

---

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 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]*

Η λέξη "σημασιολογία" έχει ως ρίζα τις Ελληνικές λέξεις "σημάδι", "σημαίνω" και "σημαντικός" και σήμερα αναφέρεται στην απόδοση νοήματος στα σύμβολα μιας γλώσσας. Το *Σημασιολογικό Διαδίκτυο (Semantic Web)* αυτή τη στιγμή αποτελεί τη μεγαλύτερη προσπάθεια αυτόματης ενοποίησης συστημάτων ώστε να συνεργάζονται διαλειτουργικά, σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο Tim Berners-Lee, που επινόησε τον Παγκόσμιο Ιστό το 1989, είχε το όραμα ενός ιστού δεδομένων αυτόματα επεξεργάσιμων από τις εφαρμογές, βάσει του νοήματος και όχι της μορφής της πληροφορίας.

Το κέντρο βάρους των περιεχομένων του διαδικτύου μετατοπίζεται συνεχώς από το ελεύθερο κείμενο που είναι πλήρως κατανοητό μόνο από τον άνθρωπο, προς την ημιδομημένη ή/και πλήρως δομημένη πληροφορία η οποία μπορεί να γίνει αυτόματα κατανοητή από διαδικτυακές εφαρμογές, όπως είναι οι διαδικτυακές υπηρεσίες ή οι ευφυείς πράκτορες που εξετάστηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Για να φτάσει το διαδίκτυο στο μέγιστο των δυνατοτήτων του, πρέπει να εξελιχθεί σε μια τέτοια μορφή στην οποία να παρέχει μια παγκοσμίως προσβάσιμη πλατφόρμα που να επιτρέπει σε αυτοματοποιημένα εργαλεία (πράκτορες) να διαμοιράζονται και να επεξεργάζονται πληροφορίες και δεδομένα για λογαριασμό των ανθρώπων-χρηστών τους. Το Σημασιολογικό Διαδίκτυο αποτελεί πρωτοβουλία της *Κοινοπραξίας του Παγκοσμίου Ιστού (W3C)* και η σχετική δραστηριότητα (*Semantic Web Activity*) έχει δημιουργηθεί για να διαδραματίσει έναν ηγετικό ρόλο, τόσο στο σχεδιασμό προδιαγραφών, όσο και στην ανοικτή ανάπτυξη της τεχνολογίας μέσω της συνεργασίας.

Εδώ θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η κυριολεκτική μετάφραση του αγγλικού όρου *Semantic Web* είναι *Σημασιολογικός Ιστός*. Όμως η τεχνολογία που αναπτύσσεται και το εύρος των εφαρμογών καλύπτουν και άλλους τομείς του διαδικτύου, όπως είναι για παράδειγμα το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Επίσης, είναι γεγονός πως το *Διαδίκτυο (Internet)* γίνεται πλέον αντιληπτό στο χρήστη σχεδόν αποκλειστικά μέσω

του παγκόσμιου ιστού. Σαν αποτέλεσμα, οι δύο όροι *ιστός* και *διαδίκτυο* χρησιμοποιούνται σχεδόν ταυτόσημα. Για τα παραπάνω, στο εξής θα χρησιμοποιείται ο όρος *Σημασιολογικό Διαδίκτυο (ΣΔ)*.

## 29.1 Το Όραμα του Σημασιολογικού Διαδικτύου

Το ΣΔ αποτελεί μια επέκταση του υπάρχοντος διαδικτύου, στην οποία η πληροφορία που παρουσιάζεται στο χρήστη ορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατανοητή όχι μόνο από τους ανθρώπους αλλά και από τα προγράμματα-πράκτορες, ενισχύοντας έτσι τη διαλειτουργικότητα της επεξεργασίας των πληροφοριών μεταξύ των πρακτόρων αλλά και διευκολύνοντας τη λειτουργικότητα της χρήσης του διαδικτύου από τους ανθρώπους με τη βοήθεια των πρακτόρων. Το ΣΔ βασίζεται στην ιδέα της οργάνωσης και διασύνδεσης της πληροφορίας που υπάρχει στο διαδίκτυο, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά για την ανακάλυψη, αυτοματοποίηση, ομαδοποίηση και επαναχρησιμοποίησή της από διαφορετικές μεταξύ τους διαδικτυακές εφαρμογές.

Το ΣΔ φιλοδοξεί να παρέχει στο μέλλον την υποδομή που απαιτείται για τη δημιουργία και την αξιοποίηση του συνόλου των πληροφοριών από ένα πλήθος διαδικτυακών εφαρμογών που θα περιλαμβάνουν, εκτός από τις απλές ιστοσελίδες του διαδικτύου, τις εταιρικές βάσεις δεδομένων, τις διαδικτυακές ηλεκτρονικές υπηρεσίες, τους πράκτορες, ακόμη και τις οικιακές συσκευές. Με το νέο αυτό τρόπο οργάνωσης των δεδομένων, οι ευφυείς λογισμικοί πράκτορες που μετά από αίτηση κάποιου χρήστη αναζητούν πληροφορίες ή παρεχόμενες υπηρεσίες στο διαδίκτυο, θα έχουν τη δυνατότητα να φιλτράρουν καλύτερα τα δεδομένα που συλλέγουν. Έτσι αυτά θα ανταποκρίνονται πραγματικά στις ανάγκες του χρήστη και θα παρουσιάζονται με κατανοητή μορφή. Το όραμα του ΣΔ συνεχώς ενδυναμώνεται με τη γέννηση μιας νέας γενιάς τεχνολογιών και εργαλείων. Συγκεκριμένα, δημιουργούνται νέες γλώσσες, όπως οι XML, RDF, OWL, που αναπαριστούν την πληροφορία σε μορφή εύκολα κατανοητή και επεξεργάσιμη από τους πράκτορες.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι το ΣΔ δεν είναι ακόμα υπαρκτό, αλλά ότι υπάρχει μια εξαιρετικά σημαντική κινητικότητα ερευνητών και εταιριών οι οποίες αναπτύσσουν τις συγκεκριμένες τεχνολογίες καθώς και κάποιες (όχι ακόμα αρκετές) εφαρμογές οι οποίες βασίζονται πάνω στις τεχνολογίες αυτές. Παρόλα αυτά το όραμα του ΣΔ ίσως να μην είναι και τόσο μακρινό αν γίνει ένας παραλληλισμός με τη διάδοση του ίδιου του διαδικτύου. Το 1989, όταν δηλαδή το διαδίκτυο έκανε τα πρώτα βήματα για την παγκόσμια καθιέρωσή του, η ανακάλυψη και ανάκτηση πληροφοριών από απομακρυσμένα συστήματα ήταν κάτι που μόνο ένας ειδικός μπορούσε να κάνει. Το διαδίκτυο ως τεχνολογικό υπόβαθρο υπήρχε και θεωρητικά έδινε δυνατότητα πρόσβασης σε αυτά τα συστήματα. Υπήρχαν όμως σημαντικά προβλήματα ευχρηστίας εξαιτίας των διαφορετικών πρωτοκόλλων πρόσβασης, ακόμη και μέσα στο ίδιο σύστημα.

Με την ανάπτυξη του *Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web)* η διασύνδεση των διαφόρων πηγών πληροφοριών έγινε πολύ εύκολη υπόθεση, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη ποια πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται. Η ανάπτυξη των *διασυνδέσεων ιστού*

ου είναι προσανατολισμένη προς τον άνθρωπο-χρήστη. Ακόμη και αν οι πληροφορίες αυτές αντλούνται από μια καλά οργανωμένη βάση δεδομένων, η δομή αυτή δεν είναι ευδιάκριτη για ένα λογισμικό πράκτορα που αναζητά στοιχεία, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολη η αυτοματοποίηση κάποιων χρονοβόρων και επίπονων εργασιών στο διαδίκτυο από προγράμματα-πράκτορες.

### **Σημασιολογικό διαδίκτυο και τεχνητή νοημοσύνη**

Το ΣΔ έχει πολύ μεγάλη σχέση με την ΤΝ, καθώς επαναχρησιμοποιεί πολλές από τις κλασικές μεθόδους αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής, όπως τα σημασιολογικά δίκτυα, τα πλαίσια και τη λογική, προσαρμοσμένες όμως στο ανοικτό και απρόβλεπτο περιβάλλον του διαδικτύου. Με το ΣΔ, οι μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής της ΤΝ βρίσκουν πλέον την πιο σημαντική εφαρμογή τους σε ένα εγχείρημα τεραστίων διαστάσεων, όπως είναι η διαλειτουργικότητα δεδομένων και εφαρμογών στο διαδίκτυο, με αποτέλεσμα να δικαιώνονται τόσες δεκαετίες έρευνας στην ΤΝ.

Μία ακόμη σημαντική εφαρμογή της ΤΝ στο ΣΔ είναι οι ευφυείς πράκτορες, των οποίων η τεχνολογία ως τώρα είτε ήταν αποκομμένη από το διαδίκτυο, με αποτέλεσμα τη μικρή διάδοσή της, είτε χρησιμοποιούσε προσαρμοσμένες κατά περίπτωση λύσεις για τη διαλειτουργικότητα των πληροφοριών στο διαδίκτυο, με αποτέλεσμα το υψηλό κόστος ανάπτυξης εφαρμογών. Για παράδειγμα, ένας πράκτορας αναζήτησης πληροφοριών στο διαδίκτυο σήμερα θα πρέπει να γνωρίζει τις λεπτομέρειες μορφοποίησης κάθε ιστοσελίδας ή μηχανής αναζήτησης από την οποία αντλεί πληροφορίες, για να απομονώσει το τμήμα εκείνο της πληροφορίας που τον ενδιαφέρει. Για κάθε νέα ιστοσελίδα που πρέπει να επεξεργάζεται ο πράκτορας, θα πρέπει να προγραμματιστεί μία καινούρια μέθοδος απομόνωσης των πληροφοριών που ενδιαφέρουν. Επίσης, ακόμη και για τις σελίδες που αναγνωρίζει ο πράκτορας, η παραμικρή αλλαγή στη δομή ή/και στη μορφή τους συνεπάγεται επαναπρογραμματισμό της μεθόδου εύρεσης πληροφοριών του. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται το κόστος επεκτασιμότητας και συντήρησης του πράκτορα.

Με τη χρήση των τεχνολογιών του ΣΔ από τις ιστοσελίδες και από τις μηχανές αναζήτησης, οι πράκτορες θα έχουν στη διάθεσή τους πληροφορίες οι οποίες θα είναι ανεξάρτητες από τη μορφή της παρουσιάσής τους στον άνθρωπο-χρήστη. Οι πληροφορίες αυτές θα είναι συνδεδεμένες με κάποιο κοινόχρηστο πλαίσιο αναφοράς (οντολογία) έτσι ώστε το νόημά τους να είναι προσβάσιμο και κατανοητό από όλους τους πράκτορες που δρουν στο διαδίκτυο, ανεξάρτητα από το σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκαν.

Ωστόσο, οι στόχοι του ΣΔ δεν είναι τόσο μεγαλεπήβολοι όπως αυτοί της ΤΝ στην οποία επιχειρείται η εξομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης. Το κλειδί για την επίτευξη των στόχων της ΤΝ είναι η κατανόηση της ανθρώπινης νοημοσύνης, συνεπώς πρόκειται για μία σοβαρή και θεμελιώδη επιστήμη η οποία έχει μακρύ δρόμο μπροστά της, χωρίς φυσικά να παραγνωρίζονται τα επί μέρους επιτεύγματά της έως σήμερα.

Από την άλλη, οι στόχοι του ΣΔ είναι περισσότερο τεχνολογικοί και λιγότερο επιστημονικοί. Το ΣΔ απλά προσπαθεί να αναπτύξει τεχνολογίες οι οποίες βοηθούν

τη διαλειτουργικότητα των πληροφοριών και των εφαρμογών στο διαδίκτυο. Δηλαδή, προτείνει γλώσσες που εκφράζουν την πληροφορία με τρόπο κατανοητό από τους πράκτορες και, επίσης, ενθαρρύνει τους χρήστες του διαδικτύου να εμπλουτίζουν τα έγγραφά τους με τέτοιους είδους πληροφορίες. Από εκεί πηγάζει και ο ορισμός του ΣΔ, ως το προσανατολισμένο στην πληροφορία διαδίκτυο, δηλαδή κάτι σα μια παγκόσμια βάση δεδομένων-γνώσης. Ακόμα και αν οι πράκτορες που δρουν στο ΣΔ δεν είναι και τόσο "ευφυείς" όσο οραματίζεται η ΤΝ, το διαδίκτυο που θα αναδυθεί μέσα από τη χρήση των τεχνολογιών του ΣΔ θα είναι πολύ πιο εύχρηστο και αποδοτικό από το σημερινό.

## 29.2 Οντολογίες, Πράκτορες και Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Όπως αναφέρθηκε, δύο από τις σημαντικότερες συμβολές της ΤΝ στο ΣΔ είναι οι μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης και οι ευφυείς πράκτορες. Στο ΣΔ για την αναπαράσταση γνώσης χρησιμοποιούνται δομημένες αναπαραστάσεις, οι λεγόμενες *οντολογίες*, οι οποίες έχουν πολλά κοινά στοιχεία με τα σημασιολογικά δίκτυα και πλαίσια. Οι οντολογίες χρησιμεύουν κυρίως στον ορισμό κοινών λεξιλογίων τα οποία θα χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εφαρμογών στο ΣΔ.

Μία ακόμη σημαντική κατηγορία εφαρμογών στο ΣΔ, πέραν των πρακτόρων, είναι οι *διαδικτυακές υπηρεσίες* (*web services*). Αυτές είναι παθητικές διαδικτυακές εφαρμογές, οι οποίες ανταποκρίνονται σε μηνύματα-αιτήματα που τους αποστέλλονται, αλλά δεν παρουσιάζουν αντιδραστικότητα και προνοητικότητα, όπως οι πράκτορες.

Στη συνέχεια της ενότητας, θα εξεταστούν εκτενέστερα οι οντολογίες και ο ρόλος τους στο ΣΔ, θα περιγραφεί ο ρόλος των πρακτόρων στο ΣΔ και παρουσιάζονται λεπτομερέστερα οι διαδικτυακές υπηρεσίες. Τέλος, θα περιγραφούν οι αλληλεπιδράσεις όλων των παραπάνω μεταξύ τους.

### 29.2.1 Οντολογίες

Στην ΤΝ, μια *οντολογία* (*ontology*) είναι η αυστηρά μαθηματική (formal) περιγραφή ενός πεδίου γνώσης (domain) και περιλαμβάνει ένα σύνολο από όρους και τις σημασιολογικές συσχετίσεις μεταξύ τους. Οι όροι περιγράφουν κλάσεις αντικείμενων, δηλαδή έννοιες-πρότυπα σχετικές με αντικείμενα. Οι συσχετίσεις συνήθως αφορούν ιεραρχικές εξαρτήσεις μεταξύ των όρων. Άλλες πληροφορίες που μπορεί να υπάρχουν σε μία οντολογία είναι οι ιδιότητες των όρων, περιορισμοί γύρω από αυτές, σχέσεις ισοδυναμίας και διαχωρισμού, καθώς και σημασιολογικοί συσχετισμοί (*semantic relationships*) μεταξύ των όρων με τη χρήση της λογικής. Συνήθως όμως, τα πιο πολύπλοκα συστήματα εξαγωγής λογικών συμπερασμάτων διαχωρίζονται από τις οντολογίες. Οι δυνατότητες που παρέχουν οι οντολογίες για εξαγωγή συμπερασμάτων συμπεριλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Έλεγχος του αν κάποιο αντικείμενο (ή διαδικτυακός πόρος) ανήκει σε κάποια κλάση ή όχι. Αυτό γίνεται εύκολα ακολουθώντας τις ιεραρχικές συσχετίσεις της οντολογίας.

### 29.3.2 Αναπαράσταση Περιεχομένου Εγγράφων

Η λογική αναπαράσταση των εγγράφων στο ΣΔ βασίζεται στο πρότυπο XML. Η XML (*eXtensible Markup Language - Επεκτάσιμη Γλώσσα Σήμανσης*) είναι μία μετα-γλώσσα αναπαράστασης πληροφοριών στο διαδίκτυο η οποία επιτρέπει την αναπαράσταση δομημένων εγγράφων με τη χρήση λεξιλογίων που ορίζονται από το χρήστη. Δημιουργήθηκε με σκοπό το διαμοιρασμό εγγράφων στο διαδίκτυο μέσω μιας κοινά κατανοητής από πλευράς σύνταξης γλώσσας.

Η XML αποτελεί μία από τις πολλές γλώσσες που προήλθαν από το διεθνές πρότυπο αναπαράστασης πληροφορίας SGML (*Standard Generalized Markup Language*), το οποίο ορίστηκε για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη διάδοση της πληροφορίας μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Προσπαθεί να καλύψει τις αδυναμίες της γλώσσας περιγραφής ιστοσελίδων HTML (μία ακόμη υπο-γλώσσα της SGML), έχοντας εν τούτοις πολλές ομοιότητες.

Η HTML παρέχει ένα σταθερό σύνολο προκαθορισμένων στοιχείων, με τα οποία συμβολίζονται και οριοθετούνται τα περιεχόμενα μιας τυπικής ιστοσελίδας γενικού περιεχομένου. Παραδείγματα τέτοιων στοιχείων είναι οι επικεφαλίδες, οι ενότητες, οι λίστες, οι πίνακες, οι εικόνες και οι σύνδεσμοι (links). Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλά είδη εγγράφων, κυρίως δομημένων, για τα οποία η HTML είναι ακατάλληλη, λόγω περιορισμένων δυνατοτήτων αναπαράστασης, όπως για παράδειγμα έγγραφα που δεν αποτελούνται από τυπικά στοιχεία, βάσεις δεδομένων, κτλ.

Αντίθετα, η XML διαθέτει ένα εξαιρετικά ευέλικτο συντακτικό για τη δημιουργία οποιωνδήποτε στοιχείων και την περιγραφή οποιουδήποτε είδους εγγράφου, από μουσικές παρτιτούρες και συνταγές μαγειρικής μέχρι σύνθετες βάσεις δεδομένων. Για παράδειγμα, το έγγραφο XML στο Σχήμα 29.3 περιγράφει μια λίστα βιβλίων.

```
<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>
```

Σχήμα 29.3: Παράδειγμα εγγράφου XML.

Ένα έγγραφο XML είναι δομημένο ιεραρχικά σε μορφή δένδρου, με στοιχεία (*elements*) που περικλείονται μέσα σε άλλα και με ένα στοιχείο ανωτάτου επιπέδου (σε αυτό το παράδειγμα **INVENTORY**), γνωστό ως *βασικό στοιχείο* (*root element*), το οποίο περιέχει όλα τα υπόλοιπα. Τα στοιχεία δείχνουν τη λογική δομή ενός εγγράφου

```

    <rdfs:domain rdf:resource="&book;Person"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&book;Review"/>
  </rdf:Property>
  <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;name">
    <rdfs:domain rdf:resource="&book;Person"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  </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;text">
    <rdfs:domain rdf:resource="&book;Review"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  </rdf:Property>
  <rdf:Property rdf:about="&book;title">
    <rdfs:domain rdf:resource="&book;Product"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  </rdf:Property>
  <rdf:Property rdf:about="&book;written_by">
    <rdfs:range rdf:resource="&book;Person"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="&book;Review"/>
  </rdf:Property>
  <rdf:Property rdf:about="&book;year">
    <rdfs:domain rdf:resource="&book;Book"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  </rdf:Property>
</rdf:RDF>

```

Σχετικά με τις επιλογές μοντελοποίησης που έγιναν, υπάρχουν τα εξής σχόλια:

- Η κλάση **Person** δεν υφίσταται στην περιγραφή του προβλήματος. Παρόλα αυτά κρίθηκε σκόπιμη η δημιουργία της καθώς υπάρχουν κοινές ιδιότητες (**name**, **hasWrittenReview**) για τις κλάσεις **Customer** και **Author**. Μία άλλη, λιγότερο κομψή λύση, θα ήταν να δημιουργηθούν δύο ιδιότητες με διαφορετικά ονόματα, για κάθε κοινή ιδιότητα των δύο κλάσεων, για παράδειγμα **customerName** και **authorName**. Μία άλλη λύση που δίνεται συχνά σε τέτοιες περιπτώσεις, η οποία όμως είναι λανθασμένη, είναι να δημιουργείται μια ιδιότητα στην οποία αποδίδονται οι δύο κλάσεις **Customer** και **Author** ως περιορισμός του πεδίου ορισμού. Αυτό είναι λάθος, γιατί σημαίνει ότι η ιδιότητα **name** αποδίδεται σε πόρους που ανήκουν ταυτόχρονα και στην κλάση **Customer** και στην κλάση **Author** και όχι είτε στη μία ή στην άλλη.
- Η ιδιότητα **contactAuthor** είναι υπο-ιδιότητα της **author** γιατί κάθε **contactAuthor** είναι και **author**, ενώ δε συμβαίνει πάντα το αντίθετο.

Τέλος, ο περιορισμός `hasValue` επιτρέπει τον ορισμό κλάσεων βάσει της ακριβούς τιμής που πρέπει να έχει κάποια ιδιότητα των στιγμιότυπων της. Στο παρακάτω παράδειγμα, τα κρασιά τύπου Βουργουνδίας πρέπει να έχουν για την ιδιότητα `hasSugar` την τιμή `Dry`. Συνεπώς, αν κάποιο στιγμιότυπο ανήκει στην κλάση `Burgundy` θα πρέπει τουλάχιστον μία από τις τιμές της ιδιότητας `hasSugar` (μπορεί να έχει πολλές) να είναι ίση με `Dry`.

```
<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 και στιγμιότυπων

Στις οντολογίες πολλές φορές εκφράζονται συνώνυμες έννοιες γιατί είναι απαραίτητο να καλύπτεται ένα ευρύ φάσμα εκφράσεων που χρησιμοποιούνται για τις ίδιες έννοιες από ετερογενείς ομάδες ανθρώπων. Έτσι η ισοδυναμία μεταξύ κλάσεων δηλώνεται με τις ιδιότητες `equivalentClass`, μεταξύ ιδιοτήτων με την `equivalentProperty` και μεταξύ στιγμιότυπων με την `sameAs`. Αντίθετα, η ανισότητα μεταξύ δύο κλάσεων δηλώνεται με την ιδιότητα `disjointWith`, ενώ μεταξύ δύο στιγμιότυπων με την `differentFrom`. Η ανισότητα μεταξύ πολλών στιγμιότυπων δηλώνεται με την ιδιότητα `AllDifferent`.

### Απαρίθμηση μελών κλάσης

Η OWL δίνει τη δυνατότητα ορισμού μιας κλάσης μέσω άμεσης απαρίθμησης των μελών της, με τη χρήση της ιδιότητας `oneOf`. Με τον ορισμό αυτό καθορίζεται πλήρως η επέκταση μιας κλάσης, συνεπώς δεν μπορούν να υπάρξουν άλλα στιγμιότυπα της κλάσης πέραν αυτών που απαριθμήθηκαν. Στο παρακάτω παράδειγμα, ορίζεται η κλάση `WineColor` της οποίας τα μέλη είναι ακριβώς τα τρία χρώματα κρασιών `White`, `Rose`, και `Red`.

```
<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>
```

## Βιβλιογραφία

Η εργασία που σηματοδότησε το πεδίο της έρευνας και της ανάπτυξης εφαρμογών στο ΣΔ είναι η [Berners-Lee, et al., 2001]. Ένα από τα πρώτα ολοκληρωμένα διδακτικά εγχειρίδια για το ΣΔ είναι το [Antoniou & Harmelen, 2004]. Συλλογές από σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες σχετικές με το ΣΔ μπορεί να βρεθούν στα βιβλία [Fensel, et al., 2003] και [Davies, et al., 2002]. Ανάλογη συλλογή εργασιών για οντολογίες υπάρχει στο βιβλίο [Staab & Studer, 2004]. Το βιβλίο του Tim-Berners Lee [Berners-Lee & Fischetti, 1999] αποτελεί μία σημαντική πηγή πληροφοριών για την εξέλιξη του διαδικτύου και εμπνεύσεων για τη μελλοντική του εξέλιξη.

Τέλος, όλες οι τρέχουσες εξελίξεις σχετικά με το ΣΔ και τις Οντολογίες μπορεί να αναζητηθούν στους δικτυακούς τόπους Semantic Web Activity του W3C (<http://www.w3.org/2001/sw/>), και Semantic Web Community Portal (<http://www.semanticweb.org/>). Ειδικότερα, στον πρώτο από τους δύο δικτυακούς τόπους μπορεί να αναζητηθούν όλα τα "επίσημα" έγγραφα του W3C σχετικά με τις γλώσσες XML, WSDL, RDF και OWL. Η γλώσσα OWL-S περιγράφεται στο δικτυακό τόπο DAML Services (<http://www.daml.org/services/owl-s/>). Η DAML αποτελεί πρόδρομο της OWL.

## Ασκήσεις - Ερωτήσεις

1. Δίνεται το παρακάτω έγγραφο RDF σε σύνταξη RDF/XML.
  - α) Να γράψετε όλες τις τριάδες-δηλώσεις που αντιστοιχούν στο έγγραφο αυτό. Αντί της πλήρους διεύθυνσης να χρησιμοποιήσετε τη συντομογραφία `namespace-prefix:local-name` για συντομία.
  - β) Να γράψετε όλες τις τριάδες-δηλώσεις που ενώ δεν υφίστανται σαφώς στο έγγραφο, υπονοείται η ύπαρξή τους βάσει της σημασιολογίας του μοντέλου RDF και της γλώσσας RDF Schema.

```
<rdf:RDF xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:uni="http://www.csd.auth.gr/university#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  <rdfs:Class rdf:about="http://www.csd.auth.gr/university#staff"/>
  <rdfs:Class rdf:about="http://www.csd.auth.gr/university#department"/>
  <rdfs:Class rdf:about="http://www.csd.auth.gr/university#faculty">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.csd.auth.gr/university#staff"/>
  </rdfs:Class>
  <rdf:Property rdf:about="http://www.csd.auth.gr/university#teaches">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://www.csd.auth.gr/university#faculty"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.csd.auth.gr/university#course"/>
  </rdf:Property>
  <rdf:Property rdf:about="http://www.csd.auth.gr/university#works_at">
    <rdfs:domain rdf:resource="http://www.csd.auth.gr/university#staff"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.csd.auth.gr/university#department"/>
  </rdf:Property>
  <rdf:Property rdf:about="http://www.csd.auth.gr/university#teaches_at">
```