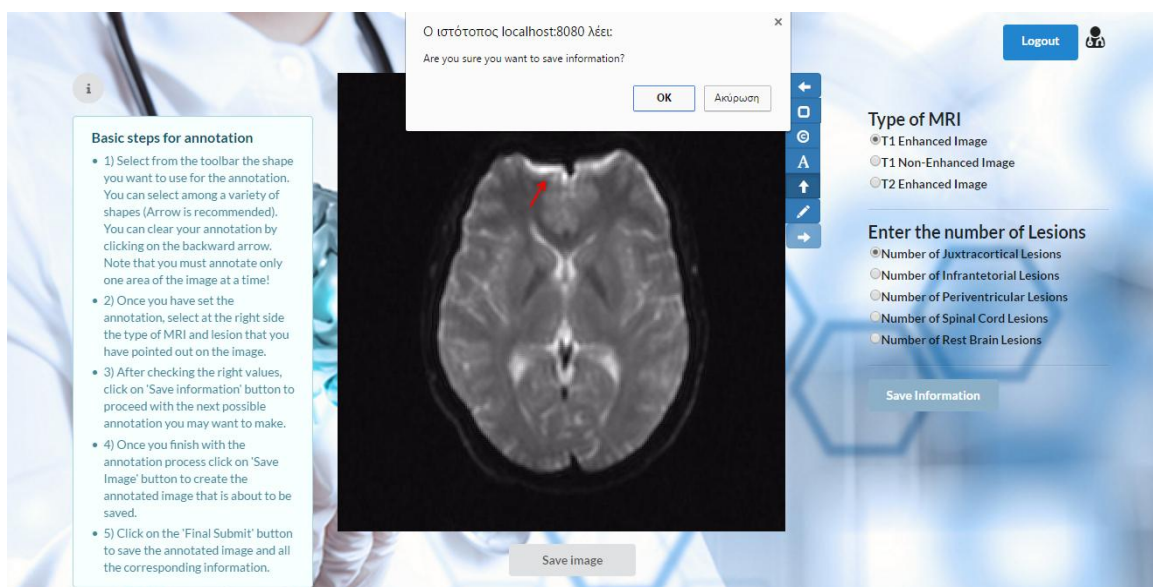
Τελικό βήμα είναι η επιλογή του <<Final submit>> με το οποίο πραγματοποιείται το ερώτημα στην οντολογία και η ενημέρωση των δεδομένων στη βάση της εφαρμογής. Το ερώτημα στην οντολογία εξάγει το συμπέρασμα σχετικά με την πληροφορία εάν το άτομο του οποίου ανήκει η εικόνα αποτελεί πιθανό ασθενή με ΠΣ (Εικόνα 50).

Στη σελίδα επεξεργασίας της εικόνας, υπάρχουν επίσης αναλυτικές οδηγίες για την συμπλήρωση των πληροφοριών.

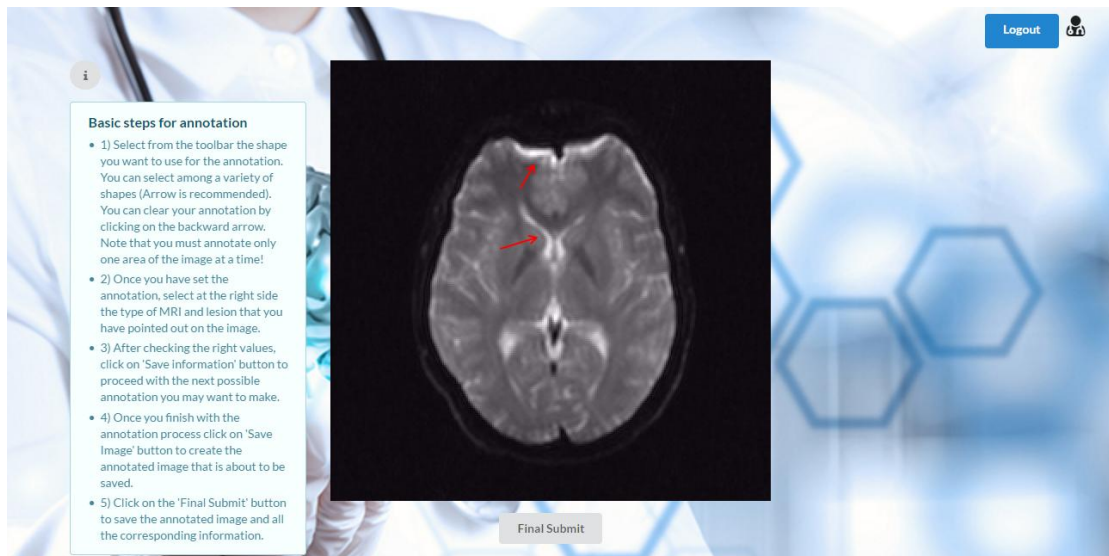
Μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής, οι εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία των ερωτήσεων εκμάθησης.



Εικόνα 48: Παρουσίαση επιλογής βλάβης και των πληροφοριών της



Εικόνα 49: Παρουσίαση επιβεβαιωτικού παραθύρου με μήνυμα

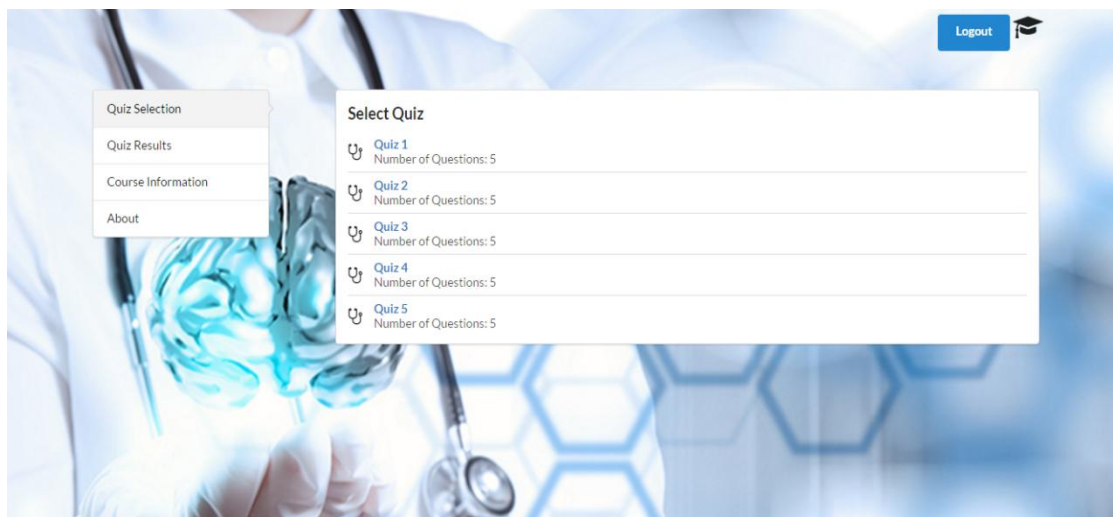


Εικόνα 50: Παρουσίαση του σταδίου πριν την τελική υποβολή της επισημασμένης εικόνας

## 4.5 Σενάρια χρήσης για ειδικευόμενους ακτινολόγους

### 4.5.1 Επιλογή quiz

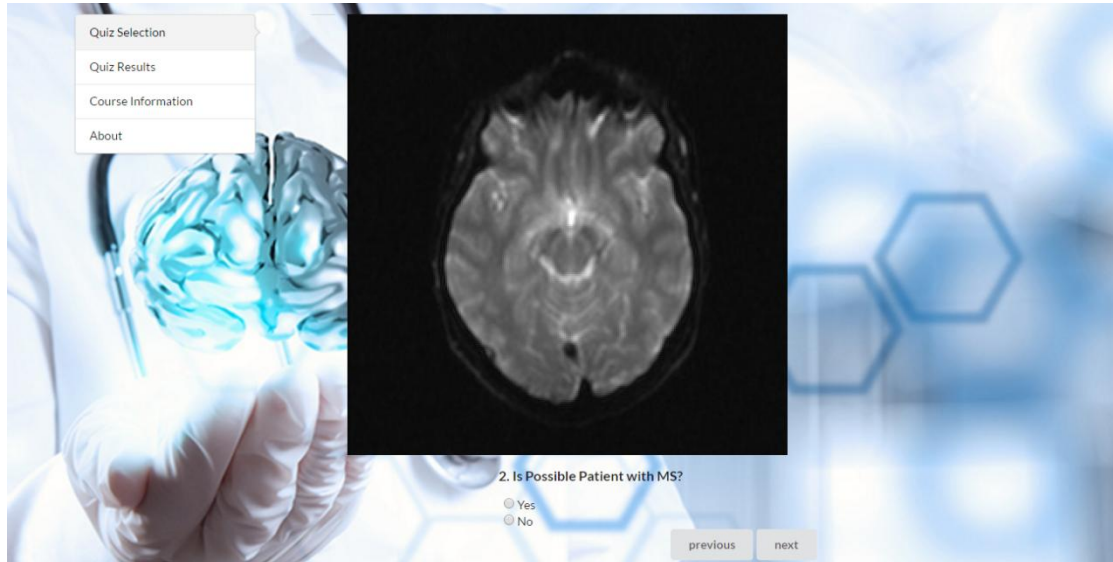
Στην περίπτωση κατά την οποία ο χρήστης έχει δηλώσει την ιδιότητα του ειδικευόμενου ακτινολόγου τότε οδηγείται στη σελίδα όπου μπορεί να επιλέξει το quiz, το οποίο θέλει να εκτελέσει. Επίσης κατά τη διάρκεια της περιήγησης του, υπάρχει στο αριστερό μέρος της οθόνης ένα μενού το οποίο ανακατευθύνει το ειδικευόμενο στην επιλογή quiz, τα αποτελέσματά του σε προηγούμενες προσπάθειες καθώς επίσης και στη σελίδα με τις πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με την εφαρμογή (Εικόνα 51). Η επιλογή κάποιου συγκεκριμένου quiz οδηγεί στη βασική σελίδα όπου περιέχει όλες τις ερωτήσεις που συνδέονται με το όνομα του quiz το οποίο έχει επιλεγεί.



Εικόνα 51: Παρουσίαση της σελίδας επιλογής Quiz

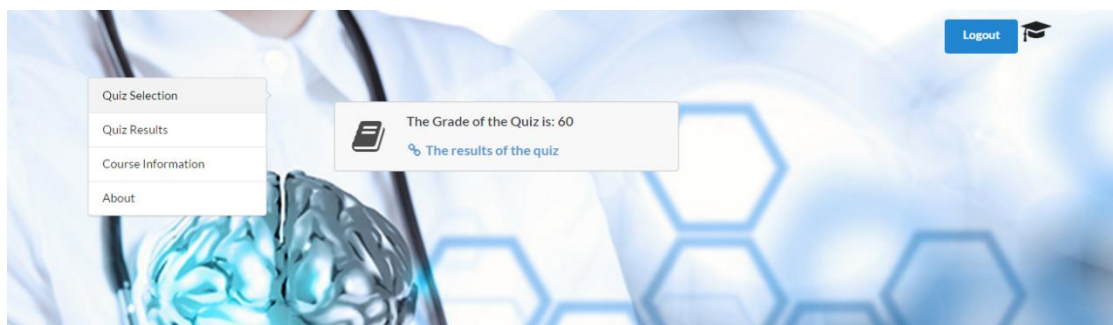
## 4.5.2 Εκτέλεση επιλεγμένου quiz

Κάθε quiz αποτελείται από πέντε ερωτήσεις, οι οποίες περιέχουν από μια MRI εικόνα και επιδέχονται ως απάντηση <<Yes>> ή <<No>> καθώς οι ερωτήσεις είναι της μορφής <<Είναι Πιθανός Ασθενής;>>. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταφέρεται από τη μία ερώτηση στην άλλη μέσω των επιλογών <<next>> και <<previous>>. Με τη χρήση των δύο επιλογών έχει την ευχέρεια να αλλάξει όσες φορές επιθυμεί τις απαντήσεις του πριν την τελική υποβολή (Εικόνα 52).



Εικόνα 52: Παρουσίαση της σελίδας ερωτήσεων του quiz

Με την διαδικασία της τελικής υποβολής των απαντήσεων, υπολογίζεται ο βαθμός του συγκεκριμένου quiz και προβάλλεται στο χρήστη σε καινούρια σελίδα. Το αποτέλεσμα καταχωρείται στη βάση δεδομένων του συστήματος ώστε ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να ενημερώνεται για την κατάσταση των quizzes με βαθμό μεγαλύτερο από 80% ή μικρότερο (Εικόνα 53).



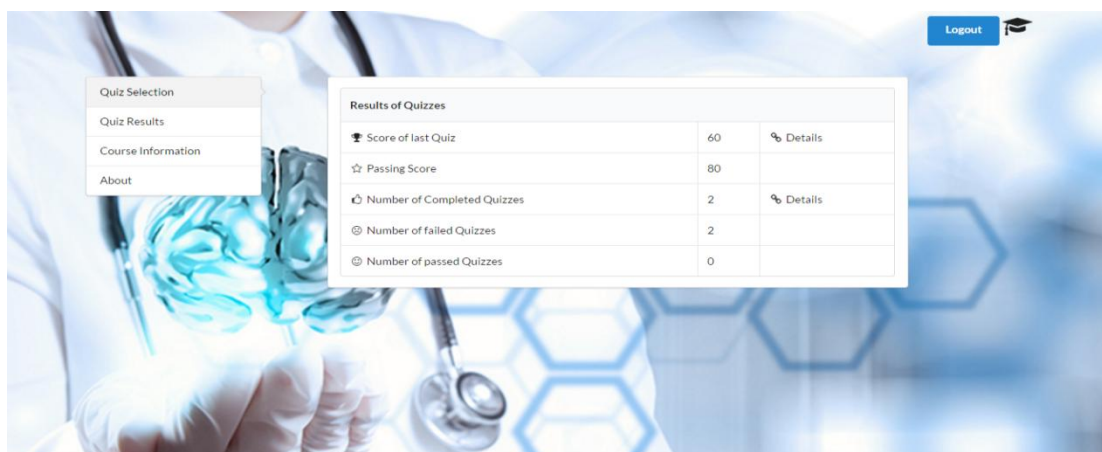
Εικόνα 53: Παρουσίαση της σελίδας με το βαθμό του quiz που ολοκληρώθηκε

Ο βαθμός συνοδεύεται από τη διασύνδεση που ανακατευθύνει στην επίδειξη των ορθών και μη απαντήσεων του quiz που ολοκληρώθηκε. Εάν οι απαντήσεις που δόθηκαν είναι εσφαλμένες, υπάρχει η δυνατότητα προβολής της τεκμηρίωσης.

### 4.5.3 Προβολή των αξιολογήσεων

Όταν ο χρήστης επιλέξει τον σύνδεσμο <<QuizResults>> από το μενού που βρίσκεται αριστερά της οθόνης, προβάλλεται η σελίδα αξιολογήσεων, η οποία παρουσιάζει την αξιολόγηση του τελευταίου quiz, το βαθμό που πρέπει να επιτύχει ο εκπαιδευόμενος ακτινολόγος, τον αριθμό των quizzes που έχει ολοκληρώσει, τον αριθμό των quizzes που έχει ολοκληρώσει με επιτυχία και τον αριθμό αυτών που δεν κατάφερε να ολοκληρώσει με βαθμό μεγαλύτερο από αυτόν που θεωρείται απαραίτητος.

Η επιλογή <<Details>> ανακατευθύνει τον χρήστη στην αξιολόγηση του τελευταίου quiz, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, και στον αριθμό των ολοκληρωμένων quizzes (Εικόνα 54).



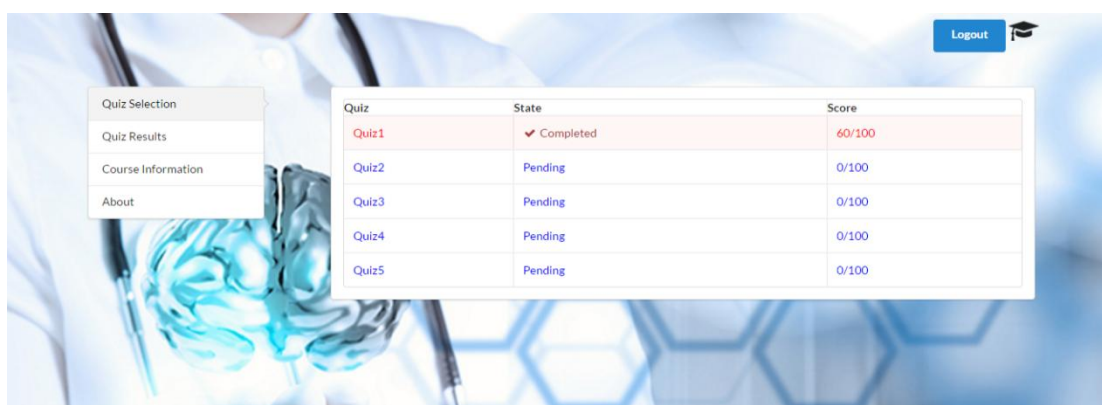
| Results of Quizzes            |    |           |
|-------------------------------|----|-----------|
| 📊 Score of last Quiz          | 60 | 🔗 Details |
| ⭐ Passing Score               | 80 |           |
| 🏆 Number of Completed Quizzes | 2  | 🔗 Details |
| 🚫 Number of failed Quizzes    | 2  |           |
| ✅ Number of passed Quizzes    | 0  |           |

Εικόνα 54: Παρουσίαση της σελίδας αποτελεσμάτων

#### 4.5.3.1 Προβολή των αξιολογήσεων των quiz

Πατώντας το σύνδεσμο με όνομα <<Details>> ο οποίος βρίσκεται δεξιά της ετικέτας <<Number of Completed Quizzes>>, προβάλλεται στην οθόνη ένας πίνακας ο οποίος περιέχει όλα τα quizzes είτε έχουν εκτελεστεί είτε όχι. Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται τα ονόματα των quizzes που έχουν ολοκληρωθεί είτε με κόκκινο είτε με πράσινο χρώμα ανάλογα με το ποσοστό επιτυχίας τους. Επίσης παρουσιάζονται και τα ονόματα των quizzes που βρίσκονται σε εκκρεμότητα με χρώμα μπλε. Τα ονόματα των quizzes τα οποία απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, αποτελούν συνδέσμους ώστε να έχει τη δυνατότητα ο χρήστης πατώντας τον σύνδεσμο να δει τις ερωτήσεις του quiz.

Επίσης και τα ονόματα των quizzes, τα οποία απεικονίζονται με μπλε χρώμα, αποτελούν συνδέσμους ώστε να έχει τη δυνατότητα ο χρήστης πατώντας τον σύνδεσμο να εκτελέσει το quiz (Εικόνα 55).

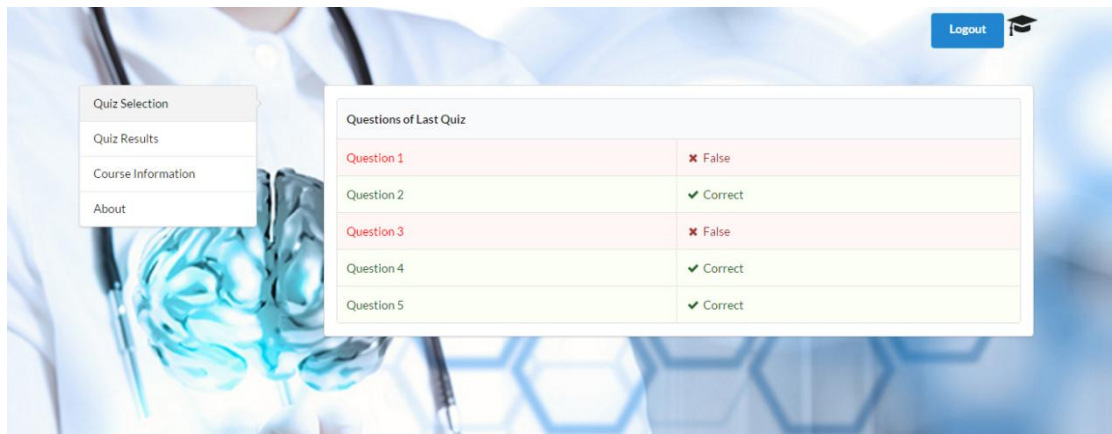


| Quiz  | State       | Score  |
|-------|-------------|--------|
| Quiz1 | ✓ Completed | 60/100 |
| Quiz2 | Pending     | 0/100  |
| Quiz3 | Pending     | 0/100  |
| Quiz4 | Pending     | 0/100  |
| Quiz5 | Pending     | 0/100  |

Εικόνα 55: Παρουσίαση της σελίδας των αξιολογήσεων των quiz

#### 4.5.3.2 Προβολή των αξιολογήσεων του τελευταίου quiz

Πατώντας το σύνδεσμο με όνομα <<Details>>νο οποίος βρίσκεται δεξιά της ετικέτας <<Score of Last Quiz>>, προβάλλεται στην οθόνη ένας πίνακας ο οποίος περιέχει όλες τις ερωτήσεις του τελευταίου quiz. Τα ονόματα των ερωτήσεων παρουσιάζονται με δυο διαφορετικές αποχρώσεις: κόκκινο και πράσινο. Το κόκκινο χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των εσφαλμένων απαντήσεων και αποτελούν σύνδεσμο που οδηγεί στην επεξήγηση και τεκμηρίωση των ερωτήσεων παρέχοντας τη σωστή απάντηση. Η χρήση του πράσινου χρώματος πραγματοποιήθηκε για την απεικόνιση των ερωτήσεων του quiz, οι οποίες έλαβαν σωστή απάντηση (Εικόνα 56).



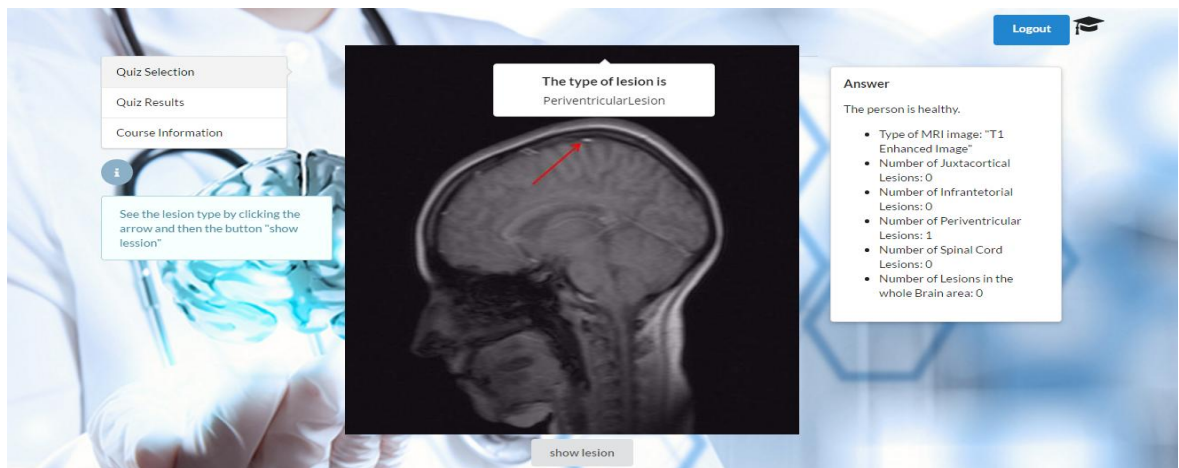
| Questions of Last Quiz |           |
|------------------------|-----------|
| Question 1             | ✗ False   |
| Question 2             | ✓ Correct |
| Question 3             | ✗ False   |
| Question 4             | ✓ Correct |
| Question 5             | ✓ Correct |

Εικόνα 56: Παρουσίαση της σελίδας με τα αποτελέσματα του τελευταίου quiz

#### 4.5.4 Προβολή των ερωτήσεων που δόθηκε λάθος απάντηση

Τα ονόματα των ερωτήσεων που δόθηκε λανθασμένη απάντηση από το ειδικευόμενο, προβάλλονται με χρώμα κόκκινο και αποτελούν σύνδεσμο που ανακατευθύνει στην σελίδα με την αιτιολόγηση και τη τεκμηρίωση της σωστής απάντησης. Στην δεξιά πλευρά της οθόνης παρουσιάζεται το κείμενο που επεξηγεί γιατί το άτομο μπορεί να αποτελεί ή να μην αποτελεί πιθανό ασθενή και απαριθμεί τις βλάβες στα διαφορά σημεία του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού, όπως απεικονίζονται στην εκάστοτε MRI εικόνα.

Επιπρόσθετα, ο χρήστης έχει την ευκαιρία πατώντας πάνω στο βελάκι, το οποίο υποδεικνύει μια βλάβη, να λαμβάνει πληροφορίες για το είδος της βλάβης της οποίας το όνομα δίνεται από την περιοχή που συναντάται (Εικόνα 57).



Εικόνα 57: Παρουσίαση της σελίδας με την τεκμηριωμένη λανθασμένη απάντηση

## 4.6 Αξιολόγηση συστήματος

Σε αυτή την ενότητα, θα γίνει αναφορά στο σύνολο των ιατρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τη προσθήκη οντοτήτων στην οντολογία καθώς και για τη μέτρηση της απόδοσης του συστήματος. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι εκτελέσεις κάποιων σύνθετων ερωτημάτων στην οντολογία καθώς και οι χρόνοι απόκρισής τους.

### 4.6.1 Σύνολο δεδομένων

Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε, αποτελείται από είκοσι οκτώ ιατρικές εικόνες MRI, οι οποίες είναι της μορφής DICOM και κατηγοριοποιούνται σε T1 ή T2 Weighted Images, ανάλογα με την τεχνική λήψης τους. Το περιεχόμενο τους αφορά την απεικόνιση διαφόρων περιοχών του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού και σχετίζεται με την πιθανότητα εμφάνισης ΠΣ. Ο εντοπισμός βλαβών σε συγκεκριμένες ανατομικές περιοχές, έχει συσχετιστεί με την εμφάνιση της νόσου, γεγονός που καθιστά την εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας σημαντική.

Τα δεδομένα παραχωρήθηκαν από το 251, Γενικό Νοσοκομείο Αεροπορίας. Για τη χρήση τους από το σύστημα, έγινε αφαίρεση των ετικετών που σχετίζονται με τις προσωπικές πληροφορίες του ασθενούς για την εξασφάλιση της ανωνυμίας.

### 4.6.2 Εκτέλεση ερωτημάτων – Χρόνοι Απόκρισης

Η μέτρηση των χρόνων απόκρισης ως προς την εκτέλεση των ερωτημάτων κρίνεται απαραίτητη για την αξιολόγηση της απόδοσης του συστήματος. Κατά την περιήγηση στην εφαρμογή εφαρμόζονται διάφορα ερωτήματα των οποίων η πολυπλοκότητα διαφέρει. Σε αυτή την ενότητα πραγματοποιήθηκε δοκιμαστικά η μέτρηση των χρόνων απόκρισης κάποιων ερωτημάτων, με χρήση υπολογιστικού συστήματος, το οποίο διαθέτει τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στην εικόνα 58.

|                            |                                                   |
|----------------------------|---------------------------------------------------|
| Επεξεργαστής:              | Intel(R) Core(TM) i3-4005U CPU @ 1.70GHz 1.70 GHz |
| Εγκατεστημένη μνήμη (RAM): | 4,00 GB                                           |
| Τύπος συστήματος:          | Λειτουργικό σύστημα 64-bit                        |

Εικόνα 58: Τεχνικά χαρακτηριστικά υπολογιστικού συστήματος

Το πρώτο ερώτημα αφορά τον τύπο του ασθενή στην περίπτωση κατά την οποία διαθέτει μία υποφλοιώδη εστία. Το ερώτημα που θα εκτελεστεί θα έχει την εξής δομή:

<<Εντόπισε μου τους ασθενείς, των οποίων η εικόνα MRI διαθέτει τουλάχιστον μια υποφλοιώδη εστία και ανήκουν στην κλάση JuxtacorticalPerson>>. Στην οντολογία το ερώτημα τίθεται με την εξής μορφή:

<<MRIImageUrl>> <<hasLesion some JuxtacorticalLesions\_T1\_Gadolinium>>, το οποίο αποκρίθηκε σε 62ms.

Ένα πιο σύνθετο ερώτημα είναι <<Εντόπισε μου τον τύπο Πιθανού Ασθενή>>, το οποίο μπορούμε να θέσουμε στην περίπτωση στην οποία έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το άτομο πάσχει από τη νόσο. Στην οντολογία το ερώτημα τίθεται με την εξής μορφή:

<<MRIImageUrl> <<hasLesion some Brain\_Lesion\_T1\_Weightened>> AND <<hasLesion some InfratentorialLesions\_T1\_Gadolinium>> AND <<hasLesion some JuxtacorticalLesions\_T1\_Gadolinium>>, το οποίο αποκρίθηκε σε 1,005s και απάντησε <<Possible\_Patient\_Type7>>.

Τέλος μετρήθηκε ο χρόνος απόκρισης του πιο σύνθετου ερωτήματος που τίθεται στην παρούσα οντολογία, το οποίο απαντά στην πιθανότητα του ατόμου να αποτελεί ή να μην

αποτελεί πιθανό ασθενή. Το συμπέρασμα σε αυτό το ερώτημα εξάγεται μετά από τη συλλογιστική διαδικασία καθώς για να προκύψει, η κλάση <<Possible\_Patient>> ως τελικό αποτέλεσμα, είναι απαραίτητο να έχει προκύψει προηγουμένως μια υποκλάση της. Οι υποκλάσεις της αποτελούν τους τύπους <<Πιθανών Ασθενών>> και προκύπτουν με ισοδυναμίες. Για παράδειγμα στην παραπάνω περίπτωση ο<<Possible\_Patient\_Type7>> προκύπτει από τη μορφή <<Possible\_Patient\_Type7>>  $\equiv$  <<InfrantetorialPerson>> AND <<JuxtacorticalPerson>> AND <<OtherPerson>>. Το σύστημα ανταποκρίθηκε σε 1,35s και απάντησε <<Ναι>>.

# Κεφάλαιο 5: Επίλογος

## 5.1 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της διπλωματικής αναπτύχθηκε μια εφαρμογή η οποία αποθηκεύει MRI εικόνες οι οποίες απεικονίζουν βλάβες στα τμήματα του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού. Οι εικόνες αρχικά έχουν μορφή DICOM και όταν επιλεγθούν από τον ειδικευμένο ακτινολόγο μετατρέπονται σε jpeg μορφή ώστε να είναι εύκολα επεξεργάσιμες. Στο quiz οι εικόνες προβάλλονται χωρίς τις επισημάνσεις ώστε ο ειδικευόμενος ιατρός να είναι σε θέση να αναγνωρίσει τις βλάβες και να κρίνει εάν το άτομο πάσχει από ΠΣ. Οι επισημασμένες εικόνες, οι οποίες περιέχουν την πληροφορία για το αν η MRI εικόνα ανήκει σε άτομο που πάσχει από ΠΣ, προβάλλονται στον εκπαιδευόμενο ακτινολόγο μετά την ολοκλήρωση του quiz με σκοπό να του επισημανθεί η σωστή διάγνωση της εκάστοτε MRI εικόνας .

Η χρήση της τεχνολογίας του σημασιολογικού ιστού προσφέρει στο σύστημα τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Δυνατότητα επέκτασης της δομής της ιατρικής οντολογίας για τη χρήση της σε συστήματα εξαγωγής συμπερασμάτων. Οι αλλαγές στην εφαρμογή σε περίπτωση επέκτασης, είναι ελάχιστες σε αριθμό λόγω αξιοποίησης της τεχνολογίας του σημασιολογικού ιστού.
2. Ολοκληρωμένος και πλήρης έλεγχος της οντολογίας καθώς η μορφή της έχει περιγραφικό χαρακτήρα.
3. Ενσωμάτωση επιπλέον οντολογιών οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν ως λεξικογραφικοί θησαυροί για τη νόσο και θα προσφέρουν πιο λεπτομερή περιγραφή της ΠΣ.
4. Δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων με χρήση πιο σύνθετων ερωτημάτων στην ιατρική οντολογία.

Η διαδικτυακή εφαρμογή που δημιουργήθηκε κατάφερε επίσης να εκπληρώσει και επιπλέον στόχους :

1. Προσφορά γνώσης στους ειδικευόμενους ακτινολόγους μέσω των quizzes, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν μεγάλο αριθμό MRI εικόνων οι οποίες ανήκουν σε διαφορετικές περιπτώσεις ασθενών.
2. Η δυνατότητα αξιολόγησης των quizzes, οποία βοηθά στην αυτό-αξιολόγησή των χρηστών καθώς ενημερώνονται για το επίπεδο γνώσης τους με αποτέλεσμα την παρακίνησή τους για περεταίρω βελτίωση.
3. Ενσωμάτωση της βάσης γνώσης στο σύστημα και χρήση της από τον ειδικευόμενο και ειδικευμένο ιατρό μέσω ενός "φιλικού" διαδικτυακού περιβάλλοντος.

Η εφαρμογή στην παρούσα κατάσταση είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί από φοιτητές ιατρούς καθώς και ειδικευμένους ακτινολόγους και βασικός της στόχος είναι να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως από τους ειδικευόμενους ακτινολόγους και να προσφέρει στην επιμόρφωσή τους.

## 5.2 Επεκτάσεις συστήματος

Η εφαρμογή που δημιουργήθηκε έχει δυνατότητα ενσωμάτωσης άλλων οντολογιών καθώς και χρήσης άλλων τεχνολογιών οι οποίες θα της προσφέρουν νέες λειτουργικότητες.

Αρχικά η δομή της οντολογίας μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω προσφέροντας με αυτό το τρόπο τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σε πιο περίπλοκα ερωτήματα. Τα ερωτήματα αυτά θα ενσωματωθούν στο quiz και θα προσφέρουν μεγαλύτερη δυσκολία και εμπάθунση. Για παράδειγμα ο εντοπισμός των κριτηρίων McDonald που πληρούνται σε περίπτωση στην οποία είναι γνωστό ότι η MRI εικόνα ανήκει σε ασθενή.

Μια άλλη επέκταση θα ήταν η επιλογή πολλαπλής μεταφόρτωσης εικόνων DICOM καθώς οι εικόνες που λαμβάνονται κατά την εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας αποτελούν σύνολο διαδοχικών εικόνων για τον ίδιο εξεταζόμενο. Με την πολλαπλή μεταφόρτωση θα παρέχονταν στον ειδικευόμενο μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για τον πιθανό ασθενή καθώς σε μια MRI εικόνα η βλάβη μπορεί να μην είναι ορατή και να θεωρηθεί εσφαλμένα το άτομο υγιές.

Επίσης μια επιπλέον επέκταση του παραπάνω θα ήταν να παρέχεται και το ιστορικό εξετάσεων προηγούμενων μαγνητικών τομογραφιών ενός ατόμου ώστε να είναι σε θέση ο εκπαιδευόμενος ακτινολόγος να παρατηρεί την εξέλιξη των βλαβών του ασθενούς στο χρόνο. Συγκεκριμένα θα ήταν σε θέση να παρατηρήσει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί για την εμφάνιση νέων εστιών, το πλήθος των νέων ή παλιότερων βλαβών κ.α. Η επέκταση αυτή θα προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη γνώση για την ασθένεια και τη συμπεριφορά της στο χρόνο λαμβάνοντας υπό όψιν διάφορους παράγοντες όπως ηλικία, φύλο κ.α.

Τέλος, η εξαγωγή γραφημάτων με τις αποδόσεις του ειδικευόμενου θα ήταν μια σημαντική επέκταση. Τα στατιστικά δεδομένα θα παρείχαν εμπλουτισμό στην εφαρμογή και θα προσέφεραν στον ειδικευόμενο πλήρη ενημέρωση για τις επιδόσεις του σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Επίσης είναι δυνατό να παράγονται και γραφήματα με τις επιδόσεις όλων των εκπαιδευόμενων που εκτελούν τα quizzes έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στον υπεύθυνο ακτινολόγο να ενημερωθεί για την πορεία των ειδικευόμενων ακτινολόγων.

## Βιβλιογραφία

- [1] E. Ammenwerth, S. Gräber, G. Herrmann, T. Bürkle, and J. König, "Evaluation of health information systems—problems and challenges," *International journal of medical informatics*, vol. 71, pp. 125-135, 2003.
- [2] Σ. Βενέτη, "Τεχνικές μέτρησης χρόνων μαγνητικής αποκατάστασης (T1, T2, T2\*) με χρήση ομοιωμάτων προσομοίωσης ανθρωπίνων ιστών", M.A thesis, University of Patra, Patra, 2014.
- [3] M. Arenas and J. Pérez, "Querying semantic web data with SPARQL," in *Proceedings of the thirtieth ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems*, 2011, pp. 305-316.
- [4] D. L. Arnold and P. Matthews, "MRI in the diagnosis and management of multiple sclerosis," *Neurology*, vol. 58, pp. S23-S31, 2002.
- [5] F. Barkhof, M. Filippi, D. H. Miller, P. Scheltens, A. Campi, C. H. Polman, *et al.*, "Comparison of MRI criteria at first presentation to predict conversion to clinically definite multiple sclerosis," *Brain*, vol. 120, pp. 2059-2069, 1997.
- [6] E. L. Boulpaep, W. F. Boron, M. J. Caplan, L. Cantley, P. Igarashi, P. S. Aronson, *et al.*, "Medical Physiology a Cellular and Molecular Approach," *Signal Transduction*, vol. 48, pp. 325-353, 2009.
- [7] M. Van Walderveen, W. Kamphorst, P. Scheltens, J. Van Waesberghe, R. Ravid, J. Valk, *et al.*, "Histopathologic correlate of hypointense lesions on T1-weighted spin-echo MRI in multiple sclerosis," *Neurology*, vol. 50, pp. 1282-1288, 1998.
- [8] H. G. Burkitt, B. Young, and J. Hath, "Wheater'Functional Histology" *A txt and colour atlas*, Ed. Hong Kong: Longmann Group, 1993, pp. 177-218.
- [9] E. Coiera, "Clinical decision support systems," *Guide to health informatics*, vol. 2, 2003.
- [10] M. A. van Walderveen, L. Truyen, B. W. van Oosten, J. A. Castelijns, G. J. L. à Nijeholt, J. H. T. van Waesberghe, *et al.*, "Development of hypointense lesions on T1-weighted spin-echo magnetic resonance images in multiple sclerosis: relation to inflammatory activity," *Archives of neurology*, vol. 56, pp. 345-351, 1999.
- [11] M. Dean, G. Schreiber, S. Bechhofer, F. van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, *et al.*, "OWL web ontology language reference," *W3C Recommendation February*, vol. 10, 2004.
- [12] S. Decker, S. Melnik, F. Van Harmelen, D. Fensel, M. Klein, J. Broekstra, *et al.*, "The semantic web: The roles of XML and RDF," *IEEE Internet computing*, vol. 4, pp. 63-73, 2000.
- [13] N. E. Dirubbo, "Cecil Essentials of Medicine," *The Nurse Practitioner*, vol. 27, p. 38, 2002.
- [14] K. Doi, "Computer-aided diagnosis in medical imaging: historical review, current status and future potential," *Computerized medical imaging and graphics*, vol. 31, pp. 198-211, 2007.
- [15] K. Doi, "Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging," *The British journal of radiology*, 2014.
- [16] A. Gafson, G. Giovannoni, and C. H. Hawkes, "The diagnostic criteria for multiple sclerosis: From Charcot to McDonald," *Multiple sclerosis and related disorders*, vol. 1, pp. 9-14, 2012.
- [17] T. Lippeveld, R. Sauerborn, and C. Bodart, *Design and implementation of health information systems*: World Health Organization, 2000.
- [18] Μ. Λεβεντοπούλου, "Συστήματα της Πληροφορικής σε θέματα Υγείας", B.A thesis, University of Patras, Patra, 2012.

- [19] R. Haux, "Health information systems—past, present, future," *International journal of medical informatics*, vol. 75, pp. 268-281, 2006.
- [20] V. D. Koliaas, J. Stoitsis, S. Golemati, and K. S. Nikita, "Utilizing Semantic Web Technologies in Healthcare," in *Concepts and Trends in Healthcare Information Systems*, 2014, pp. 9-19.
- [21] M. Q. Stearns, C. Price, K. A. Spackman, and A. Y. Wang, "SNOMED clinical terms: overview of the development process and project status," in *Proceedings of the AMIA Symposium*, 2001, p. 662.
- [22] C. P. Langlotz, "RadLex: a new method for indexing online educational materials 1," *Radiographics*, vol. 26, pp. 1595-1597, 2006.
- [23] L. Lezcano, M.-A. Sicilia, and C. Rodríguez-Solano, "Integrating reasoning and clinical archetypes using OWL ontologies and SWRL rules," *Journal of biomedical informatics*, vol. 44, pp. 343-353, 2011.
- [24] C. Welty, D. L. McGuinness, and M. K. Smith, "Owl web ontology language guide," *W3C recommendation, W3C (February 2004)* <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210>, 2004.
- [25] C. E. Lipscomb, "Medical subject headings (MeSH)," *Bulletin of the Medical Library Association*, vol. 88, p. 265, 2000.
- [26] B. van Ginneken, C. M. Schaefer-Prokop, and M. Prokop, "Computer-aided diagnosis: how to move from the laboratory to the clinic," *Radiology*, vol. 261, pp. 719-732, 2011.
- [27] W. I. McDonald, A. Compston, G. Edan, D. Goodkin, H. P. Hartung, F. D. Lublin, *et al.*, "Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines from the International Panel on the diagnosis of multiple sclerosis," *Annals of neurology*, vol. 50, pp. 121-127, 2001.
- [28] J. L. Mejino Jr and C. Rosse, "Symbolic modeling of structural relationships in the Foundational Model of Anatomy," in *In Proceedings of the KR 2004 Workshop on Formal Biomedical Knowledge Representation*, 2004.
- [29] M. Mitchell, *An introduction to genetic algorithms*: MIT press, 1998.
- [30] M. K. G. Stamou, G. S. I. Horrocks, P. K. G. Lausen, and G. Weikum, "Reasoning Web," 2014.
- [31] S. J. Nelson, W. D. Johnston, and B. L. Humphreys, "Relationships in medical subject headings (MeSH)," in *Relationships in the Organization of Knowledge*, Ed. Netherlands: Springer, 2001, pp. 171-184.
- [32] W. H. Organization, *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: diagnostic criteria for research*: W. H. Organization, 1993.
- [33] J. G. Ozbolt and S. Bakken, "Patient-care systems," in *Biomedical Informatics*, 2006, pp. 564-584.
- [34] C. H. Polman, S. C. Reingold, G. Edan, M. Filippi, H. P. Hartung, L. Kappos, *et al.*, "Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2005 revisions to the "McDonald Criteria"," *Annals of neurology*, vol. 58, pp. 840-846, 2005.
- [35] A. Kiryakov, D. Ognyanov, and D. Manov, "OWLIM—a pragmatic semantic repository for OWL," in *International Conference on Web Information Systems Engineering*, 2005, pp. 182-192.
- [36] W. Raghupathi, "Health care information systems," *Communications of the ACM*, vol. 40, pp. 80-83, 1997.
- [37] C. Rosse and J. L. Mejino Jr, "A reference ontology for biomedical informatics: the Foundational Model of Anatomy," *Journal of biomedical informatics*, vol. 36, pp. 478-500, 2003.
- [38] E. Rubin, *Essential pathology*: Lippincott Williams & Wilkins, 2001, p. 102, pp.27-35.
- [39] E. S. Berner, *Clinical decision support systems*: Springer, 2007.

- [40] J. L. Mejino Jr, D. L. Rubin, and J. F. Brinkley, "FMA-RadLex: An application ontology of radiological anatomy derived from the foundational model of anatomy reference ontology," in *AMIA*, 2008.
- [41] G. Antoniou and F. Van Harmelen, *A semantic web primer*: MIT press, 2004.
- [42] S. G. Mougiakakou, C. Bartsocas, E. Bozas, N. Chaniotaki, D. Iliopoulou, I. Kouris, S. Pavlopoulos, A. Prountzou, M. Skevofylakas, A. Tsoukalis, K. Varotsis, A. Vazeou, K. Zarkogianni, K. S. Nikita, "SMARTDIAB: A Communication and Information Technology Approach for the Intelligent Monitoring, Management and Follow-up of Type 1 Diabetes Patients", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Special Issue: New and Emerging Trends in Bioinformatics and Bioengineering, 14(3), pp.622-633, 2010.
- [43] K. Zarkogianni, K. Mitsis, E.Litsa, M.T. Arredondo, G. Fico, A.Fioravanti, and K.S. Nikita, "Comparative assessment for glucose prediction models for Patients with Type 1 Diabetes Mellitus applying sensors for glucose and physical activity monitoring", *Journal of Medical & Biological Engineering & Computing, Special Issue on Emerging Technologies for Diabetes Management*, vol. 53, no. 12, pp. 1333-1343, 2015.
- [44] G Gastouniotti, S. Makrodimitris, S. Golemati, N. Kadoglou, C.D. Liapis, K.S. Nikita, "A novel computerized tool to stratify risk in carotid atherosclerosis using kinematic features of the arterial wall", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 19, no. 3, pp. 1137-1145, May 2015.
- [45] S. G. Mougiakakou, I. K. Valavanis, A. Nikita and K. S. Nikita, "Differential diagnosis of CT focal liver lesions using texture features, feature selection and ensemble driven classifiers", *Artificial Intelligence in Medicine, Artificial Intelligence in Medicine* , vol. 41, iss. 1, pp. 25-37, pp. 25-37, 2007.
- [46] S.G. Mougiakakou, I.K. Valavanis, N.A. Mouravliansky, A. Nikita, K.S. Nikita, "DIAGNOSIS: A telematics-enabled system for medical image archiving, management, and diagnosis assistance," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 58(7), pp. 2113-2120, 2009.
- [47] G. Giannakopoulou, G. M. Spyrou, A. Antaraki, I. Andreadis, D. Koulocheri, F. Zagouri, A. Nonni, G. M. Filippakis, K. S. Nikita, P. A. Ligomenides and G. C. Zografos, "Downgrading BIRADS 3 to BIRADS 2 category using a computer-aided microcalcification analysis and risk assessment system for early breast cancer", *Computers in Biology and Medicine*, doi. 10.1016, 2010.
- [48] K. Zarkogianni, A. Vazeou, S.G. Mougiakakou, A. Prountzou, K.S. Nikita, "An insulin infusion advisory system based on autotuning nonlinear model-predictive control", *IEEE Trans Biomed Eng.*, 58 (9), pp. 2467-77, 2011.
- [49] I.I. Andreadis, G.M. Spyrou, K.S. Nikita, "A CADx Scheme for Mammography Empowered with Topological Information from Clustered Microcalcifications` Atlases", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol 19, no. 1, pp. 166-173, July 2014.

