

Κεφάλαιο 29

Σημασιολογικό Διαδίκτυο

"The Semantic Web is an extension of the current web in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation."

[Berners-Lee, et al., 2001]

Τεχνητή Νοημοσύνη - Β' Έκδοση

Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου



Σημασιολογικό Διαδίκτυο - Σημασιολογικός Ιστός

Semantic Web

- ❖ Παγκόσμια προσπάθεια αυτόματης ενοποίησης συστημάτων για διαλειτουργικότητα
- ❖ Ο Tim Berners-Lee, που επινόησε το WWW το 1989, είχε το όραμα ενός ιστού δεδομένων αυτόματα επεξεργάσιμων από τις εφαρμογές, βάσει του νοήματος και όχι της μορφής της πληροφορίας
- ❖ Τα περιεχόμενα του διαδικτύου μετατοπίζονται από το *ελεύθερο κείμενο* (κατανοητό μόνο από τον άνθρωπο) προς ημιδομημένη-πλήρως δομημένη πληροφορία (αυτόματα κατανοητή από εφαρμογές)
 - ❑ Π.χ. διαδικτυακές υπηρεσίες, ευφυείς πράκτορες
- ❖ Το διαδίκτυο πρέπει να επιτρέπει σε αυτοματοποιημένα εργαλεία (πράκτορες) να διαμοιράζονται και να επεξεργάζονται πληροφορίες και δεδομένα για λογαριασμό των ανθρώπων-χρηστών τους.



Το Όραμα του Σημασιολογικού Διαδικτύου

- ❖ Το ΣΔ αποτελεί μια επέκταση του υπάρχοντος διαδικτύου
- ❖ Η πληροφορία που παρουσιάζεται στο χρήστη ορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατανοητή από
 - τους ανθρώπους
 - τα προγράμματα-πράκτορες
- ❖ Στόχοι:
 - Ενίσχυση της διαλειτουργικότητας της επεξεργασίας των πληροφοριών μεταξύ των πρακτόρων
 - Διευκόλυνση της λειτουργικότητας της χρήσης του διαδικτύου από τους ανθρώπους με τη βοήθεια των πρακτόρων.
- ❖ Το ΣΔ βασίζεται στην οργάνωση και διασύνδεση της πληροφορίας, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά για
 - την ανακάλυψη
 - αυτοματοποίηση
 - ομαδοποίηση
 - επαναχρησιμοποίησή της
 - από διαφορετικές μεταξύ τους διαδικτυακές εφαρμογές

Το Διαδίκτυο Σήμερα

Παράδειγμα

- ❖ Ένας χρήστης βρίσκει μια ιστοσελίδα για τη διεξαγωγή επιστημονικού συνεδρίου
 - ❑ Τόπος - χρόνος διεξαγωγής
 - ❑ Σύνδεσμοι σε άλλα έγγραφα (π.χ. home-pages των διοργανωτών, κλπ.)
- ❖ Αποφασίζει να συμμετάσχει (register)
 - ❑ Ο πράκτορας-ημερολόγιο εισάγει αυτόματα την ώρα και μέρα της συνάντησης
 - ❑ Διασύνδεση με όλες τις υπόλοιπες λεπτομέρειες για το συνέδριο
- ❖ Το κινητό τηλέφωνο του χρήστη
 - ❑ ενημερώνεται από τον πράκτορα-ημερολόγιο με τη διεύθυνση της συνάντησης
 - ❑ υπολογίζει ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να φτάσει εκεί
 - ❑ υπολογίζει το χρόνο που θα χρειαστεί
- ❖ Στόχος του ΣΔ είναι όλα αυτά να γίνουν με το πάτημα ενός πλήκτρου.
 - ❑ Με τις σημερινές μεθόδους αναπαράστασης πληροφοριών κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό
 - ❑ Οι χρήστες πρέπει να αντιγράψουν μόνοι τους τις λεπτομέρειες στα προσωπικά τους ημερολόγια

Σημασιολογικό Διαδίκτυο και Τεχνητή Νοημοσύνη

- ❖ Το ΣΔ χρησιμοποιεί κλασικές μεθόδους αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής, προσαρμοσμένες στο ανοικτό και απρόβλεπτο περιβάλλον του διαδικτύου
 - ❑ Π.χ. σημασιολογικά δίκτυα, πλαίσια, λογική
- ❖ Οι ευφυείς πράκτορες βρίσκουν εφαρμογή στο ΣΔ
 - ❑ Έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες ανεξάρτητες από τη μορφή της παρουσίασής τους
 - ❑ Οι πληροφορίες είναι συνδεδεμένες με κοινόχρηστο πλαίσιο αναφοράς (οντολογία)
 - ❑ Το νόημά τους είναι προσβάσιμο και κατανοητό από όλους τους πράκτορες, ανεξάρτητα από το σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκαν.
- ❖ Σήμερα στο διαδίκτυο ένας πράκτορας αναζήτησης πληροφοριών
 - ❑ Πρέπει να γνωρίζει λεπτομέρειες μορφοποίησης κάθε ιστοσελίδας που αντλεί πληροφορίες, για να ανακτήσει το τμήμα που τον ενδιαφέρει
 - ❑ Για κάθε νέα ιστοσελίδα πρέπει να προγραμματιστεί μία καινούρια μέθοδος ανάκτησης πληροφοριών
 - ❑ Η παραμικρή αλλαγή στη δομή-μορφή της ιστοσελίδας συνεπάγεται επαναπρογραμματισμό της μεθόδου εύρεσης πληροφοριών
 - ❑ Αυξάνεται το κόστος επεκτασιμότητας και συντήρησης του πράκτορα



Οντολογίες

- ❖ Οντολογία (ontology) είναι η αυστηρά μαθηματική (formal) περιγραφή ενός πεδίου γνώσης (domain)
- ❖ Περιλαμβάνει όρους και σημασιολογικές συσχετίσεις μεταξύ τους
 - ❑ Όροι \equiv κλάσεις αντικείμενων
 - έννοιες-πρότυπα σχετικές με αντικείμενα
 - ❑ Συσχετίσεις \equiv ιεραρχικές εξαρτήσεις μεταξύ όρων (συνήθως)
- ❖ Άλλες πληροφορίες:
 - ❑ Ιδιότητες όρων
 - ❑ Περιορισμοί των ιδιοτήτων
 - ❑ Σχέσεις ισοδυναμίας - διαχωρισμού
 - ❑ Σημασιολογικοί συσχετισμοί μεταξύ όρων με χρήση της λογικής



Οντολογίες και Εξαγωγή Συμπερασμάτων

- ❖ Έλεγχος αν κάποιο αντικείμενο ανήκει σε κάποια κλάση ή όχι.
 - ❑ Ακολουθώντας τις ιεραρχικές συσχετίσεις της οντολογίας.
- ❖ Έλεγχος ισοδυναμίας μεταξύ κλάσεων
 - ❑ Ακολουθώντας τις σχέσεις ισοδυναμίας - αντίθεσης των κλάσεων.
- ❖ Έλεγχος ισοδυναμίας μεταξύ κλάσεων - αντικειμένων
 - ❑ Βάσει λογικών συμπερασμών από την επεξεργασία δηλώσεων και περιορισμών
- ❖ Έλεγχος ασυνεπειών
 - ❑ Αλληλοαναιρούμενοι περιορισμοί και δηλώσεις
- ❖ Αυτόματη κατηγοριοποίηση αντικειμένων
 - ❑ Δεν είναι γνωστή η κλάση αλλά μόνο οι ιδιότητες
 - ❑ Σύγκριση τιμών ιδιοτήτων με τους περιορισμούς των κλάσεων

Οντολογίες και Σημασιολογικό Διαδίκτυο

- ❖ Ο συσχετισμός των διαδικτυακών πόρων και εφαρμογών με οντολογίες παρέχει έναν κοινό τόπο κατανόησης των ανταλλασσόμενων πληροφοριών (διαλειτουργικότητα - interoperability)
- ❖ Η αναζήτηση βασίζεται σήμερα σε λέξεις-κλειδιά μέσα στα έγγραφα
 - ❑ Μειώνεται η ποιότητα (ακρίβεια) των αποτελεσμάτων της αναζήτησης
 - ❑ Τα έγγραφα που ανακαλούνται μπορεί να χρησιμοποιούν τις λέξεις-κλειδιά με άλλο νόημα από αυτό που αναζητά ο χρήστης
 - ❑ Π.χ., η αναζήτηση με τη λέξη "model" μπορεί να ανακαλέσει σελίδες που σχετίζονται με
 - τη μόδα
 - συστήματα γνώσης που κάνουν διάγνωση βασισμένη σε μοντέλα
 - μοντέλα αυτοκινήτων
- ❖ Όταν οι αναζητήσεις θα γίνονται μέσω οντολογιών
 - ❑ Οι λέξεις-κλειδιά θα συνδέονται με το νόημα του χρήστη (ιεραρχική συσχέτιση), επιστρέφοντας μόνο τις επιθυμητές ιστοσελίδες
 - ❑ Οι μηχανές αναζήτησης θα επιστρέφουν και έγγραφα που δεν έχουν τη συγκεκριμένη λέξη-κλειδί, αλλά κάποια άλλη λέξη η οποία συνδέεται νοηματικά με τη λέξη κλειδί.
 - Π.χ., αν η λέξη "model" χρησιμοποιείται με το νόημα "είδος", τότε συνώνυμή της είναι η λέξη "brand"



Οι Πράκτορες στο Σημασιολογικό Διαδίκτυο

- ❖ Η λειτουργία των πρακτόρων θα αναβαθμιστεί
- ❖ Ως τώρα, οι πράκτορες χρησιμοποιούνταν κυρίως για
 - ❑ την εξαγωγή πληροφοριών από ιστοσελίδες με τη χρήση ευριστικών κανόνων (wrappers, crawlers)
 - ❑ ως διαμεσολαβητές (mediators) μεταξύ ετερογενών πηγών πληροφόρησης με αυστηρά καθορισμένη σύνταξη και σημασιολογία ανταλλαγής πληροφοριών
- ❖ Στο ΣΔ οι πράκτορες αναμένεται να:
 - ❑ δέχονται αιτήματα εξυπηρέτησης από τους χρήστες τους
 - ❑ βρίσκουν τις πιθανές απαντήσεις στις απαιτήσεις τους
 - ❑ παρουσιάζουν τις εναλλακτικές επιλογές δράσης, ώστε οι χρήστες να παίρνουν την τελική απόφαση

Σενάριο Λειτουργίας Πράκτορα στο ΣΔ (1/3)

Το Πρόβλημα και οι Αρχικές Ενέργειες

- ❖ Έστω κάποια έγκυος γυναίκα X που επισκέπτεται το γυναικολόγο στα πλαίσια της τακτικής μηνιαίας εξέτασης
- ❖ Ο γυναικολόγος διακρίνει κάτι στο υπερηχογράφημα
 - ❑ Δεν έχει αρκετή διακριτική ικανότητα για να κάνει διάγνωση
 - ❑ Προτείνει εξέταση από διαγνωστικό κέντρο με καλύτερο εξοπλισμό
- ❖ Η X αναθέτει σε διαδικτυακό πράκτορα να βρει ένα τέτοιο διαγνωστικό κέντρο
 - ❑ Θα ήταν επιθυμητό το διαγνωστικό κέντρο να συνεργάζεται με τον ασφαλιστικό φορέα ώστε να μην πληρώσει.
- ❖ Ο πράκτορας:
 - ❑ Ενημερώνεται από τον πράκτορα του γυναικολόγου για το είδος της εξέτασης
 - ❑ Συνδέεται με την υπηρεσία του ασφαλιστικού ταμείου για να βρει ποια διαγνωστικά κέντρα που συνεργάζονται με το ταμείο μπορούν να πραγματοποιήσουν την εξέταση
 - ❑ Επιλέγει διαγνωστικά κέντρα που βρίσκονται κοντινότερα στη δουλειά ή στο σπίτι
 - ❑ Ελέγχει την ποιότητά τους χρησιμοποιώντας μια ανεξάρτητη υπηρεσία

Σενάριο Λειτουργίας Πράκτορα στο ΣΔ (2/3)

Εύρεση Λύσεων

- ❖ Στη συνέχεια, ο πράκτορας:
 - ❑ Επικοινωνεί με τους πράκτορες των διαγνωστικών κέντρων που ικανοποιούν τα κριτήρια, για να βρεθούν διαθέσιμες ώρες για την εξέταση σύμφωνα με το πρόγραμμα της X
 - ❑ Παρουσιάζει 2 επιλογές
- ❖ Καμία δεν είναι ικανοποιητική
 1. Το διαθέσιμο ραντεβού είναι σε δύο εβδομάδες, ενώ η εξέταση είναι επείγουσα
 2. Πρέπει η X να παραμείνει στο κέντρο της πόλης 3 ώρες μετά τη δουλειά
- ❖ Η X επαναλαμβάνει το αίτημα στον πράκτορα με αυστηρότερα χρονικά όρια
- ❖ Ο πράκτορας βρίσκει νέα λύση
 - ❑ Μέσα στα χρονικά όρια
 - ❑ Δεν ικανοποιεί κάποια αρχικά κριτήρια

Σενάριο Λειτουργίας Πράκτορα στο ΣΔ (3/3)

Εναλλακτική Λύση

- ❖ Διαγνωστικό κέντρο κοντά στην κατοικία της X
 - ❑ Διαθέσιμο ραντεβού την επόμενη ημέρα
 - ❑ Δε συνεργάζεται με το ασφαλιστικό ταμείο
 - Χρεώνει μεγαλύτερο ποσό από το προβλεπόμενο
 - ❑ Ο πράκτορας ελέγχει ότι το ταμείο επιστρέφει το μέγιστο προβλεπόμενο ποσό
 - Η X πληρώνει μόνο τη διαφορά
 - ❑ Το διαγνωστικό κέντρο έχει καλή "φήμη"
 - Ανεξάρτητη - πιστοποιημένη υπηρεσία αξιολόγησης
- ❖ Το ραντεβού είναι ακριβώς την ώρα που αρχίζει η X δουλειά
 - ❑ Θα ειδοποιηθεί ο πράκτορας του εργοδότη
- ❖ Η X αποφασίζει να ακολουθήσει την προτεινόμενη λύση
 - ❑ Τα κριτήρια που δεν ικανοποιεί δεν είναι ανελαστικά
 - ❑ Ο πράκτορας αναλαμβάνει την διεκπεραίωση όλων των λεπτομερειών



Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Web Services

- ❖ Προγράμματα που:
 - ❑ είναι προσβάσιμα μέσω διαδικτύου (URL)
 - ❑ οι παράμετροι εισόδου-εξόδου ορίζονται με XML
- ❖ Οι δυνατότητές τους ανακαλύπτονται αυτόματα από άλλα προγράμματα
 - ❑ Τα προγράμματα επικοινωνούν απευθείας με τις υπηρεσίες με τρόπο που καθορίζεται στον ορισμό κάθε υπηρεσίας
 - ❑ Τα μηνύματα βασίζονται στην XML και μεταφέρονται με πρωτοκόλλα του διαδικτύου
- ❖ Η χρήση τους επεκτείνεται ραγδαία.
 - ❑ Ο τελικός στόχος είναι οι εφαρμογές να αλληλεπιδρούν μέσω διαδικτύου, με τη χρήση κοινότυπων πρωτοκόλλων και "ανοικτών" προτύπων βασισμένων στην XML.
- ❖ Εφαρμογές:
 - ❑ ηλεκτρονικό εμπόριο
 - ❑ ηλεκτρονική διακυβέρνηση
 - ❑ επιστημονικές εφαρμογές

Αρχιτεκτονική Διαδικτυακών Υπηρεσιών

- ❖ Ανταλλαγή μηνυμάτων
 - ❑ SOAP (Simple Object Access Protocol): Πρωτόκολλο επικοινωνίας
 - ❑ Απλό στη δομή - βασίζεται στη γλώσσα XML
 - ❑ Κατασκευή δομημένων πακέτων με δεδομένα που ανταλλάσσονται μεταξύ εφαρμογών
- ❖ Περιγραφή διαδικτυακών υπηρεσιών
 - ❑ WSDL (Web Services Description Language) - XML
 - ❑ Περιγραφή πρωτοκόλλου, υπηρεσιών, δομής των δεδομένων (μηνύματα) που ανταλλάσσονται
 - ❑ Περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τη χρησιμοποίηση της υπηρεσίας
- ❖ Δημοσίευση περιγραφών για ανακάλυψη και χρήση
 - ❑ Οι περιγραφές αποθηκεύονται σε μητρώα UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration)
 - Διαδικτυακοί "Χρυσοί Οδηγοί" (UDDI registries)
 - ❑ Ένας πελάτης μιας υπηρεσίας μπορεί να την ανακαλύψει από τις UDDI καταχωρήσεις
 - Είναι οργανωμένες βάσει πρότυπων εμπορικών κατηγοριοποιήσεων.
 - ❑ Από τη στιγμή που ο πελάτης γνωρίζει πώς θα έχει πρόσβαση στην υπηρεσία, επικοινωνεί μαζί της απευθείας μέσω SOAP μηνυμάτων.

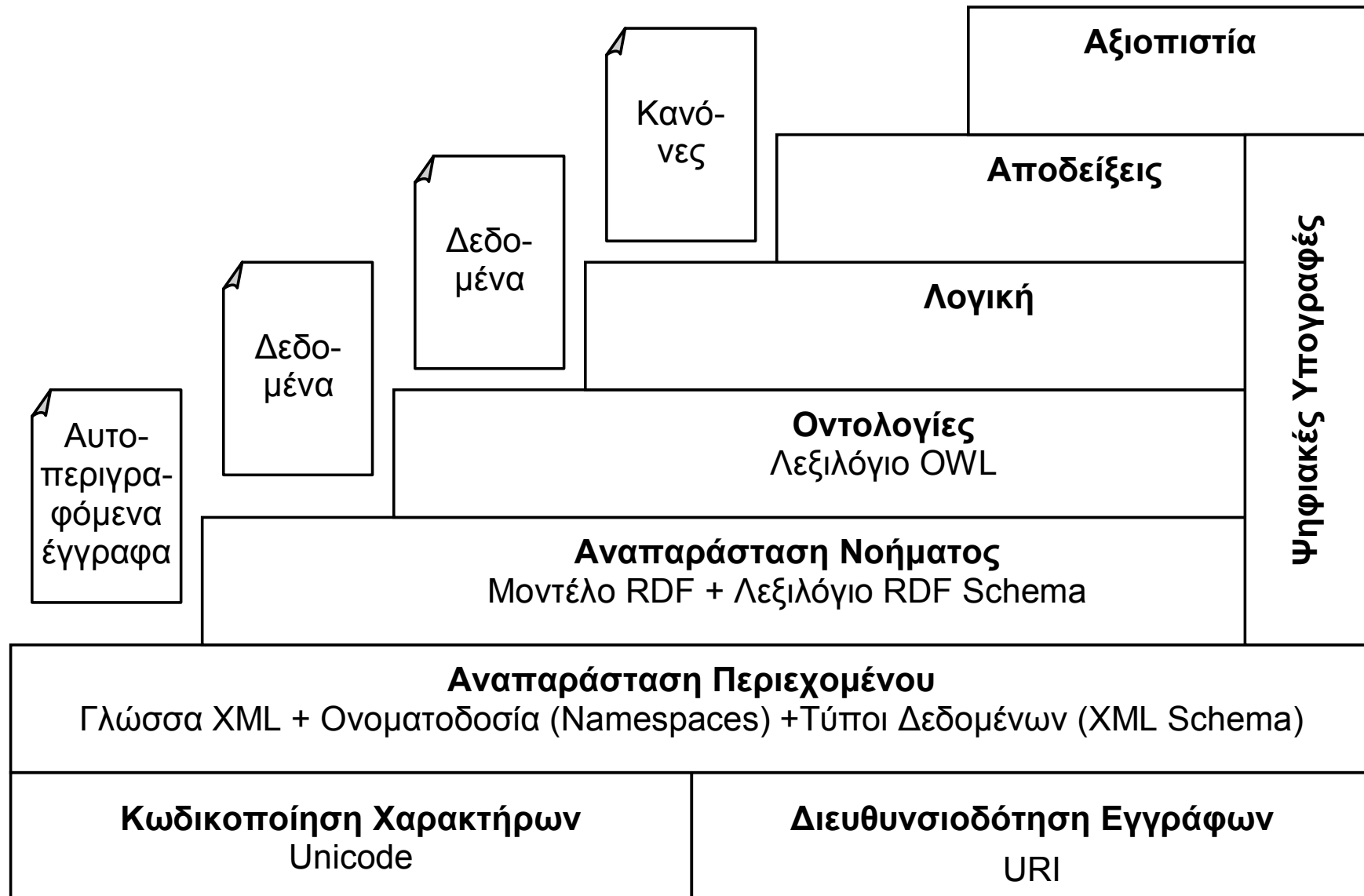


Διαδικτυακές Υπηρεσίες και Σημασιολογικό Διαδίκτυο

Semantic Web Services

- ❖ Αυτοματοποίηση ανακάλυψης, σύνθεσης, εκτέλεσης, και ελέγχου των διαδικτυακών υπηρεσιών
- ❖ Χρήση κατάλληλων περιγραφών των υπηρεσιών, για να γίνονται κατανοητές από τους πράκτορες.
 - ❑ Συμφωνία για τις οντολογίες που θα χρησιμοποιηθούν
 - ❑ Συμβατότητα στους όρους που χρησιμοποιούνται και στους περιορισμούς που τίθενται
- ❖ Οι πράκτορες μπορούν να βρουν κοινά στοιχεία ανάμεσα στο αντικείμενο αναζήτησης και τις ιδιότητες κλάσεων και υποκλάσεων
 - ❑ Π.χ. κάποιος ενδιαφέρεται να αγοράσει τριαντάφυλλα
 - ❑ Κάνει αναζήτηση με τη συγκεκριμένη λέξη και λαμβάνει απάντηση συνδέσμους σε "ηλεκτρονικά" ανθοπωλεία
 - Ο τομέας δραστηριοτήτων είναι η πώληση "λουλουδιών"
 - Γενίκευση του όρου "τριαντάφυλλο" στον όρο "λουλούδι" με τη χρήση μιας οντολογίας
- ❖ Γλώσσα OWL-S
 - ❑ Δυνατότητες υπηρεσίας
 - ❑ Μοντέλο διεργασιών
 - ❑ Τρόπος προσπέλασης

Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Διαδικτύου



Κωδικοποίηση και Διευθυνσιοδότηση Εγγράφων

- ❖ Η κωδικοποίηση εγγράφων γίνεται με τη χρήση του διεθνώς καθιερωμένου προτύπου κωδικοποίησης χαρακτήρων Unicode.
 - ❑ Σύνολο χαρακτήρων για την κωδικοποίηση απλού κειμένου
 - ❑ Καλύπτει όλες τις γλώσσες
- ❖ Η διευθυνσιοδότηση εγγράφων στο διαδίκτυο γίνεται με τα URI
 - ❑ Συμβολοσειρές που χαρακτηρίζουν μοναδικά οποιοδήποτε διαδικτυακό πόρο
 - Π.χ. ιστοσελίδα ή άλλου τύπου ηλεκτρονικό αρχείο, διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, διαδικτυακή υπηρεσία, κτλ
 - ❑ Ανεξάρτητα περιεχομένου και πρωτοκόλλου επικοινωνίας
 - ❑ Η τεχνολογία URI είναι επεκτάσιμη
 - ❑ Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ονοματολογίας και διευθυνσιοδότησης πόρων
 - Π.χ. ένα βιβλίο **urn:isbn:960-7013-28-X**
 - ❑ Αναφέρονται και σε μη-υπαρκτές και μη-προσβάσιμες διαδικτυακές πληροφορίες
 - Π.χ. προτυποποίηση διευθυνσιοδότησης ανθρώπων χωρίς να έχουν οι αναπαριστώμενοι άνθρωποι υποχρεωτικά υπόσταση στο διαδίκτυο (e-mail, home page)



Αναπαράσταση Περιεχομένου Εγγράφων

Γλώσσα XML

- ❖ Μετα-γλώσσα αναπαράστασης πληροφοριών στο διαδίκτυο
 - ❑ Αναπαράσταση δομημένων εγγράφων με χρήση λεξιλογίων που ορίζονται από το χρήστη
 - ❑ Διαμοιρασμός εγγράφων στο διαδίκτυο μέσω κοινά κατανοητής (συντακτικά) γλώσσας
- ❖ Η HTML παρέχει ένα σταθερό σύνολο προκαθορισμένων στοιχείων
 - ❑ Συμβολίζουν και οριοθετούν τα περιεχόμενα μιας ιστοσελίδας.
 - Π.χ. επικεφαλίδες, ενότητες, λίστες, πίνακες, εικόνες, σύνδεσμοι (links)
 - ❑ Υπάρχουν πολλά είδη δομημένων εγγράφων για τα οποία η HTML είναι ακατάλληλη
 - Π.χ. έγγραφα που δεν αποτελούνται από τυπικά στοιχεία, βάσεις δεδομένων, κτλ.
- ❖ Η XML διαθέτει ευέλικτο συντακτικό για τη δημιουργία οποιωνδήποτε στοιχείων και την περιγραφή οποιουδήποτε είδους εγγράφου

Παράδειγμα XML

```
<INVENTORY DATE="19/12/2004">
  <BOOK>
    <TITLE>The Adventures of Huckleberry Finn</TITLE>
    <AUTHOR>Mark Twain</AUTHOR>
    <PRICE>$5.49</PRICE>
  </BOOK>
  <BOOK>
    <TITLE>The Scarlet Letter</TITLE>
    <AUTHOR>Nathaniel Hawthorne</AUTHOR>
    <PRICE>$4.25</PRICE>
  </BOOK>
</INVENTORY>
```

root element

attribute

element

start-tag

end-tag

Ιεραρχική-
Δενδρική δομή

Ορισμός λεξιλογίου (DTD)

```
<!ELEMENT INVENTORY (BOOK+)>
<!ATTLIST INVENTORY
  DATE CDATA #REQUIRED
>
<!ELEMENT BOOK (TITLE, AUTHOR, PRICE)>
<!ELEMENT TITLE (#PCDATA)>
<!ELEMENT AUTHOR (#PCDATA)>
<!ELEMENT PRICE (#PCDATA)>
```

Αναπαράσταση Νοήματος

- ❖ Η χρήση του ίδιου XML λεξιλογίου για την ανταλλαγή πληροφοριών δεν εξασφαλίζει την αμοιβαία κατανόηση των ανταλλασσομένων πληροφοριών
 - ❑ Το νοηματικό περιεχόμενο των πληροφοριών δεν καθορίζεται από την XML
 - ❑ Π.χ., η εμφώλευση του element A μέσα στο B μπορεί να υπονοεί
 - Το A είναι μέρος του B
 - Το A είναι ένα υποσύνολο του B
 - Το A χαρακτηριστικό-ιδιότητα του B
- ❖ Χρειάζεται ένα κοινό μοντέλο πληροφοριών που χρησιμοποιείται από όλους
- ❖ Μοντέλο δηλώσεων RDF (Resource Description Framework)
 - ❑ Αποτελείται από δηλώσεις ή ισχυρισμούς (statements)
 - ❑ Οι δηλώσεις αφορούν μεταδεδομένα (metadata), δηλαδή δεδομένα για άλλα δεδομένα
 - ❑ Το μοντέλο RDF δεν εξαρτάται καθόλου από το δενδρικό μοντέλο της XML
 - ❑ Η αναπαράσταση δηλώσεων RDF χρησιμοποιεί τη σύνταξη XML

Αναπαράσταση της Δομής των Δηλώσεων

- ❖ Το μοντέλο RDF είναι πολύ γενικό
 - ❑ Δεν παρέχει εργαλεία για δόμηση και οργάνωση της πληροφορίας
- ❖ Η γλώσσα λεξιλογίου δομής RDF Schema προσφέρει τη δυνατότητα δηλώσεων ιδιοτήτων και τον ορισμό του τρόπου χρήσης τους
 - ❑ Διεξαγωγή στοιχειωδών ελέγχων πάνω σε ένα έγγραφο
- ❖ Η RDF Schema καθορίζει αν είναι επιτρεπτή κάποια δήλωση στο βασικό μοντέλο αναπαράστασης RDF.
 - ❑ Π.χ., στο δίπλωμα οδήγησης κάποιου ανθρώπου το πεδίο "όνομα" αναφέρεται σε όνομα ανθρώπου και όχι σε κάτι άλλο

Καθορισμός Λεξιλογίου

- ❖ Οι οντολογίες περιλαμβάνουν ένα σύνολο από όρους και συσχετίσεις
 - ❑ Κοινά και διαμοιραζόμενα λεξικά ορολογίας με σκοπό την αμοιβαία αλληλοκατανόηση των όρων που περιλαμβάνονται σε ανταλλασσόμενα έγγραφα.
- ❖ Το επίπεδο των οντολογιών περιλαμβάνει γλώσσες ικανές να περιγράψουν το νόημα των δηλώσεων RDF
 - ❑ RDF Schema
 - ❑ OWL (Web Ontology Language)

Λογικό Επίπεδο

- ❖ Χρειάζεται για να γίνονται κατανοητές διάφορες δηλώσεις
 - ❑ Π.χ. κανόνες μετατροπής των εγγράφων από ένα τύπο σε έναν άλλο
 - ❑ Π.χ. έλεγχος ενός εγγράφου ως προς τη συνέπειά του
 - ❑ Π.χ. αποτέλεσμα μιας ερώτησης με σκοπό την ανάκληση όρων ή την αναγνώριση άγνωστων όρων
- ❖ Παρέχει τη δυνατότητα
 - ❑ Αναπαράστασης της κατηγορηματικής λογικής
 - Π.χ. χρήση λογικών τελεστών NOT, AND, OR
 - ❑ Συσχέτισης των δεδομένων
 - Π.χ. αν ισχύει το X, τότε ισχύουν όλα τα Y
- ❖ Επιτρέπει την επεξεργασία των δεδομένων των κατώτερων επιπέδων με τη χρήση σημασιολογικών συσχετίσεων υπό τη μορφή κανόνων.
 - ❑ Οι κανόνες προκύπτουν από την εκάστοτε εφαρμογή
 - ❑ Οι κανόνες συσχετίζουν τα δεδομένα με πολύ πιο πολύπλοκο τρόπο από τις οντολογίες
- ❖ *Παράδειγμα εφαρμογής: 2 ανεξάρτητες διαδικτυακές βάσεις δεδομένων*
 - ❑ Αυτόματος μετασχηματισμός των ερωτημάτων από τη μία στην άλλη
 - ❑ Χρήση λογικών κανόνων που απεικονίζουν τη δομή της μιας στην άλλη



Επίπεδο Αποδείξεων

- ❖ Περιλαμβάνει:
 - ❑ Μηχανισμούς και διαδικασίες εξαγωγής συμπερασμάτων που χρησιμοποιούν τη γνώση του λογικού επιπέδου
 - ❑ Αναπαράσταση διαδικασιών απόδειξης σε XML ή RDF
- ❖ *Πλεονέκτημα χρήσης λογικής*: Εύκολη δημιουργία εξηγήσεων σχετικά με τα συμπεράσματα
 - ❑ Διαδοχικά βήματα του μηχανισμού εξαγωγής συμπερασμάτων
 - ❑ Παρουσιάζονται στο χρήστη (αν ζητηθεί) με
 - Παράθεση των λογικών προτάσεων και των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν
 - Χρήση εξελιγμένων τεχνικών παραγωγής εξηγήσεων σε φυσική γλώσσα, που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο της έρευνας των εμπείρων συστημάτων
 - Οπτικό τρόπο (π.χ. δένδρα αποδείξεων)
- ❖ Η παροχή εξηγήσεων αυξάνει την εμπιστοσύνη των χρηστών στις παρεχόμενες υπηρεσίες



Έλεγχος Αξιοπιστίας

- ❖ Η αναζήτηση πληροφορίας θα πρέπει να περιλαμβάνει την *απόδειξη* ότι ο χρήστης έχει το δικαίωμα να λάβει απάντηση
 - ❑ Π.χ., για να επιτραπεί σε κάποιον η πρόσβαση σε ένα δικτυακό τόπο πρέπει να παραδώσει έγγραφο το οποίο να αποδεικνύει το λόγο για τον οποίο του επιτράπηκε η πρόσβαση.
 - ❑ Αλυσίδα δηλώσεων και κανόνων εξαγωγής συμπερασμάτων με αναφορές στο υλικό που υποστηρίζει ο δικτυακός τόπος.
- ❖ Οι ηλεκτρονικές συναλλαγές απαιτούν εχεμύθεια
 - ❑ Τα έγγραφα που διακινούνται θα περιλαμβάνουν συμπληρωματικές πληροφορίες που αφορούν την αξιοπιστία τους
 - ❑ Αν τεθεί θέμα, η απάντηση-απόδειξη θα είναι εύκολο να κατασκευαστεί υπολογιστικά



Έλεγχος Αξιοπιστίας

Παράδειγμα

- ❖ Ο πράκτορας ενός ηλεκτρονικού καταστήματος αποστέλλει ένα ηλεκτρονικό τιμολόγιο στον πράκτορα ενός χρήστη με χρέωση για κάποια αγορά αγαθού
- ❖ Το ηλεκτρονικό έγγραφο πρέπει να συνοδεύεται με:
 - ❑ Αρχείο καταγραφής συναλλαγών του ηλεκτρονικού καταστήματος
 - Επιβεβαίωση ότι έγινε η συναλλαγή
 - ❑ Ψηφιακή υπογραφή του αγοραστή
 - Επιβεβαίωση ότι "μπήκε" ο ίδιος στο ηλεκτρονικό κατάστημα
 - ❑ Ηλεκτρονικός τιμοκατάλογος καταστήματος
 - Επιβεβαίωση της τιμής του αγαθού
 - ❑ Ηλεκτρονική απόδειξη παραλαβής του αγαθού μέσω εταιρίας courier
 - Επιβεβαίωση παράδοσης του αγαθού
- ❖ Ο πράκτορας του χρήστη:
 - ❑ Επιβεβαιώνει την ορθότητα της χρέωσης
 - ❑ Εξηγεί στο χρήστη γιατί προχώρησε σε χρέωση της πιστωτικής κάρτας



Το Μοντέλο Περιγραφής Διαδικτυακών Πόρων RDF

- ❖ Προορίζεται για την παρουσίαση μεταδεδομένων (metadata) για τους πόρους του διαδικτύου
 - ❑ Π.χ. τίτλος, συντάκτης, ημερομηνία τελευταίας τροποποίησης μιας ιστοσελίδας
 - ❑ Π.χ. άδεια χρήσης ενός εγγράφου στο διαδίκτυο
 - ❑ Π.χ. χρονοδιάγραμμα διαθεσιμότητας της ηλεκτρονικής υπηρεσίας TAXIS
- ❖ Οι πόροι μπορεί να υφίστανται πραγματικά ή εικονικά στο διαδίκτυο
 - ❑ Μπορεί να μην είναι εφικτή η άμεση ανάκτησή τους
- ❖ Απευθύνεται περισσότερο στις εφαρμογές και όχι στους χρήστες.
 - ❑ Οι εφαρμογές ανταλλάσσουν πληροφορίες χωρίς απώλεια νοήματος.
 - ❑ Οι ίδιες πληροφορίες είναι διαθέσιμες σε εφαρμογές διαφορετικές από αυτές για τις οποίες είχαν αρχικά δημιουργηθεί.

Σύνταξη RDF

- ❖ Τα χαρακτηριστικά των πόρων περιγράφονται με τη βοήθεια δηλώσεων (*statements*)
πόρος - ιδιότητα - τιμή
 - ❑ Σημασιολογικά δίκτυα (Semantic nets)
 - ❑ Οι πόροι (*resources*) αναπαριστώνται με τη χρήση αναφορών URI
 - ❑ Στους πόρους αποδίδονται απλές ιδιότητες (*properties*) και οι αντίστοιχες τιμές
- ❖ Ο πόρος για τον οποίο γίνεται λόγος καλείται *υποκείμενο* (*subject*)
- ❖ Ο πόρος που προσδιορίζει μια ιδιότητα ή ένα χαρακτηριστικό του υποκειμένου ονομάζεται *κατηγορημα* (*predicate*)
- ❖ Το στοιχείο που δίνει τιμή σε αυτή την ιδιότητα καλείται *αντικείμενο* (*object*)
- ❖ Παράδειγμα:
 - ❑ `http://www.example.org/index.html` has a creator whose value is `John Smith`
 - ❑ **subject** predicate **object**
 - ❑ `ex:index.html` `dc:creator` `exstaff:85740`

Πρόθεμα - Namespace

<http://purl.org/dc/elements/1.1/creator>

<http://www.example.org/index.html>

<http://www.example.org/staffid/85740>

Χρήση URI

- ❖ Η RDF χρησιμοποιεί URI για τις ιδιότητες
 - ❑ ΌΧΙ απλές συμβολοσειρές
- ❖ Μείωση πιθανότητας χρήσης της ίδιας συμβολοσειράς για ανόμοιες ιδιότητες
 - ❑ Π.χ. το **name** μπορεί να είναι το όνομα κάποιου ατόμου ή μιας μεταβλητής
 - ❑ Ένας πράκτορας δε μπορεί να διακρίνει τη διαφορά
 - ❑ Με τη χρήση URI αναφορών
 - `http://www.domain2.example.org/genealogy/terms/name` για το άτομο
 - `http://www.example.org/terms/name` για τη μεταβλητή
- ❖ Κάθε ιδιότητα είναι ταυτόχρονα και πόρος
 - ❑ Μπορεί να προστεθούν επιπλέον πληροφορίες για αυτήν
- ❖ Ανάπτυξη κοινά διαμοιραζόμενων λεξιλογίων στο διαδίκτυο
 - ❑ Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν υπάρχοντα λεξιλόγια

Η Γλώσσα Περιγραφής Λεξιλογίου RDF Schema

- ❖ Ορίζονται κλάσεις και ιδιότητες
 - ❑ Περιγράφουν πόρους και χαρακτηριστικά τους
- ❖ Σημασιολογική επέκταση της RDF
 - ❑ Τα λεξιλόγια RDF Schema είναι γραμμένα σε RDF
 - ❑ Επιτρέπουν τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των πόρων
 - ❑ Πεδίο ορισμού (domain), Πεδίο τιμών (range) των ιδιοτήτων
- ❖ Θυμίζει αντικειμενοστραφείς γλωσσες προγραμματισμού (π.χ. JAVA)
- ❖ Η RDF Schema διαφέρει σε πολλά σημεία από τις ΟΟ γλώσσες.
 - ❑ Στις ΟΟ γλώσσες μια κλάση περιγράφεται ως ένα σύνολο από ιδιότητες
 - Π.χ. μια κλάση **Book** με ιδιότητα **author** που παίρνει τιμές από την κλάση **person**
 - Η ιδιότητα **author** είναι τμήμα της περιγραφής της κλάσης **Book**
 - Μια άλλη κλάση μπορεί να έχει μια διαφορετική ιδιότητα **author**
 - Η εμβέλεια της ιδιότητας περιορίζεται μέσα στα όρια της κλάσης που ορίζεται
 - ❑ Η RDF Schema περιγράφει τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες domain και range
 - Π.χ. μια κλάση **ex:Book** και χωριστά μια ιδιότητα **ex:author** που έχει πεδίο ορισμού **ex:Book** και πεδίο τιμών **ex:person**.
 - Οι ιδιότητες είναι ανεξάρτητες από τις κλάσεις και είναι καθολικές

Καθολικότητα Ιδιοτήτων RDF Schema

- ❖ Μια ιδιότητα μπορεί να οριστεί χωρίς πεδίο ορισμού
 - ❑ Χρησιμοποιείται για στιγμιότυπα οποιασδήποτε κλάσης
- ❖ Ένα λεξιλόγιο είναι εύκολο να επεκταθεί με τρόπο που αρχικά μπορεί να μην είχε προβλεφθεί
 - ❑ Π.χ. προστίθενται νέες ιδιότητες σε υπάρχουσες κλάσεις
- ❖ Δε γίνεται να οριστεί ιδιότητα ώστε να έχει διαφορετικούς τύπους τιμών ανάλογα με την κλάση από την οποία χρησιμοποιείται
 - ❑ Π.χ. η ιδιότητα **ex:hasParent** δεν είναι δυνατό να έχει διαφορετικό σύνολο τιμών όταν χρησιμοποιείται για τις κλάσεις **ex:human** και **ex:tiger**
 - ❑ Στις ΟΟ γλώσσες υπάρχει η δυνατότητα υπερφόρτωσης (overloading) μιας ιδιότητας με διαφορετικούς περιορισμούς, ανάλογα με την κλάση στην οποία χρησιμοποιείται
- ❖ Οι περιγραφές των περιορισμών δεν είναι δεσμευτικές
 - ❑ Μια ΟΟ γλώσσα δε θα επιτρέψει τη δημιουργία ενός στιγμιότυπου **Book** με ιδιότητα **author** που δεν παίρνει τιμή τύπου **person**.
 - ❑ Στην RDF Schema αν κάποιος πόρος είναι αντικείμενο σε μια δήλωση με ιδιότητα **ex:author**, τότε αυτός είναι μάλλον στιγμιότυπο της κλάσης **ex:person**, ακόμα και αν είναι ήδη γνωστό ότι ανήκει σε άλλη κλάση.

Κλάσεις στην RDF Schema

- ❖ Οι πόροι μπορεί να ταξινομούνται σε ομάδες, τις κλάσεις (classes)
- ❖ Μέλη κλάσης \equiv στιγμιότυπα (instances) κλάσης
- ❖ Οι κλάσεις είναι και αυτές πόροι
 - ❑ Στιγμιότυπα της κλάσης όλων των κλάσεων **rdfs:Class**
- ❖ Η ιδιότητα **rdf:type** δηλώνει ότι ένας πόρος αποτελεί στιγμιότυπο μιας κλάσης
 - elephant rdf:type mammal**
- ❖ Αν μια κλάση A είναι υποκλάση μιας άλλης κλάσης B, τότε όλα τα στιγμιότυπα της A είναι και στιγμιότυπα της B.
 - ❑ Χρησιμοποιείται η ιδιότητα **rdfs:subClassOf**
 - mammal rdfs:subClassOf animal**
- ❖ Οι τύποι δεδομένων στην RDF είναι και αυτοί κλάσεις
 - ❑ Όλα τα στιγμιότυπα μιας κλάσης τύπου δεδομένων ανήκουν στο διάστημα τιμών του

Ιδιότητες στην RDF Schema

❖ Με την RDF Schema, οι ιδιότητες περιγράφονται χρησιμοποιώντας

❑ Την κλάση `rdf:Property`

❑ Τις ιδιότητες `rdfs:domain`, `rdfs:range` και `rdfs:subPropertyOf`

```
author rdf:type rdf:Property
```

```
author rdfs:domain book
```

```
author rdfs:range person
```

❖ Η ιδιότητα `rdfs:subPropertyOf` ορίζει ότι μια ιδιότητα είναι υπο-ιδιότητα μιας άλλης.

❑ Αν η K είναι υπο-ιδιότητα της L, τότε όλα τα ζεύγη των πόρων που σχετίζονται με την K σχετίζονται και με την L.

```
father subPropertyOf parent
```


RDF/XML Σύνταξη

❖ Τριάδες-δηλώσεις:

```
ex:index.html dc:creator exstaff:85740
```

```
ex:index.html exterms:creation-date "August 16, 1999"
```

```
ex:index.html dc:language "en"
```

❖ Αναπαράσταση σε XML

```
<?xml version="1.0" ?>
```

```
<rdf:RDF
```

```
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1"
  xmlns:exterms="http://www.example.org/terms/"
```

```
>
```

```
<rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
```

```
  <exterms:creation-date>August 16, 1999</exterms:creation-date>
```

```
  <dc:language>English</dc:language>
```

```
  <dc:creator rdf:resource="http://www.example.org/staffid/85740/" />
```

```
</rdf:Description>
```

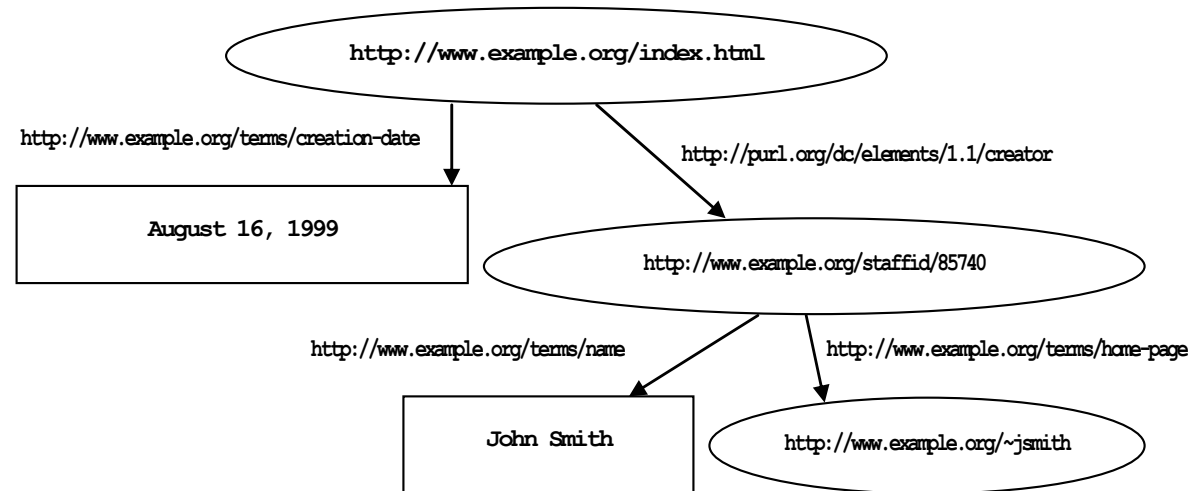
```
</rdf:RDF>
```

Namespaces

- ❖ Ο ορισμός των προθεμάτων γίνεται με τη χρήση του μηχανισμού namespaces της XML
 - ❑ Τα namespaces ορίζονται στο element **rdf:RDF**
- ❖ Τα ονόματα **prefix:local** των elements ενός XML εγγράφου σχηματίζονται από
 - ❑ Μία διεύθυνση βάσης URL
 - Ορίζεται ένα σύντομο πρόθεμα **prefix** με τη δήλωση **xmlns:prefix="URL"**, και
 - ❑ Ένα "τοπικό" όνομα **local**
 - Εμβέλεια μέσα στο έγγραφο της διεύθυνσης βάσης URL
- ❖ Η διεύθυνση βάσης συνήθως περιέχει ένα έγγραφο RDF Schema το οποίο καθορίζει το λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται στο τρέχον RDF έγγραφο
 - ❑ Υπάρχει περίπτωση η διεύθυνση βάσης να μην έχει έγγραφο RDF Schema, ούτε καν να είναι προσβάσιμη.
- ❖ Το κάθε αρχείο δομής ορίζει τα δικά του τοπικά ονόματα
 - ❑ Δε χρειάζεται να λάβει υπόψη του τυχόν συγκρούσεις ονομάτων με άλλα αρχεία δομής που υπάρχουν στο διαδίκτυο.

Εμφωλευμένη Αναπαράσταση Πόρων

```
<rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
  <exterms:creation-date>August 16, 1999</exterms:creation-date>
  <dc:creator>
    <rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/staffid/85740/">
      <exterms:name>John Smith</exterms:name>
      <exterms:home-page rdf:resource="http://www.example.org/~jsmith"/>
    </rdf:Description>
  </dc:creator>
</rdf:Description>
```



```
<rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
  <exterms:creation-date>August 16, 1999</exterms:creation-date>
  <dc:creator rdf:resource="http://www.example.org/staffid/85740/" />
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/staffid/85740/">
  <exterms:name>John Smith</exterms:name>
  <exterms:home-page rdf:resource="http://www.example.org/~jsmith"/>
</rdf:Description>
```

Οργάνωση URI

- ❖ Με την ιδιότητα `rdf:ID` ορίζεται ένα όνομα που πρέπει να είναι μοναδικό στις δηλώσεις που χρησιμοποιούν την ίδια αρχική διεύθυνση βάσης

```
<!DOCTYPE rdf:RDF [<ENTITY xsd http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:exterm="http://www.example.com/terms/"
  xml:base="http://www.example.com/2002/04/products">
  <rdf:Description rdf:ID="item10245">
    <exterm:model rdf:datatype="&xsd:string">Overnighter</exterm:model>
    <exterm:sleeps rdf:datatype="&xsd:integer">2</exterm:sleeps>
    <exterm:weight rdf:datatype="&xsd:decimal">2.4</exterm:weight>
    <exterm:packedSize rdf:datatype="&xsd:integer">784</exterm:packedSize>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

- ❖ Η ανάθεση μιας διεύθυνσης στη σκηνή "`item10245`" γίνεται σε 2 στάδια:
 - ❑ Ανάθεση **διεύθυνσης** σε όλο τον κατάλογο
 - ❑ Περιγραφή του **συγκεκριμένου** προϊόντος.
- ❖ Οποιαδήποτε αναφορά στη σκηνή εκτός του καταλόγου θα απαιτούσε χρήση της πλήρους διεύθυνσης με την ιδιότητα `rdf:about`


```
rdf:about="http://www.example.com/2002/04/products/item10245"
```

Τύποι Δεδομένων XML Schema

- ❖ Η RDF δεν παρέχει προκαθορισμένους τύπους δεδομένων για τις σταθερές της
 - ❑ Μόνο το γενικό τύπο `rdfs:Literal`
 - ❑ Δίνει τη δυνατότητα χρήσης οποιουδήποτε τύπου δεδομένων, ως στιγμιότυπο της κλάσης `rdfs:Datatype`.
- ❖ Στην πράξη χρησιμοποιούνται οι τύποι δεδομένων της XML Schema
 - ❑ Ακέραιοι αριθμοί, αριθμοί κινητής υποδιαστολής, συμβολοσειρές, ημερομηνίες, κτλ.

Συντετμημένη Αναπαράσταση XML

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:exterms="http://www.example.com/terms/"
  xml:base="http://www.example.com/2002/04/products">
  <rdf:Description rdf:ID="item10245">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.example.com/terms/Tent"/>
    <exterms:model rdf:datatype="xsd:string">Overnighter</exterms:model>
  </rdf:Description>
  ...
</rdf:RDF>
```



```
<exterms:Tent rdf:ID="item10245">
  <exterms:model rdf:datatype="xsd:string">Overnighter</exterms:model>
</exterms:Tent>
```

Σημασιολογία RDF/RDF Schema (1/2)

- ❖ Κάθε RDF/XML έγγραφο αντιστοιχεί σε ένα σύνολο από τριάδες
 - ❑ Χρησιμοποιούνται RDF parsers (π.χ. <http://www.w3.org/RDF/Validator/>)
 - ❑ Δύο RDF έγγραφα θεωρούνται ισοδύναμα αν αντιστοιχούν στο ίδιο ακριβώς σύνολο τριάδων, ανεξαρτήτως διάταξης
- ❖ Εκτός από τις εμφανείς (explicit) τριάδες υπάρχουν και υπονοούμενες (derived)

a b c

 - ❑ Το **b**, επειδή εμφανίζεται στη θέση *κατηγορήματος*, θεωρείται ιδιότητα, στιγμιότυπο της κλάσης των ιδιοτήτων **rdf:Property**
 - ❑ Το **a**, επειδή εμφανίζεται στη θέση *υποκειμένου*, θεωρείται πόρος, στιγμιότυπο της κλάσης όλων των πόρων **rdfs:Resource**
- ❖ Ο τύπος κάποιων πόρων μπορεί να εξαχθεί από τις σχέσεις στις οποίες μετέχουν
 - ❑ Μέσω των πεδίων ορισμού και τιμών των αντίστοιχων ιδιοτήτων

ex:A rdf:type ex:apples

 - ❑ Το **ex:apples** είναι κλάση, στιγμιότυπο της κλάσης **rdfs:Class**, αφού το πεδίο τιμών της ιδιότητας **rdf:type** είναι η κλάση **rdfs:Class**

Σημασιολογία RDF/RDF Schema (2/2)

- ❖ Οι ιεραρχίες κλάσεων/ιδιοτήτων δημιουργούν υπονοούμενες τριάδες
 - ❑ Το στιγμιότυπο μιας κλάσης είναι ταυτόχρονα στιγμιότυπο όλων των υπερ-κλάσεών της.
 - ❑ Η σχέση **subClassOf** είναι μεταβατική
 - Αν **A subClassOf B** και **B subClassOf C**, τότε και **A subClassOf C**.
 - ❑ Όταν η ιδιότητα **A** είναι υπο-ιδιότητα της **B** και υπάρχει η τριάδα **x A y**, τότε υπονοείται και η τριάδα **x B y**.

Προκαθορισμένες Ιδιότητες της RDF Schema

```
<rdf:Property rdf:about="&rdf;type">  
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Class"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="&rdfs;Resource"/>  
</rdf:Property>  
<rdf:Property rdf:about="&rdfs;subClassOf">  
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Class"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="&rdfs;Class"/>  
</rdf:Property>  
<rdf:Property rdf:about="&rdfs;subPropertyOf">  
  <rdfs:range rdf:resource="&rdf;Property"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="&rdf;Property"/>  
</rdf:Property>  
<rdf:Property rdf:about="&rdfs;domain">  
<rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Class"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="&rdf;Property"/>  
</rdf:Property>  
<rdf:Property rdf:about="&rdfs;range">  
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Class"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="&rdf;Property"/>  
</rdf:Property>
```




Παράδειγμα RDF/RDF Schema

- ❖ Σε ένα ηλεκτρονικό βιβλιοπωλείο υπάρχουν 2 είδη προϊόντων: βιβλία και DVD.
 - ❑ Και για τα δύο καταχωρούνται: ID, τίτλος, τιμή
 - ❑ Για τα βιβλία: συγγραφείς, έτος έκδοσης, contact author
 - ❑ Για τα DVD (επιπλέον): περιεχόμενο
- ❖ Στο βιβλιοπωλείο καταχωρούνται οι συγγραφείς και οι πελάτες.
 - ❑ Και για τους δύο καταχωρούνται: όνομα, κριτική για κάποιο βιβλίο
 - ❑ Για τους συγγραφείς: βιβλία που έχουν γράψει
 - ❑ Για τους πελάτες: προϊόντα που έχουν αγοράσει
- ❖ Καταχωρούνται κριτικές για τα βιβλία
 - ❑ Ποιος τις έχει γράψει, για ποιο βιβλίο και τι έγραψε.

RDF Schema για το Βιβλιοπωλείο (1/5)

Header & Classes

```
<!DOCTYPE rdf:RDF [  
  <!ENTITY rdf 'http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#'>  
  <!ENTITY book 'http://www.bookstore.org#'>  
  <!ENTITY rdfs 'http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-schema-19990303#'>  
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"> ]>  
<rdf:RDF xmlns:rdf="&rdf;" xmlns:rdfs="&rdfs;" xmlns:book="&book;">  
  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;Person"/>  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;Product"/>  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;Review"/>  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;Author">  
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="&book;Person"/>  
  </rdfs:Class>  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;Book">  
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="&book;Product"/>  
  </rdfs:Class>  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;Customer">  
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="&book;Person"/>  
  </rdfs:Class>  
  <rdfs:Class rdf:about="&book;DVD">  
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="&book;Product"/>  
  </rdfs:Class>
```

RDF Schema για το Βιβλιοπωλείο (2/5)

Person, Author, Customer Properties

```
<rdf:Property rdf:about="&book;hasBoughtProduct">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Customer"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Product"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;hasWrittenBook">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Author"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Book"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;hasWrittenReview">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Person"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Review"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;name">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Person"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</rdf:Property>
```

RDF Schema για το Βιβλιοπωλείο (3/5)

Review Properties

```
<rdf:Property rdf:about="&book;written_by">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Review"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Person"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;aboutBook">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Review"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Product"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;text">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Review"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
</rdf:Property>
```

RDF Schema για το Βιβλιοπωλείο (4/5)

Product Properties

```
<rdf:Property rdf:about="&book;id">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Product"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;price">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Product"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;decimal"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;title">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Product"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;string"/>
</rdf:Property>
```

RDF Schema για το Βιβλιοπωλείο (5/5)

Book, DVD Properties

```
<rdf:Property rdf:about="&book;author">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Book"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Author"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;contactAuthor">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Book"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&book;Author"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&book;author"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;year">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;Book"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&book;content">
  <rdfs:domain rdf:resource="&book;DVD"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
</rdf:Property>

</rdf:RDF>
```

RDF Έγγραφο για το Βιβλιοπωλείο (1/2)

Books & Authors

```
<book:Book rdf:about="&book;Book20">
  <book:id rdf:datatype="&xsd;integer">101</book:id>
  <book:price rdf:datatype="&xsd;decimal">130.0</book:price>
  <book:title rdf:datatype="&xsd;string">Parallel, Object-Oriented, and
    Active Knowledge Base Systems</book:title>
  <book:year rdf:datatype="&xsd;integer">2002</book:year>
  <book:contactAuthor rdf:resource="&book;Author21"/>
  <book:author rdf:resource="&book;Author23"/>
</book:Book>
<book:Author rdf:about="&book;Author21">
  <book:name rdf:datatype="&xsd;string">Nick Bassiliades</book:name>
  <book:hasWrittenBook rdf:resource="&book;Book20"/>
</book:Author>
<book:Author rdf:about="&book;Author23">
  <book:name rdf:datatype="&xsd;string">Ioannis Vlahavas</book:name>
  <book:hasWrittenBook rdf:resource="&book;Book20"/>
</book:Author>
<book:Author rdf:about="&book;Author33">
  <book:name rdf:datatype="&xsd;string">Jack Johnson</book:name>
  <rdf:type rdf:resource="&book;Customer"/>
  <book:hasWrittenReview rdf:resource="&book;Review36"/>
</book:Author>
```

RDF Έγγραφο για το Βιβλιοπωλείο (2/2)

Customers & Reviews

```
<book:Customer rdf:about="&book;Customer24">
  <book:name rdf:datatype="&xsd:string">John Smith</book:name>
  <book:hasBoughtProduct rdf:resource="&book;Book20"/>
  <book:hasWrittenReview rdf:resource="&book;Review26"/>
</book:Customer>
<book:Review rdf:about="&book;Review26">
  <book:text>Very good job!</book:text>
  <book:aboutBook rdf:resource="&book;Book20"/>
  <book:written_by rdf:resource="&book;Customer24"/>
</book:Review>
<book:Review rdf:about="&book;Review36">
  <book:text>Awful book</book:text>
  <book:aboutBook rdf:resource="&book;Book20"/>
  <book:written_by rdf:resource="&book;Author33"/>
</book:Review>
```


Εφαρμογές της RDF (1/2)

❖ *Μεταδεδομένα ηλεκτρονικών βιβλιοθηκών (Dublin Core)*

- ❑ Ιδιότητες για την περιγραφή εγγράφων (μεταδεδομένων)
- ❑ Σύνολο στοιχείων για την περιγραφή-καταλογογράφηση αντικειμένων του διαδικτύου
 - Όνομα, δημιουργός, θέμα, περιγραφή, ημερομηνία δημιουργίας, μορφή εμφάνισης, γλώσσα

```
<rdf:Description rdf:about="http://www.dlib.org/dlib/may98/05contents.html">  
  <dc:title>DLIB Magazine - The Magazine for Digital Library Research - May 1998  
</dc:title>
```

❖ *Μεταδεδομένα εκδοτικών οίκων (PRISM)*

- ❑ Προδιαγραφές για τα μεταδεδομένα της εκδοτικής βιομηχανίας
- ❑ *Ανακάλυψη-αναζήτηση περιεχομένου*: περιγραφή θεμάτων, είδος, προέλευση, περιεχόμενα, κατηγοριοποίηση με χρήση πολλαπλών τρόπων ταξινόμησης
- ❑ *Αναζήτηση Δικαιωμάτων*: Περιγραφή τόπων, χρόνου και εταιριών, που το περιεχόμενο του περιοδικού επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί
- ❑ *Καθολική Χρήση Μεταδεδομένων*: Dublin Core, RDF, XML, ταξινομήσεις και λεξιλόγια ISO, ορισμός νέων προτύπων μόνο όπου κρίνεται απαραίτητο

```
<rdf:Description rdf:about="http://travel.example.com/2000/08/Corfu.jpg">  
  <dc:rights rdf:parseType="Resource">  
    <prl:usage rdf:resource="#none"/>  
    <prl:industry rdf:resource="http://prismstandard.org/vocabs/SIC/21"/>
```

Εφαρμογές της RDF (2/2)

❖ *Μεταδεδομένα δικτυακών τόπων (RSS)*

- ❑ Περιγραφή πληροφοριών που σχετίζονται με την ενημέρωση.
- ❑ Στόχος η επαναχρησιμοποίηση της πληροφορίας σε όσο το δυνατόν περισσότερες χρήσεις και εφαρμογές με απλό τρόπο.

```
<rss:channel rdf:about="http://www.w3.org/2000/08/w3c-synd/home.rss">
  <rss:title>The World Wide Web Consortium</rss:title>
  <rss:description>Leading the Web to its Full Potential...</rss:description>
  <rss:link>http://www.w3.org/</rss:link>
  <rss:items> <rdf:Seq>
    <rdf:li rdf:resource="http://www.w3.org/News/2002#item164"/>
```

❖ *Γονιδιακά μεταδεδομένα (Gene Ontology Consortium - GO)*

- ❑ Παρέχει λεξιλόγια για την περιγραφή συγκεκριμένων όψεων των γονιδιακών προϊόντων
 - Μοριακή λειτουργία, βιολογική επεξεργασία, κυτταρικό περιεχόμενο
- ❑ Διευκολύνεται η ανταλλαγή της ιατρικής γνώσης
- ❑ Χρησιμοποιεί XML δομές που δεν περιέχουν RDF
 - Πολλές φορές δεδομένα XML μπορούν να αναπαρασταθούν και ως RDF/XML

```
<go:term rdf:about="http://www.geneontology.org/go#GO:0003674">
  <go:accession>GO:0003674</go:accession>
  <go:name>molecular_function</go:name>
  <go:definition>The action characteristic of a gene product</go:definition>
  <go:part-of rdf:resource="http://www.geneontology.org/go#GO:0003673"/>
```

Η Γλώσσα Οντολογιών Διαδικτύου OWL

- ❖ Λεξιλογική επέκταση της RDF
 - ❑ Μετεξέλιξη της DAML+OIL (DAML-ONT, OIL)
- ❖ Μια οντολογία περιλαμβάνει
 - ❑ Περιγραφή κλάσεων
 - ❑ Ορισμό ιδιοτήτων
 - ❑ Ορισμό στιγμιότυπων κάθε κλάσης
- ❖ Η γλώσσα παρέχει δυνατότητα εξαγωγής λογικών συμπερασμάτων
 - ❑ Παραγωγή γεγονότων που δεν έχουν αρχικά οριστεί, αλλά προκύπτουν με τη χρήση σημασιολογικών κανόνων
- ❖ Προβλήματα της RDF Schema που λύνει η OWL:
 - ❑ Αδυναμία έκφρασης "τοπικών" περιορισμών για πεδία ορισμού-τιμών των ιδιοτήτων
 - ❑ Αδυναμία ορισμού αμοιβαία αποκλειόμενων κλάσεων (π.χ., άνδρες-γυναίκες)
 - ❑ Αδυναμία συνδυασμού κλάσεων με τελεστές συνόλων (π.χ., ένωση, τομή)
 - ❑ Αδυναμία επακριβούς προσδιορισμού του πλήθους των τιμών που μπορεί να πάρει κάποια ιδιότητα (cardinality).
 - ❑ Αδυναμία προσδιορισμού σημαντικών κοινών χαρακτηριστικών των ιδιοτήτων (π.χ. συμμετρικότητα, μεταβατικότητα)

Κατανεμημένη Αναπαράσταση Γνώσης

- ❖ Η OWL επιτρέπει το συνδυασμό πληροφοριών από πολλά έγγραφα.
 - ❑ Οι οντολογίες μπορούν να διασυνδέονται και να περιέχει η μία πληροφορίες για την άλλη
 - ❑ Μια κλάση που ορίζεται σε μια οντολογία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από άλλη
- ❖ Η νέα πληροφορία δεν μπορεί να διαγράψει την ήδη υπάρχουσα
 - ❑ Ακόμα και αν είναι αντίθετες
 - ❑ Η αντιμετώπιση αντιφάσεων εξαρτάται από ειδικά εργαλεία

Εκδόσεις της OWL

- ❖ OWL LITE
 - ❑ Κλάσεις δομημένες σε ιεραρχία και απλοί περιορισμοί για τα χαρακτηριστικά των κλάσεων.
- ❖ OWL DL
 - ❑ Μεγάλη εκφραστικότητα χωρίς απώλεια της πληρότητας και αποδοτικότητας
 - ❑ Εγγυάται ότι όλα τα λογικά συμπεράσματα είναι δυνατό να υπολογιστούν
- ❖ OWL FULL
 - ❑ Μεγάλη εκφραστικότητα και συντακτική ελευθερία της RDF
 - ❑ Απώλεια εγγυημένης πληρότητας και αποδοτικότητας
 - ❑ Αποτελεί επέκταση της RDF, ενώ οι άλλες δύο όχι



Παράδειγμα OWL

- ❖ Οντολογία για τον τόπο προέλευσης ή/και παραγωγής κρασιών.
 - ❑ Οι τύποι κρασιών εξαρτώνται από την περιοχή παραγωγής
 - ❑ Χώρα, Περιοχή, Πόλη, Αμπελώνας
- ❖ Σχέσεις που συνδέουν τους τύπους περιοχών:
 - ❑ Οι περιοχές είναι τμήματα των χωρών.
 - ❑ Οι περιοχές μπορεί να διαιρούνται και σε τμήματα μικρότερης έκτασης (υπο-περιοχές)
 - ❑ Οι πόλεις ανήκουν σε περιοχές.
 - ❑ Οι αμπελώνες είναι τμήματα των πόλεων.
- ❖ Μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως αν ένα κρασί προέρχεται από ένα συγκεκριμένο αμπελώνα, τότε το κρασί αυτό έχει μια συγκεκριμένη χώρα προέλευσης

Ορισμός Κλάσεων

- ❖ Οι βασικές έννοιες μιας οντολογίας παριστάνονται με κλάσεις που ανήκουν σε ιεραρχικά δένδρα.
- ❖ Κάθε οντότητα είναι αντικείμενο της κλάσης `owl:Thing` (υπερκλάση όλων)
- ❖ Ο ορισμός κλάσης έχει δύο τμήματα:
 - ❑ Όνομα
 - ❑ Λίστα περιορισμών

Κλάσεις στην Οντολογία των Κρασιών

```
<owl:Class rdf:ID="&vin;ProductionArea"/>
<owl:Class rdf:ID="&vin;Country">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&vin;ProductionArea"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="&vin;Region">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&vin;ProductionArea"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="&vin;Vineyard">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&vin;ProductionArea"/>
</owl:Class>
```

Σύνθετες Κλάσεις

- ❖ Συνδυασμός κλάσεων με τους κλασικούς τελεστές συνόλων
 - ❑ `intersectionOf` (τομή), `unionOf` (ένωση), `complementOf` (συμπληρωματικό)
- ❖ Οι τελεστές `intersectionOf` και `unionOf` μπορούν να εφαρμοστούν σε δύο ή περισσότερες κλάσεις

```
<owl:Class rdf:ID="WhiteBurgundy">  
  <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Class rdf:about="#Burgundy" />  
    <owl:Class rdf:about="#WhiteWine" />  
  </owl:intersectionOf>  
</owl:Class>
```

- ❖ Ο τελεστής εφαρμόζεται `complementOf` μόνο σε μία κλάση

```
<owl:Class rdf:ID="ConsumableThing" />  
<owl:Class rdf:ID="NonConsumableThing">  
  <owl:complementOf rdf:resource="#ConsumableThing" />  
</owl:Class>
```

Ορισμός Ιδιοτήτων

❖ Στην OWL υπάρχουν 2 τύποι ιδιοτήτων:

- ❑ Ιδιότητες τύπου δεδομένων (datatype properties)
 - Σχέσεις μεταξύ στιγμιότυπων κλάσεων και τύπων δεδομένων RDF ή XML
- ❑ Ιδιότητες αντικειμένων (object properties)
 - Σχέσεις μεταξύ στιγμιότυπων δύο κλάσεων

Ιδιότητες στην Οντολογία των Κρασιών (1/2)

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;hasSubArea">  
  <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"/>  
</owl:ObjectProperty>  
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;subAreaOf">  
  <owl:inverseOf rdf:resource="&vin;hasSubArea"/>  
</owl:ObjectProperty>  
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;hasRegion:>  
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&vin;hasSubArea"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="&vinRegion"/>  
</owl:ObjectProperty>  
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;regionOf">  
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>  
  <owl:inverseOf rdf:resource="&vin;hasRegion"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="&vin;Region"/>  
</owl:ObjectProperty>
```


Ιδιότητες στην Οντολογία των Κρασιών (2/2)

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;hasSubRegion">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&vin;hasSubArea"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&vin;Region"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;subRegionOf">
  <owl:inverseOf rdf:resource="&vin;hasSubRegion"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&vin;Region"/>
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;hasVineyard">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&vin;hasSubArea"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&vin;Vineyard"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="&vin;vineyardRegion">
  <owl:inverseOf rdf:resource="&vin;has Vineyard"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&vin;Region"/>
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="adjacentRegion">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;SymmetricProperty" />
  <rdfs:domain rdf:resource="#Region" />
  <rdfs:range rdf:resource="#Region" />
</owl:ObjectProperty>
```

Περιορισμοί Ιδιοτήτων (1/2)

- ❖ Στην OWL εκφράζουμε περιορισμούς για τις ιδιότητες με "τοπική" εμβέλεια
 - ❑ `owl:Restriction`, `owl:onProperty`
- ❖ Οι περιορισμοί `allValuesFrom`, `someValuesFrom` περιορίζουν τον *τύπο* των τιμών που μπορεί να πάρει μια ιδιότητα σε "τοπικό" επίπεδο
 - ❑ Το `allValuesFrom` απαιτεί οι τιμές που παίρνει η ιδιότητα για **κάθε** στιγμιότυπο μιας κλάσης να προέρχονται από την κλάση που καθορίζει ο περιορισμός.
 - ❑ Αποτελεί ισοδύναμο του καθολικού ποσοδείκτη στη λογική

```
<owl:Class rdf:ID="Wine">
```

```
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#food;PotableLiquid"/>
```

```
<rdfs:subClassOf>
```

```
<owl:Restriction>
```

```
<owl:onProperty rdf:resource="#hasMaker"/>
```

```
<owl:allValuesFrom rdf:resource="#Winery"/>
```

```
</owl:Restriction>
```

```
</rdfs:subClassOf>
```

```
</owl:Class>
```

- Για κάθε κρασί, αν έχει παραγωγό, τότε αυτός είναι οινοποιείο
- Αναγκαία, αλλά όχι ικανή συνθήκη

- Αν αντικατασταθεί με **someValuesFrom**
- Για κάθε κρασί, υπάρχει τουλάχιστον ένας παραγωγός που είναι οινοποιείο

Περιορισμοί Ιδιοτήτων (2/2)

- ❖ Μπορεί να περιοριστεί το πλήθος τιμών (cardinality) κάποιας ιδιότητα

- `minCardinality`, `maxCardinality`, `cardinality`

```
<owl:Class rdf:ID="Vintage">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasVintageYear"/>
      <owl:cardinality rdf:datatype="&xsd;integer">1</owl:cardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

- ❖ Ο περιορισμός `hasValue` ορίζει κλάσεις βάσει της ακριβούς τιμής που πρέπει να έχει κάποια ιδιότητα των στιγμιότυπων της

```
<owl:Class rdf:ID="Burgundy">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasSugar"/>
      <owl:hasValue rdf:resource="#Dry"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```



Ισοδυναμίες Κλάσεων, Ιδιοτήτων, Στιγμιότυπων

- ❖ Στις οντολογίες πολλές φορές εκφράζονται συνώνυμες έννοιες
 - Καλύπτεται ευρύ φάσμα εκφράσεων που χρησιμοποιούνται από διαφορετικούς ανθρώπους
- ❖ **equivalentClass**: Ισοδυναμία μεταξύ κλάσεων
- ❖ **equivalentProperty**: Ισοδυναμία μεταξύ ιδιοτήτων
- ❖ **sameAs**: Ισοδυναμία μεταξύ στιγμιότυπων
- ❖ **disjointWith**: Ανισότητα μεταξύ δύο κλάσεων
- ❖ **differentFrom**: Ανισότητα μεταξύ δύο στιγμιότυπων
- ❖ **AllDifferent**: Ανισότητα πολλών στιγμιότυπων

Απαρίθμηση Μελών Κλάσης

- ❖ Ορισμός κλάσης με άμεση απαρίθμησης των μελών της (**oneOf**)
 - ❑ Καθορίζεται πλήρως η επέκταση μιας κλάσης
 - ❑ Δεν μπορούν να υπάρξουν άλλα στιγμιότυπα της κλάσης πέραν αυτών που απαριθμήθηκαν

```
<owl:Class rdf:ID="WineColor">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#WineDescriptor"/>  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Thing rdf:about="#White"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Rose"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Red"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```