

Σημαιολογικός Ιστός & Υπηρεσίες Ιατρικής Πληροφόρησης: εισαγωγή στη νέα πραγματικότητα

Άρτεμις Χαλεπλιόγλου - Υπεύθυνη του Τμήματος Βιβλιοθήκης & Εκδόσεων του Ιδρύματος Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών, Εκπρόσωπος της Ελλάδας στο Συμβούλιο της Ευρωπαϊκή Ένωση Ιατρικών Βιβλιοθηκών (EAHIL) & Υπ. Διδάκτωρ του Ιονίου Πανεπιστημίου.

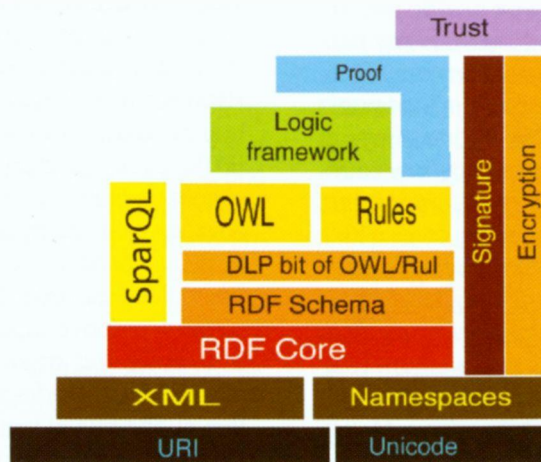
Εισαγωγή στη νέα πραγματικότητα

Η γνωστότερη, ίσως, από τις «υπηρεσίες» ή τις «νέες πραγματικότητες» που δημιουργήσε (ή έστω που δημιούργησε τις προϋποθέσεις για να αναπτυχθεί) ως υποδομή και τεχνολογία το Διαδίκτυο, είναι εκείνη του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web, www). Το Web, ως τεχνολογία, μορφή και λογική προσέγγιση των ψηφιακών πληροφοριακών πόρων του Διαδικτύου εμφανίστηκε από τη δεκαετία του '90 και η λογική και τεχνική στην οποία βασίζεται είναι το «υπερκειμένο» (hypertext). Το επαναστατικό στοιχείο που επέφερε το υπερκειμένο είναι ουσιαστικά η κατάργηση της «γραμμικότητας». Με τον όρο «γραμμικότητα» εννοούμε την συγκεκριμένη και παγιωμένη διαδοχή των εννοημάτων του γραπτού λόγου. Αντίθετα, η τεχνική του υπερκειμένου επιδιώκει να υπερβεί αυτή τη σταθερότητα του συμβατικού κειμένου, υιοθετώντας τη δυνατότητα μεταβάσεων από το ένα σημείο του κειμένου σε κάποιο άλλο. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκε μια καινοτόμος μέθοδος οργάνωσης και παρουσίασης των πληροφοριών, αλλά και πλοήγησης των χρηστών στο πληροφοριακό περιεχόμενο του Παγκόσμιου Ιστού.

Μία δεκαετία, περίπου, μετά και καθώς η τεχνολογία και η έρευνα εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς σε όλους του τομείς του επιστητού, και η τεχνολογία του Παγκόσμιου Ιστού τείνει να κάνει βήματα εμπρός. Το σημείο που δίνει εφιαλτήριο για έρευνα στους μελετητές των Τεχνολογιών της Πληροφόρησης και της Πληροφορικής είναι το γεγονός ότι το περιεχόμενο του Παγκόσμιου Ιστού είναι σχεδιασμένο με τρόπο που είναι, βέβαια, κατανοητός στους ανθρώπους, όχι, όμως, και στα προγράμματα των υπολογιστών. Οι υπολογιστές, δηλαδή, δε διαθέτουν ακόμα την δυνατότητα κατανόησης της σημασιολογίας του περιεχομένου μιας ιστοσελίδας.

Στόχος, λοιπόν, της νέας τεχνολογίας του Σημαιολογικού Ιστού (Semantic Web), όπως ονομάζεται, είναι να δομήσει το νοηματικό περιεχόμενο των ιστοσελίδων, με τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, όπου πράκτορες λογισμικού (agents) γυρίζοντας από σελίδα σε σελίδα θα φέρουν εις πέρας περίπλοκα αιτήματα διαβάζοντας, και κυρίως κατανώντας το περιεχόμενο των όσων διαβάζουν.

Ο Σημαιολογικός Ιστός δεν αποτελεί σε καμιά περίπτωση έναν ξεχωριστό Ιστό, αλλά μια «επέκταση» του υπάρχοντος, στον οποίο η πληροφορία έχει σαφώς καθορισμένο νόημα, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο την συνεργασία ανάμεσα στον άνθρωπο και τον υπολογιστή. Ήδη, τα πρώτα στάδια «ύφανσης» του Σημαιολογικού Ιστού στην δομή του υπάρχοντος, βρίσκονται σε εξέλιξη. Στο εγγύς μέλλον, οι εξελίξεις αυτές θα αποτελέσουν την απαρχή μιας σημαντικά καινοτόμου λειτουργίας, αφού οι μηχανές θα γίνουν πολύ ικανότερες ως προς την επεξεργασία και «κατανόηση» των δεδομένων, τα οποία μερικώς παρουσίαζαν ως σήμερα. Ουσιαστικά, η επιτυχία του Παγκόσμιου Ιστού είναι η καθολικότητα, αφού όπως προείπαμε η «δύναμη» ενός υπερσυνδέσμου είναι ότι «τα πάντα μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους».



Εικόνα 1. Η «πυραμίδα» του Σημαιολογικού Ιστού

Για τον βιβλιοθηκονόμο του 21ου αιώνα, και ειδικότερα για τον ιατρικό βιβλιοθηκονόμο, οι βασικές έννοιες της τεχνολογίας του Σημαιολογικού Ιστού, αποτελούν αναγκαία γνώση για την προσαρμογή στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον. Μια σειρά από εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για την ιατροβιολογική πληροφορία αποτελούν χρήσιμα εργαλεία στα χέρια του βιβλιοθηκονόμου για την χρήση του Σημαιολογικού Ιστού, χωρίς να καθίσταται απαραίτητη η ενδεδειγμένη γνώση των επιμέρους θεωριών και τεχνολογιών, στις οποίες βασίζεται. Σε κάθε περίπτωση, ο ρόλος του βιβλιοθηκονόμου στη διαμόρφωση του νέου πληροφοριακού περιβάλλοντος καθίσταται αναγκαίος.

Στόχος του παρόντος άρθρου αποτελεί η εισαγωγική παρουσίαση της τεχνολογίας του Σημαιολογικού Ιστού, περισσότερο από πλευράς φιλοσοφίας και ανάγκης που οδήγησε σε αυτόν και λιγότερο από πλευράς λεπτομερούς παράθεσης τεχνολογικών παραμέτρων. Σύμφωνα με την άποψη της συγγραφέως, η παρουσίαση πραγματικών εφαρμογών και υλοποιήσεων που αναπτύχθηκαν - ανεξάρτητα από το αν απέτυχαν ή εξελίσσονται επιτυχώς -, αποτελεί ενίοτε την καλύτερη απόδειξη προόδου της επιστήμης και σίγουρα παρουσιάζει τη θεωρία μέσα από το αποτέλεσμα. Τέλος, όπως καταδεικνύει και ο τίτλος της εργασίας, οι εφαρμογές που θα παρουσιαστούν προέρχονται από τον χώρο των ιατροβιολογικών επιστημών.

Η Τεχνολογία του Σημαιολογικού Ιστού

Η δομή του Παγκόσμιου Ιστού, όπως διαμορφώνεται σήμερα, στοχεύει στη χρήση του από τον τελικό χρήστη και περιλαμβάνει την αναζήτηση και άντληση της πληροφορίας μέσω των μηχανών αναζήτησης. Η τεχνολογία των σημερινών μηχανών αναζήτησης δεν έχει τροποποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τη στιγμή που το περιεχόμενο του διαδικτύου αυξάνεται συνεχώς, ξεπερνώντας σε τεχνολογικό τους επίπεδο. Σε αυτό το σημείο στοχεύει να συμβάλει ο Σημαιολογικός Ιστός, με να προσπαθήσει να εκφράσει το νόημα των δεδομένων, τις ιδιότητες των αντικειμένων και τις περίπλοκες συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ τους, μέσω μιας σειράς από τυπικούς κανόνες, οι οποίοι μπορούν να κάνουν την πληροφορία προσβάσιμη στις μηχανές αναζήτησης. Προκειμένου να καταστεί δυνατό κάτι τέτοιο η πληροφορία πρέπει να αναπαρασταθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε οι αναζητήσεις να βασίζονται στο νόημα και όχι την ταύτιση των λέξεων ή γενικότερα των δεδομένων μέσα από την σημασιολογία. Γλώσσες, κωδικοποίησης, όπως η XML (Extensible Markup Language) και τα παράγωγα αυτής, προσεγγίζουν αυτό το στόχο, όμως περιορισμένα. Στην XML τα δεδομένα αποκτούν ιδιότητες που εκφράζουν τα χαρακτηριστικά τους και επιτρέπουν την ανάλυσή τους με τρόπο σημασιολογικό. Το βάθος της σημασιολογίας επιτρέπει λιγότερες ή περισσότερες συσχετίσεις. Με αυτό τον τρόπο η γλώσσα XML είναι επαρκής για πολλές εφαρμογές, όπου οι δομές είναι σχετικά απλές και η επιβολή ενός αυστηρού συντακτικού ή σχηματοποίησης είναι εφικτή.

Το πλέον οικείο παράδειγμα για τον ιατρικό βιβλιοθηκονόμο αποτελεί το PubMed και οι εγγραφές του σε

XML μορφή. Βέβαια, είναι δεδομένο ότι αν δεν γίνει πλήρως σεβαστή η συντακτική δομή της XML, όπως έχει οριστεί από την Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικής των ΗΠΑ (National Library of Medicine, NLM), τότε ο κώδικας δεν τεκμηριώνεται. Η προσέγγιση του Σημαιολογικού Ιστού είναι η προσθήκη μιας ακόμη βαθμίδας ανάλυσης πέρα από την τυπική XML, μιας βαθμίδας που προσθέτει περισσότερο νόημα στην κωδικοποιημένη πληροφορία.

Αυτό το επιπλέον συστατικό στοιχείο εκφράζεται από τυποποιημένα πρότυπα, όπως το Resource Description Framework (RDF), το RDF Schema (RDFS) και η οντολογική γλώσσα του Παγκόσμιου Ιστού (Web Ontology Language, OWL). Είναι σημαντικό να αναγνωρίζουμε ότι ο Σημαιολογικός Ιστός αποτελεί συνέχεια σαν του υπάρχοντος Παγκόσμιου Ιστού και όχι υποκατάστατο αυτού, που σημαίνει ότι παλαιές και νέες τεχνολογίες συνυπάρχουν και αλληλοσυμπληρώνονται.

Εφαρμογές του Σημαιολογικού Ιστού στις Ιατροβιολογικές Επιστήμες

Η φύση του Σημαιολογικού Ιστού καθιστά δύσκολη, τουλάχιστον για την ώρα, την περιγραφή του. Οι εφαρμογές που υλοποιούνται βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο. Ωστόσο, όσον αφορά στις Επιστήμες της Υγείας έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές προσπάθειες, κάποιες από τις οποίες παρουσιάζουμε παρακάτω:

- ▶ Το UMLS (Unified Medical Language System) [<http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>]. Έχει αναπτυχθεί από την Εθνική Ιατρική Βιβλιοθήκη των ΗΠΑ και συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο αριθμό πηγών για τις ιατροβιολογικές επιστήμες. Περιλαμβάνει: 1. Μετα-θησαυρό (Metathesaurus), 2. Σημαιολογικό Δίκτυο (Semantic Network), 3. Εξειδικευμένο Λεξικό (Specialist Lexicon) και 4. Λεξικολογικά προγράμματα (Lexical programs). Βρίσκεται πολύ κοντά στη λογική των οντολογιών, κυρίως λόγω του Σημαιολογικού Δικτύου. Το UMLS συνεχώς αναπτύσσεται και η έρευνα σχετικά με την κάλυψη, οργάνωση και συμβατότητα ολόκληρου του επιστημονικού πεδίου που περιγράφει με άλλες οντολογίες συνεχίζεται. Το UMLS διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη άλλων προϊόντων και υπηρεσιών, μεταξύ αυτών και το SKR (Semantic Knowledge Representation- Παρουσίαση Σημαιολογικής Γνώσης), που στοχεύει στην ανάπτυξη προγραμμάτων, τα οποία θα παρέχουν χρήσιμη σημασιολογική παρουσίαση του ελεύθερα διαθέσιμου ιατροβιολογικού κειμένου, «χτίζοντάς» το με βάση τις διαθέσιμες πηγές της βιβλιοθήκης μια δεδομένη στιγμή. Το Ευρετήριο Ιατρικού Κειμένου (Medical Text Indexer), έχει αναπτυχθεί σαν μέρος αυτού του προγράμματος για την πρόταση εισαγωγής νέων όρων στις Ιατρικές Θεματικές Επικεφαλίδες (Medical Subject Headings, MeSH), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν (και ήδη χρησιμοποιούνται από την NLM από το 2002) για την ημι-αυτοματοποιημένη και πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία ευρετηρίασης.
- ▶ GALEN (Generalised Architecture for Languages, Encyclopaedias and Nomenclatures in Medicine) [<http://www.opengalen.org/>]. Η «γενικευμένη αρχιτεκτονική για γλώσσες, εγκυκλοπαίδειες και ονοματο-

λογίες στην ιατρική» αποτελεί πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με σκοπό την παροχή εννοιολογικών πηγών για συστήματα κλινικής ιατρικής. Δε βασίζεται σε υπάρχοντες θησαυρούς ή ταξονομίες, οπότε και η μορφοποίησή του ήταν δυνατή να γίνει από την αρχή και οι όροι να συντονιστούν κατά την εισαγωγή τους στο σύστημα. Ουσιαστικά, το GALEN προσπαθεί να διευκολύνει την κατασκευή χρήσιμων και εύχρηστων κλινικών εφαρμογών, για την υποστήριξη του γιατρού σε καθημερινή βάση. Η κλινική ορολογία (clinical terminology), το GALEN Common Reference Model (μοντέλο κοινής αναφοράς), όπως ονομάζεται, στοχεύει στην αναπαράσταση μόνο σαφώς καθορισμένων και αντιληπτών ιατρικών εννοιών και κατηγοριών που είναι δυνατό να ταξινομηθούν αυτόματα. Χρησιμοποιεί, ακόμη, τα υπάρχοντα συστήματα κωδικοποίησης και ταξινόμησης, όπως και την φυσική γλώσσα για τις τεχνικές λογικής επεξεργασίας. Υποστηρίζει δε μεγάλο αριθμό γλωσσών, όπως αγγλικά, γαλλικά, ιταλικά, ολλανδικά, γερμανικά, φινλανδικά και σουηδικά.

- *HealthCyberMap* [<http://healthcybermap.semanticweb.org/>]. Στοχεύει στη χαρτογράφηση επιλεγμένων πηγών ιατρικής πληροφορίας επιδιώκοντας τη βελτίωση της αναζήτησης και πλοήγησης σε αυτές. Χρησιμοποιεί δε Dublin Core και όρους του UMLS.
- *LinkBase* [<http://landglobal.com/article.php?story=LinkBase>]. Σύμφωνα με τους σχεδιαστές της αποτελεί τη μεγαλύτερη μορφοποιημένη ιατρική οντολογία του κόσμου, δηλαδή μια εννοιολογικά κατανοητή από τη μηχανή απεικόνιση της ιατρικής. Μέχρι σήμερα αναπτύσσεται και συντηρείται από την ομάδα «Language and Computing» και αποτελεί εμπορικό προϊόν, έπειτα από εκτεταμένη έρευνα χρηματοδοτημένη από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η LinkBase περιέχει περισσότερα από ένα εκατομμύριο ανεξάρτητες ιατρικές και γενικού σκοπού έννοιες. Οι ιατρικές έννοιες είναι συνδεδεμένες με τρία εκατομμύρια όρους σε διάφορες γλώσσες (αγγλικά, γαλλικά, ισπανικά, κ.λ.π.) και συνδέονται μεταξύ τους σε ένα σημασιολογικό δίκτυο, χρησιμοποιώντας περίπου 450 διαφορετικούς τύπους σύνδεσης για την έκφραση μορφοποιημένων συσχετίσεων. Οι DataBank, Healthgate, και WebMD αποτελούν τους πρώτους πελάτες της.
- *National Cancer Institute Thesaurus and Ontology* [<http://www.mindswap.org/2003/CancerOntology/>]. Η οντολογία περιλαμβάνει όρους που έχουν παραχθεί από το Εθνικό Ινστιτούτο κατά του Καρκίνου των ΗΠΑ (National Cancer Institute, NCI). Βασίζεται στον Μετα-θησαυρό της UMLS και αυτή τη στιγμή η έρευνα επικεντρώνεται στη μετατροπή του θησαυρού του NCI σε OWL-Lite.
- *MedCIRCLE* [<http://www.medcircle.org>]. Αποτελεί συνεργασία των Ευρωπαϊκών θεματικών πυλών με ιατρικό περιεχόμενο και αποσκοπεί στην ανάπτυξη υπηρεσιών αξιολόγησης της ιατρικής πληροφορίας στο Διαδίκτυο, υπό τη διεύθυνση του προγράμματος MedCERTAIN. Τα δύο αυτά προγράμματα τα MedCIRCLE και MedCERTAIN είναι αλληλένδετα και στοχεύουν στην παροχή έγκαιρης και έγκυρης ιατρικής πληροφορίας με τη χρήση τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού.

Βασίζεται στο HIDDEL - Health Information Disclosure, Description and Evaluation Language, που επιτρέπει την περιγραφή της ιατρικής πληροφορίας με όρους ποιότητας και εμπιστοσύνης. Βασίζεται στο UMLS. Οι σημασιολογικοί συσχετισμοί χρησιμοποιούνται για την αυτόματη μετάφραση αναζητήσεων που μπορούν να γίνουν στις γνωστές βάσεις δεδομένων PubMed, Health on the Net (HON), CISMef, ή άλλες καλά πιστοποιημένες πηγές.

Ο ρόλος των Βιβλιοθηκονόμων & Επιστημόνων της Πληροφόρησης

Ελεγχόμενα λεξιλόγια, ταξονομίες, συστήματα ευρετηρίασης, ανάκτησης της πληροφορίας, ποιοτικός έλεγχος θεματικών πυλών, μεταδεδομένα, και διαχείριση γνώσης αποτελούν συνιστώσες τόσο της επιστημονικής κατάρτισης όσο και της επαγγελματικής πρακτικής του βιβλιοθηκονόμου και επιστήμονα της πληροφορίας.

Είναι σαφές ότι οι βιβλιοθηκονόμοι μπορούν να συνεισφέρουν ποικιλοτρόπως στη μετατροπή των τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού από θεωρία σε πράξη, αναπτύσσοντας ή προωθώντας σχετικές υπηρεσίες. Άλλωστε, από τη στιγμή που οι ψηφιακές βιβλιοθήκες τείνουν να αντικαταστήσουν (ή τουλάχιστον να συνυπάρχουν) με τις παραδοσιακές, τόσο οι υπηρεσίες όσο και οι λειτουργίες που προσφέρει μία βιβλιοθήκη στο κοινό της, υπόκεινται σε ανάλογη εξέλιξη και αναπροσαρμογή.

Ιδιαίτερα, οι Επιστήμες της Υγείας, όπως είναι η ιατρική, η φαρμακευτική βιολογία, σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες αιχμής δημιουργούν νέους επιστημονικούς κλάδους με αυξημένες πληροφοριακές ανάγκες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η βιοπληροφορική, η βιολογία συστημάτων, η φαρμακογενετική, η τηλεϊατρική, η ρομποτική χειρουργική κλπ., όλα επιστημονικά πεδία που παράγουν και καλούνται να διαχειριστούν τεράστιο όγκο πληροφορίας. Σε αυτό το σημείο, μπορούν να βρουν αρωγό τους ιατρικούς βιβλιοθηκονόμους, οι οποίοι α) είναι εξοικειωμένοι με την έννοια των μεταδεδομένων και προτύπων περιγραφής της πληροφορίας, β) γνωρίζουν πώς να δημιουργήσουν πληροφοριακά εργαλεία, είτε αυτά ονομάζονται θησαυροί είτε οντολογίες, γ) εκπαιδεύονται στην οργάνωση και διαχείριση της γνώσης, ανεξάρτητα από τη μορφή και το είδος της και δ) η αναζήτηση και ανάκτηση της πληροφορίας από διαφορετικές πηγές αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς τους.

Είναι, λοιπόν, αναμενόμενο πως η ιατρική βιβλιοθηκονομική κοινότητα σε συνεργασία με τους λοιπούς επιστημονικούς κλάδους που εμπλέκονται στην ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού, θα ωφεληθούν αμφίδρομα από διαφορετικές γνώσεις και εμπειρίες.

Ο Σημασιολογικός Ιστός παρέχει οπωσδήποτε νέους τρόπους αναπαράστασης και ανάκτησης της πληροφορίας, με μεθόδους βασισμένες στην τυπική τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence), γεγονός που εξασφαλίζει ότι η πληροφορία έχει λογική συνέπεια και αποκτά νόημα και για τις μηχανές.

Ως εκ τούτου, ο ρόλος του ιατρικού βιβλιοθηκονόμου σε αυτή τη διαδικασία όχι μόνο δεν θα συρρικνωθεί, αλ-

λά θα ενισχυθεί.

Η ανάπτυξη οντολογιών και ιατρικών ταξονομιών δε δύναται, κατά τη γνώμη της συγγραφέως, να οδηγήσει σε χρήσιμη και πρακτική εφαρμογή, χωρίς την συνεισφορά του βιβλιοθηκονόμου.

Σε κάθε περίπτωση, οι επιστημονικές και τεχνολογικές προκλήσεις που χρίζουν επίλυσης είναι ακόμα πολλές και απαιτεί χρόνο και έρευνα προτού οι σύγχρονες τεχνικές εφαρμοστούν και ενσωματωθούν στην καθημερινή λειτουργία μιας βιβλιοθήκης Επιστημών Υγείας.

Βιβλιογραφία

Berners-Lee T, Hendler J, and Lassila O. *The Semantic Web. a new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities.* *Scientific American* [serial online]. 2001 May 17; 284(5).

Palmer SB. *Does it work? What Semantic Web applications are there?* In: Palmer SB, ed. *The Semantic Web: an introduction.* [Web document]. 2001-09.

[18 Feb 2009]. <<http://infomesh.net/2001/swintro/>>. Lorence DP, Spink A. *Semantics and the medical Web: a review of the barriers and breakthroughs in effective healthcare query.* *Health Info Libr J.* 2004. Jun; 21:(2):109-16.

Nelson JS. *MeSH, UMLS, and the Semantic Web.* [Web document]. [18 Feb 2009]. <<http://www.nlm.nih.gov/mesh/presentations/taiwan2001/semanticweb/index.htm>>.

National Library of Medicine. *Semantic knowledge representation project.* [Web document]. *The Library.* [18 Feb 2009]. <<http://skr.nlm.nih.gov>>.

Aronson AR, Mork JG, Gay CW, Humphrey SM, and Rogers WJ. *The NLM indexing initiative's medical text indexer.* [Web document]. In: Fieschi M, Cuiera E, Y-CJ Li, eds. *MEDINFO 2004: proceedings of the 11th World Congress on Medical Informatics.* Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, 2004. [18 Feb 2009].

<<http://cmbi.bjmu.edu.cn/news/report/2004/medinfo2004/pdf/papers/5122Aronson.pdf>>.

Rector AL, Rogers JE, and Pole P. *The GALEN high level ontology.* [Web document]. In: *Fourteenth International Congress of the European Federation for Medical Informatics, MIE-96; Copenhagen, Denmark; 1996.* [rev. 24 Mar 2005; cited 25 Apr 2005]. <<http://www.opengalen.org/>>.

Boulos MN. *A first look at HealthCyberMap medical semantic subject search engine.* *Technol Health Care.* 2004;12(1):33-41.

Berners-Lee T, Hendler J. *Scientific publishing on the Semantic Web.* *Nature* [serial online]. 2001 Apr;26:410(6832): 1023-4. [18 Feb 2009]. <<http://www.nature.com/nature/debates/e-access/Articles/bernerslee.htm>>.

Mayer MA, Darmoni SJ, Fiene M, Kohler C, Roth-Berghofer TR, Eysenbach G.. *MedCIRCLE: collaboration for Internet rating, certification, labelling and evaluation of health information on the World-Wide-Web.* *Stud Health Technol Inform.* 2003;95:667-72.

Robu I., Robu V., Thirion B., *An introduction to the Semantic Web for health sciences librarians.* *J Med Libr Assoc.* 2006 April; 94(2): 198-205.