



Τεχνητή Νοημοσύνη

13η διάλεξη (2024-25)

Ίων Ανδρουτσόπουλος

<http://www.aueb.gr/users/ion/>

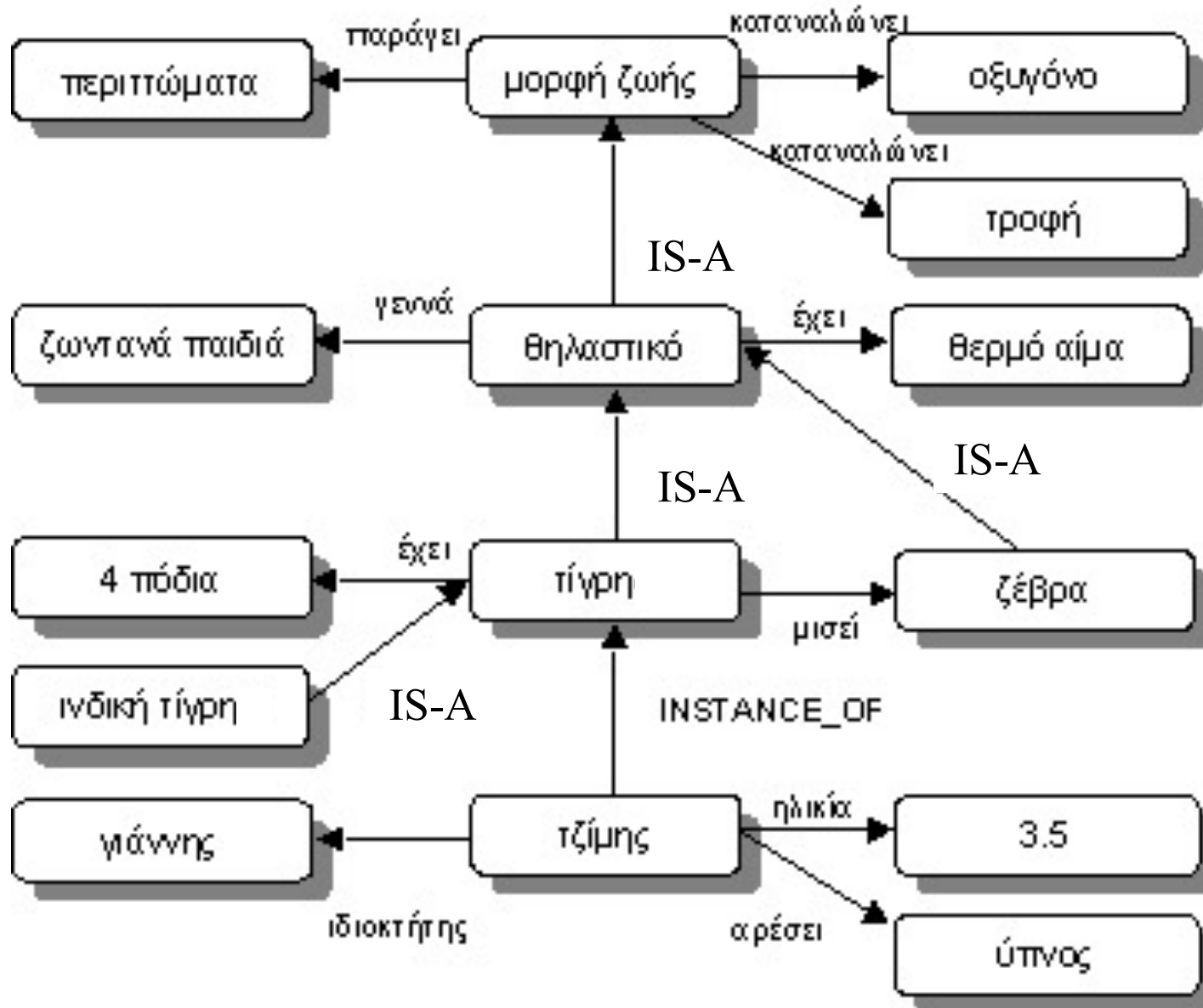
Οι διαφάνειες και οι ασκήσεις μελέτης της 13^{ης} διάλεξης παρέχονται ως προαιρετικό υλικό μελέτης. Δεν θα καλυφθούν από τις διαλέξεις και τα φροντιστήρια και δεν περιλαμβάνονται στην εξεταστέα ύλη του 2024-25.

Οι διαφάνειες αυτής της διάλεξης βασίζονται εν μέρει στα βιβλία: (α) «Τεχνητή Νοημοσύνη» των Βλαχάβα κ.ά., 3^η έκδοση, εκδόσεις Β. Γκιούρδας, 2006, (β) «Artificial Intelligence – A Modern Approach» των S. Russel και P. Norvig, 2^η και 4^η έκδοση, Prentice Hall, 2003 και 2020 (γ) «A Semantic Web Primer» των Γ. Αντωνίου και F. van Harmelen, 2^η έκδοση, MIT Press, 2008. Τα περισσότερα σχήματα των διαφανειών προέρχονται από τις διαφάνειες που συνοδεύουν τα δύο πρώτα βιβλία.

Τι θα ακούσετε σήμερα

- Σημασιολογικά δίκτυα.
- Πλαίσια.
- Οντολογίες και περιγραφικές λογικές.
- Σημασιολογικός Ιστός και OWL.

Σημασιολογικά δίκτυα

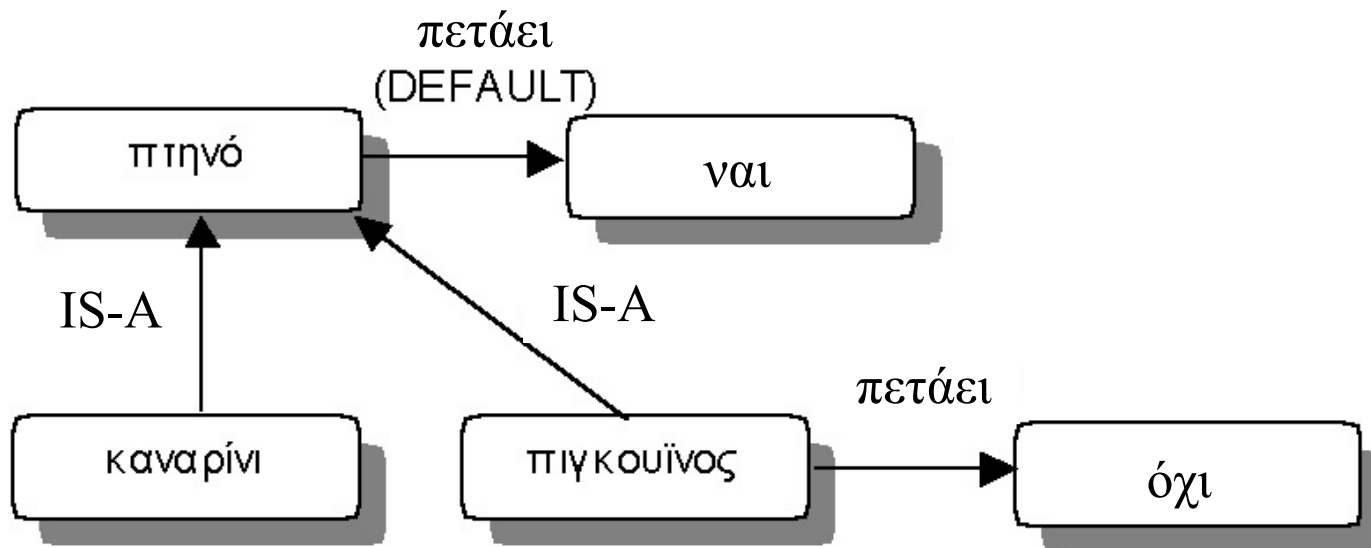


Σημασιολογικά δίκτυα

- Οι **κόμβοι** παριστάνουν:
 - **τάξεις** αντικειμένων (π.χ. τίγρη),
 - συγκεκριμένα **αντικείμενα-μέλη** («στιγμιότυπα», «instances») των τάξεων (π.χ. Τζίμης),
 - **τιμές ιδιοτήτων** (π.χ. «3,5»).
- Οι **ακμές** παριστάνουν
 - **σχέσεις** μεταξύ αντικειμένων και/ή τάξεων,
 - **ιδιότητες** (π.χ. ηλικία, όνομα).
- Μέσω των ακμών IS-A και INSTANCE-OF, οι κόμβοι **κληρονομούν** χαρακτηριστικά των προγόνων τους.
 - Π.χ. δεν χρειάζεται να επαναλάβω για κάθε μία διαφορετική τίγρη (π.χ. τον Τζίμη) ότι έχει 4 πόδια.

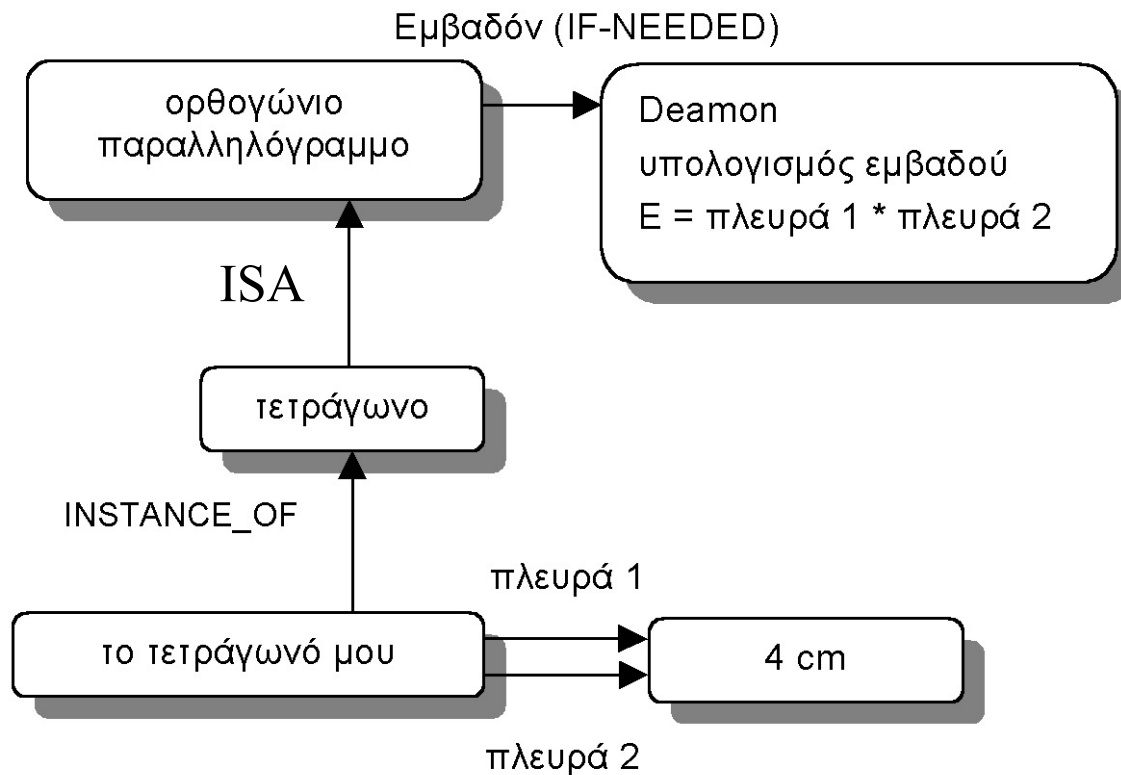
Προκαθορισμένες τιμές και εξαιρέσεις

- Η **συνήθης** τιμή μιας ιδιότητας μπορεί να οριστεί ως **προκαθορισμένη** τιμή ψηλά στην ιεραρχία.
- Οι προκαθορισμένες τιμές μπορούν να αλλάξουν σε περιπτώσεις **εξαιρέσεων**.

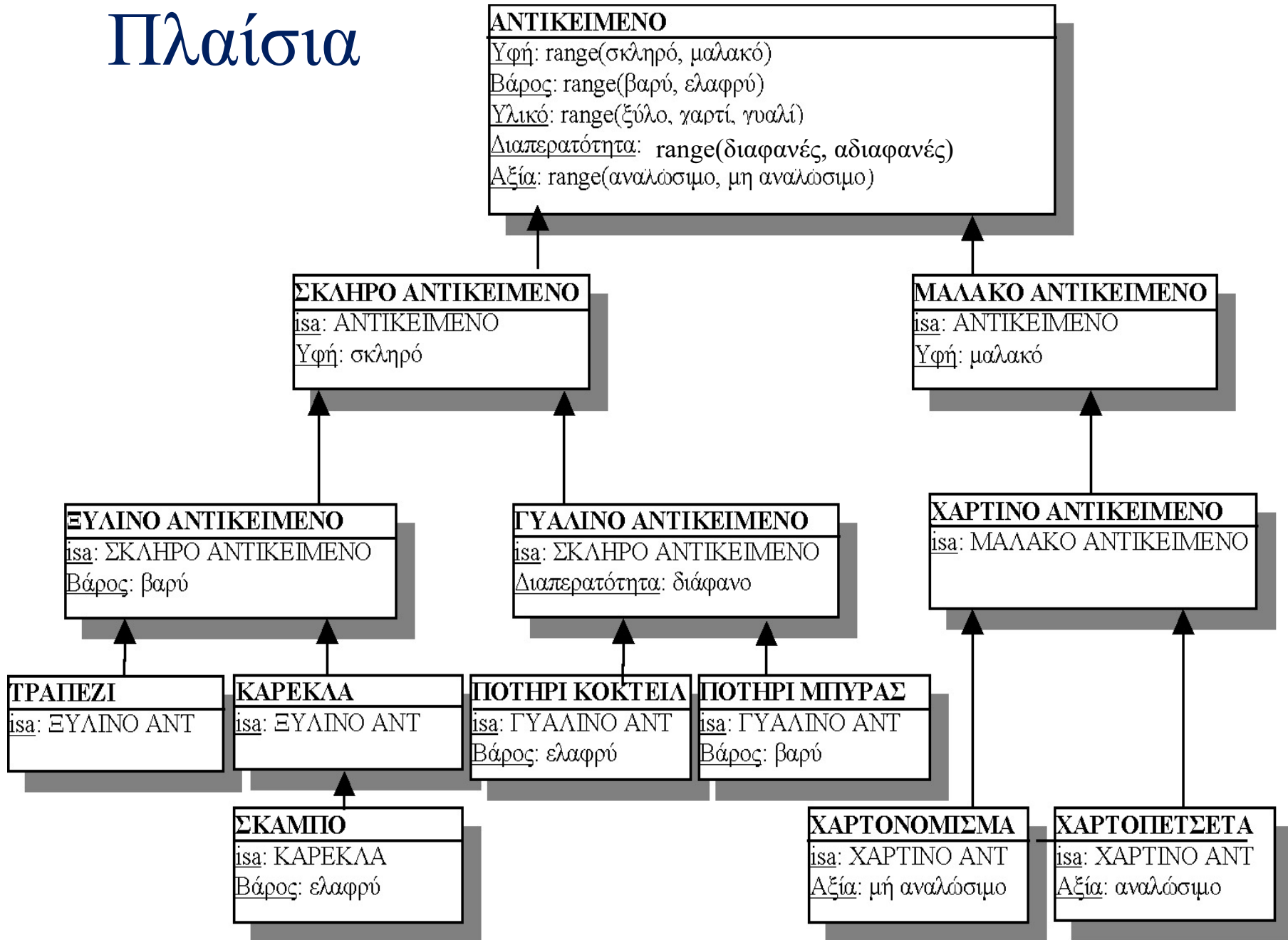


Προσκόλληση διαδικασιών

- Οι τιμές κάποιων ιδιοτήτων ενός κόμβου μπορεί να ορίζονται έμμεσα, μέσω **διαδικασιών**.
- Και οι διαδικασίες μπορούν να **κληρονομηθούν**.



Πλαίσια



Πλαίσια

- Περιέχουν **ιδιότητες** μαζί με τις **τιμές** τους
 - ή τα σύνολα δυνατών τιμών τους.
- **Ιεραρχική** οργάνωση.
 - Οι ιδιότητες και οι τιμές τους **κληρονομούνται** από τα κατώτερα επίπεδα.
 - Οι κληρονομημένες τιμές μπορούν να **αλλάξουν**.
- Μπορούν να **συνδυαστούν** με σημασιολογικά δίκτυα.
 - Οι **κόμβοι** του σημασιολογικού δικτύου μπορούν π.χ. να είναι **πλαίσια**.

Περιγραφικές λογικές (description logics)

- Σχεδιασμένες ώστε να είναι **αποκρίσιμες** και να διευκολύνουν την **περιγραφή κατηγοριών** (τάξεων) αντικειμένων και την εκτέλεση ελέγχων:
 - **Υπαγωγής** (subsumption): αποτελεί μια κατηγορία υποκατηγορία (υποσύνολο) μιας άλλης;
 - **Ταξινόμησης** (classification): ανήκει ένα αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη κατηγορία;
 - **Συνέπειας** (consistency): είναι δυνατόν μια συγκεκριμένη κατηγορία να έχει αντικείμενα-μέλη;
- Παράδειγμα τύπου περιγραφικής λογικής CLASSIC:
Bachelor = And(Unmarried, Adult, Male)
Αντίστοιχος τύπος ΠΚΛ:
$$\forall x \text{ (Bachelor}(x) \Leftrightarrow (\text{Unmarried}(x) \wedge \text{Adult}(x) \wedge \text{Male}(x)))$$

Παραδείγματα τύπων CLASSIC

- Άνδρες με τουλάχιστον 3 γιους και το πολύ 2 κόρες.

And(Male, AtLeast(3, Sons), AtMost(2, Daughters))

Η τάξη των αντικειμένων που έχουν τουλάχιστον 3 τιμές στο ρόλο (πεδίο) Sons.

Η τάξη των αντικειμένων που έχουν το πολύ 2 τιμές στο ρόλο (πεδίο) Daughters.

- Άνδρες των οποίων όλοι οι γιοι είναι άνεργοι και παντρεμένοι με νοσοκόμες.

And(Male,
All(Sons, And(Unemployed,
AtLeast(1, Spouses),
All(Spouses, Nurse))))

Η τάξη των αντικειμένων που έχουν στο πεδίο Sons μόνο τιμές από την τάξη And(Unemployed, ...) ή δεν έχουν καθόλου τιμές.

Παραδείγματα CLASSIC – συνέχεια

- Αντικείμενα των οποίων όλες οι κόρες είναι καθηγήτριες πληροφορικής.

All(Daughters, And(Professor,
Fills(Teaches, Informatics)))

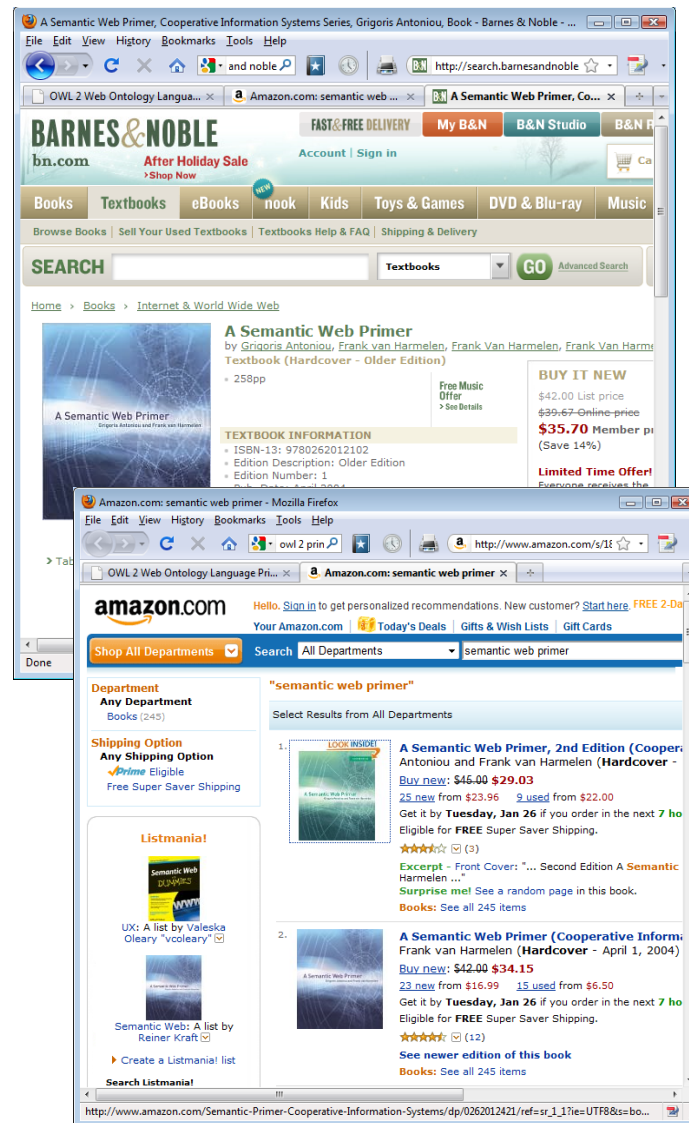
Αντικείμενα των οποίων ο ρόλος Teaches περιλαμβάνει το αντικείμενο Informatics.

- Άνδρες που έχουν (ταυτόχρονα) τουλάχιστον 3 γιους και το πολύ δύο κόρες, όλοι δε οι γιοι είναι άνεργοι και παντρεμένοι με νοσοκόμες, ενώ όλες οι κόρες είναι καθηγήτριες πληροφορικής.

And(Male, AtLeast(3, Sons), AtMost(2, Daughters),
All(Sons, And(Unemployed,
AtLeast(1, Spouses),
All(Spouses, Nurse))),
All(Daughters, And(Professor,
Fills(Teaches, Informatics))))

Η ανάγκη του Σημασιολογικού Ιστού

- Πώς θα μπορούσαν **τεχνητοί πράκτορες** να βρίσκουν και να συνθέτουν ευκολότερα πληροφορίες και υπηρεσίες του **Παγκόσμιου Ιστού**;
 - Π.χ. τις πιο συμφέρουσες προσφορές ή συνδυασμούς προϊόντων ή υπηρεσιών.
 - Χωρίς να απαιτείται **εξαγωγή πληροφοριών** από ιστοσελίδες, που περιέχουν κείμενα, εικόνες, scripts κλπ.
- Ή π.χ. να βρίσκουν/συνδυάζουν πληροφορίες **επιστημονικών άρθρων**.
 - Ποια **γονίδια** σχετίζονται με μια συγκεκριμένη **ασθένεια** και πώς;
 - Π.χ. ποια άρθρα **επαληθεύουν** ή **αντικρούουν** συγκεκριμένες πειραματικές **παρατηρήσεις**;



Η ανάγκη του Σημασιολογικού Ιστού

- Τα υπολογιστικά συστήματα είναι πολύ δύσκολο να «κατανοήσουν» τις σημερινές ιστοσελίδες, έγγραφα κλπ. του ΠΙ.
- Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι μια προσπάθεια να δημιουργηθούν πρότυπα και τεχνολογίες που θα επιτρέπουν στους υπολογιστές να «κατανοούν», να εντοπίζουν και να συνθέτουν ευκολότερα τις πληροφορίες, υπηρεσίες κλπ. του ΠΙ.
- **Οντολογίες** του Σημασιολογικού Ιστού:
 - Γράφονται σε **OWL**, μια μορφή περιγραφικής λογικής.
 - Ορίζουν τις τάξεις, δυνατές σχέσεις, αξιώματα ενός συγκεκριμένου γνωστικού πεδίου (π.χ. κλάδου ιατρικής, κατηγορίας προϊόντων).
 - Πολλές ισοδύναμες συντακτικές μορφές της OWL (π.χ. σε XML).
 - Δεδομένα (π.χ. προσφορές προϊόντων) μπορούν να δημοσιευθούν (σε OWL) ως οντότητες (αντικείμενα) μιας κοινής οντολογίας.
 - Μετα-δεδομένα εγγράφων (π.χ. συγγραφέας, σχέσεις ασθενειών-συμπτωμάτων που αναφέρονται) μπορούν επίσης να δημοσιευθούν (ή/και να προστεθούν στα έγγραφα) ως οντότητες και σχέσεις τους.

Περιγραφή προϊόντος σε OWL

Functional-style syntax:

```
ClassAssertion( :Laptop :tecraA8 )
```

```
ObjectPropertyAssertion( :manufacturedBy :tecraA8 :toshiba )
```

```
ObjectPropertyAssertion( :hasProcessor :tecraA8 :intelCore2 )
```

```
DataPropertyAssertion( :hasMemory :tecraA8 "2 GB"^^xsd:string )
```

```
DataPropertyAssertion( :hasHardDisk :tecraA8 "110 GB"^^xsd:string )
```

```
DataPropertyAssertion( :hasSpeed :tecraA8 "2 GHz"^^xsd:string )
```

```
DataPropertyAssertion( :hasCost :tecraA8 "850 Euro"^^xsd:string )
```

Οι παραπάνω δηλώσεις είναι δυνατόν να μετασχηματιστούν **αυτόματα** σε συντακτική μορφή **RDF/XML** (βλ. επόμενη διαφάνεια) και να περιληφθούν π.χ. σε μια ιστοσελίδα που περιγράφει το προϊόν.

- Ένας **άνθρωπος-πελάτης** θα διαβάσει το **κείμενο** της ιστοσελίδας.
- Ένας **τεχνητός πράκτορας** θα χρησιμοποιήσει την περιγραφή **OWL**.
- Είναι επίσης δυνατόν το **κείμενο** να παραχθεί **αυτόματα** από την περιγραφή OWL ή αντίστροφα (βλ. παρακάτω).

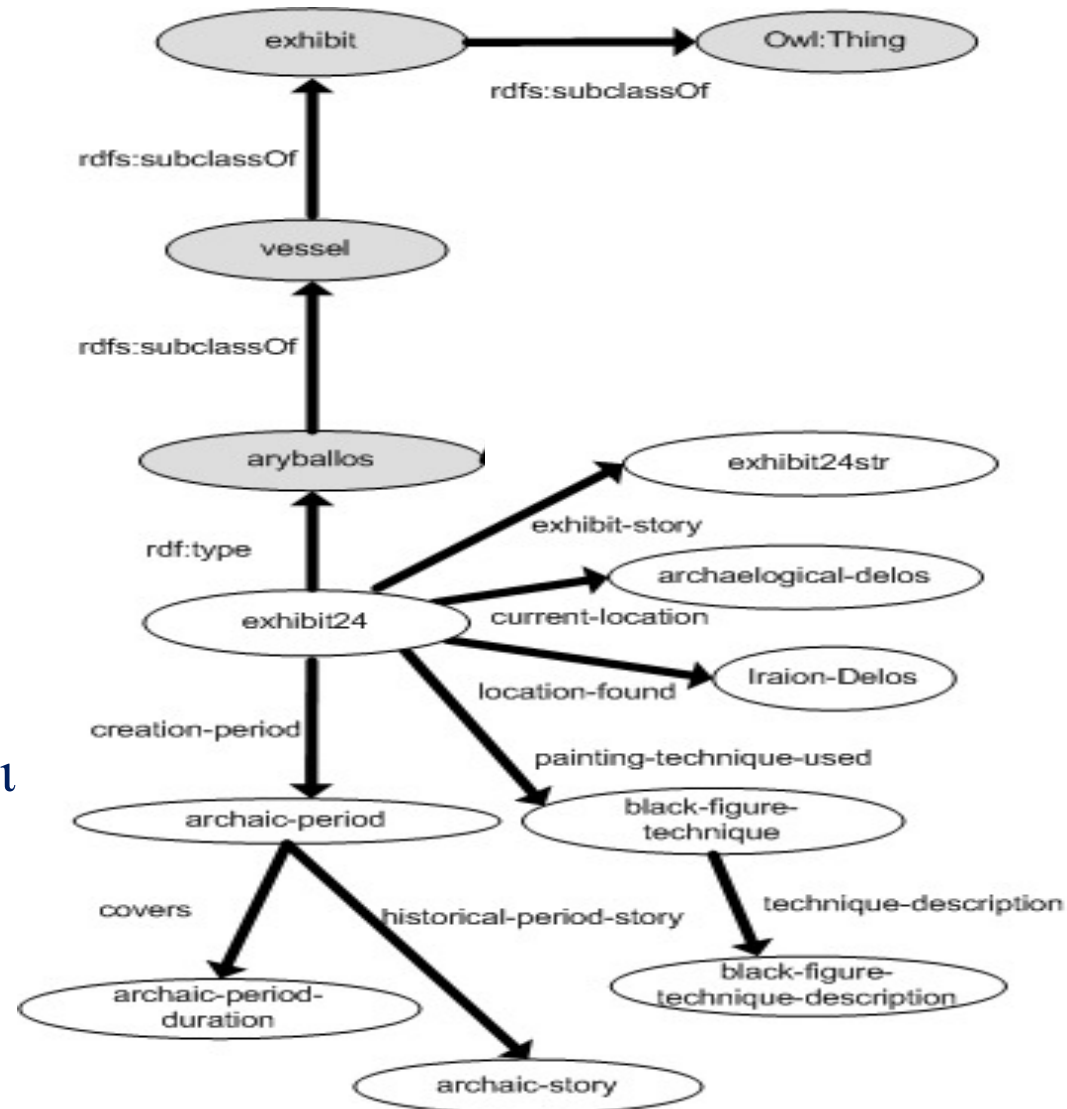
Περιγραφή προϊόντος σε OWL – συνέχεια

RDF/XML syntax:

```
<Laptop rdf:ID="tecraA8">  
  <manufacturedBy rdf:resource="#toshiba" />  
  <hasProcessor rdf:resource="#intelCore2" />  
  <hasMemory rdf:datatype=".../XMLSchema#string">  
    2 GB</hasMemory>  
  <hasDisk rdf:datatype=".../XMLSchema#string">  
    110 GB</hasDisk>  
  <hasSpeed rdf:datatype=".../XMLSchema#string">  
    2 GHz</hasSpeed>  
  <hasCost rdf:datatype=".../XMLSchema#string">  
    850 Euro</hasCost>  
</Laptop>
```

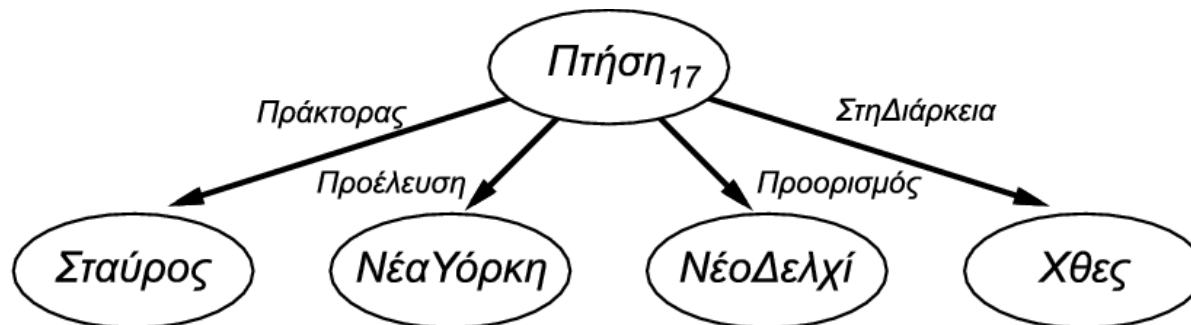

Οι οντολογίες OWL ως γράφοι

- Οι οντολογίες OWL είναι δυνατόν να παρασταθούν ως γράφοι.
 - Παρόμοιοι με τα σημασιολογικά δίκτυα.
- Η OWL βασίζεται στο μοντέλο δεδομένων της **RDF**, όπου οι πληροφορίες παριστάνονται ως **τριάδες** της μορφής: $\langle X, \text{σχέση}, Y \rangle$.
 - Δηλαδή όλες οι σχέσεις είναι δυαδικές.
- Πώς παριστάνουμε **σχέσεις τριών ή περισσότερων ορισμάτων**;



Σχέσεις με τρία ή περισσότερα ορίσματα

- Πώς παριστάνουμε **σχέσεις τριών ή περισσότερων ορισμάτων**, όταν επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουμε μόνο δυαδικές σχέσεις;
 - Π.χ. στην ΠΚΛ μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε κατηγορήματα όπως: **Πτήση(Σταύρος, Νέα Υόρκη, Νέο Δελχί, Χθες)**.
- Μπορούμε να **θεωρήσουμε** τις πτήσεις (γενικότερα τα γεγονότα) ως **αντικείμενα** (οντότητες) που συνδέονται με τις υπόλοιπες οντότητες που σχετίζονται με το γεγονός μέσω δυαδικών σχέσεων.
 - Αυτό λέγεται «**πραγμάτωση**» (reification) των γεγονότων.



Παραδείγματα OWL

Functional-style syntax:

```
EquivalentClasses( :Parent ObjectUnionOf( :Mother :Father ) )
```

RDF/XML syntax:

```
<owl:Class rdf:about="Parent">  
  <owl:equivalentClass>  
    <owl:Class>  
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">  
        <owl:Class rdf:about="Mother"/>  
        <owl:Class rdf:about="Father"/>  
      </owl:unionOf>  
    </owl:Class>  
  </owl:equivalentClass>  
</owl:Class>
```

Μπορεί π.χ. δύο καταστήματα να χρησιμοποιούν οντολογίες που ονομάζουν με διαφορετικό τρόπο την ίδια ουσιαστικά τάξη. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να δηλώσουμε ότι οι δύο τάξεις είναι ισοδύναμες. Γενικότερα ίσως χρειάζεται να ορίσουμε πώς σχετίζονται τάξεις, σχέσεις κλπ. διαφορετικών οντολογιών.

- Τα παραδείγματα είναι από το «OWL 2 Web Ontology Language Primer» (βλ. διαφάνεια βιβλιογραφίας), που περιέχει πολλά ακόμη παραδείγματα.

Παραδείγματα OWL

Functional-style syntax:

SubClassOf(:Woman :Person)

SubClassOf(:Man :Person)

DisjointClasses(:Woman :Man)

Χωρίς αυτό, δεν ξέρουμε ότι οι δύο υπο-τάξεις είναι ξένες μεταξύ τους.

ObjectPropertyDomain(:hasWife :Man)

ObjectPropertyRange(:hasWife :Woman)

Πεδίο ορισμού (domain) και πεδίο τιμών (range) σχέσης μεταξύ αντικειμένων.

InverseObjectProperties(:hasWife :hasHusband)

ClassAssertion(:Woman :mary)

ClassAssertion(:Man :john)

DifferentIndividuals(:john :mary)

ObjectPropertyAssertion(:hasWife :john :mary)

Οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:
<Mary, hasHusband, John>.

Δεν χρειάζεται, αφού ανήκουν σε ξένες τάξεις.

Παραδείγματα OWL

Functional-style syntax:

```
ClassAssertion(  
  ObjectExactCardinality( 1 :hasWife)  
  :john )
```

Ο John ανήκει και στην (ανώνυμη) τάξη των αντικειμένων με ακριβώς μία σύζυγο. Μπορούμε πια να συμπεράνουμε ότι η Mary είναι η μόνη του σύζυγος.

```
DataPropertyDomain( :hasAge :Person )
```

```
DataPropertyRange( :hasAge xsd:nonNegativeInteger )
```

```
DataPropertyAssertion( :hasAge :john "51"^^xsd:nonNegativeInteger )
```

Πεδίο ορισμού και πεδίο τιμών ιδιότητας (από αντικείμενο σε τιμή τύπου δεδομένων).

Παραδείγματα OWL

Ο Γιάννης είναι φοιτητής.

ClassAssertion(:Student :john)

Κάθε φοιτητής είναι έξυπνος.

SubClassOf(:Student :Clever)

Κάθε φοιτητής που έχει περάσει την ΤΝ είναι έξυπνος.

SubClassOf(ObjectIntersectionOf(:Student :HasPassedAI)
:Clever)

← Τομή δύο τάξεων.

ή:

SubClassOf(ObjectIntersectionOf(:Student
ObjectHasValue(:hasPassed
:ai)
:Clever)

↗ Η τάξη όλων των αντικειμένων που έχουν το ai ως τιμή της ιδιότητας hasPassed.

Παραδείγματα OWL

Ο Γιάννης έχει περάσει τουλάχιστον ένα μάθημα.

```
ClassAssertion( ObjectMinCardinality( 1 :hasPassed :Course )  
              :john )
```

Η τάξη όλων των αντικειμένων που έχουν στην ιδιότητα hasPassed τουλάχιστον μία τιμή από την τάξη Course.

Ο Γιάννης έχει περάσει ακριβώς ένα μάθημα.

```
ClassAssertion( ObjectExactCardinality( 1 :hasPassed :Course )  
              :john )
```

Η τάξη όλων των αντικειμένων που έχουν στην hasPassed ακριβώς μία τιμή από την Course (ίσως μαζί με άλλες τιμές από άλλες τάξεις).

Κάθε φοιτητής που έχει περάσει τουλάχιστον ένα μάθημα είναι έξυπνος.

```
SubClassOf( ObjectIntersectionOf( :Student  
                                ObjectMinCardinality( 1 :hasPassed :Course ) )  
           :Clever )
```

Περισσότερα για την OWL

- Υπάρχουν μηχανισμοί της OWL με τους οποίους μπορεί κανείς να **επανα-χρησιμοποιήσει** (import) ή να **επεκτείνει** (π.χ. με υπο-ταξεις) **υπάρχουσες οντολογίες** ή τμήματά τους.
 - Οι **οντολογίες**, οι **τάξεις** τους, οι **σχέσεις** τους, οι **οντότητές** τους κλπ. έχουν μοναδικά αναγνωριστικά (**URIs**).
- Υπάρχουν **επεξεργαστές οντολογιών** (π.χ. Protégé) μέσω των οποίων μπορεί κανείς να αναπτύξει **οντολογίες** (σε OWL ή άλλες γλώσσες) **μέσω γραφικών διεπαφών**.
 - Διατίθεται δωρεάν (βλ. <http://protege.stanford.edu/>).

Protégé και NaturalOWL

The screenshot shows the Protégé 3.3.1 interface. The top menu bar includes File, Edit, Project, OWL, Code, Tools, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and editing. The main workspace is divided into three panels: CLASS BROWSER, INSTANCE BROWSER, and TEXT PREVIEW. The CLASS BROWSER shows a class hierarchy for 'statue' and 'vessel', with 'marriage-cauldron' selected. The INSTANCE BROWSER shows the instance 'exhibit10'. The TEXT PREVIEW panel displays a natural language description of the marriage cauldron. A red arrow points from the text preview to the 'marriage-cauldron' class in the hierarchy. Two red boxes with white text provide additional information about the interface and the NaturalOWL plugin.

File Edit Project OWL Code Tools Window Help

CLASS BROWSER

For Project: mpiro

Class Hierarchy

- statue (2)
 - complex-statue (1)
 - imperial-portrait (2)
 - kouros (1)
 - portrait (2)
- vessel
 - amphora (1)
 - panathenaic-amphora (2)
 - aryballos (1)
 - cauldron
 - marriage-cauldron (1)
 - hydria (2)
 - kantharos (1)
 - kylix (3)
 - lekythos (3)
 - prochous (2)
 - rhyton (1)
 - stamnos (1)
- exhibit-depicts-stories (33)
- exhibit-purposes (4)
- exhibit-stories (24)
- generic-exhibit-definitions (18)
- hist-period-duration (4)
- hist-period-stories (4)
- historical-period (4)
- inscription-says-stories (5)
- Location
- material (7)

INSTANCE BROWSER

For Class: marriage-c...

exhibit10

TEXT PREVIEW

For Resource: exhibit10

For Language: English User Type: Child Maximum Graph Distance In Content Selection: 2

Preview Reset interaction history

Generate Comparisons

This is a marriage cauldron. Marriage cauldrons were used in marriage ceremonies, which is why they are usually decorated with relevant scenes. This particular marriage cauldron was created during the classical period and it was painted in the style of the Painter of Meidias. Unlike all the previous vessels, which were decorated with the black-figure technique, it was decorated with the red-figure technique. In the red-figure technique, the silhouettes have the red colour of clay, while the background and details are rendered in black. This marriage cauldron originates from Attica and it dates from between 420 and 410 B.C. It depicts a bride wearing her "nymphides", meaning "bridal footwear". Currently this marriage cauldron is exhibited in the National Archaeological Museum of Athens.

Η ιεραρχία των τάξεων μιας οντολογίας OWL. Το Protégé παρέχει και γραφικές διεπαφές για αντικείμενα, σχέσεις, αξιώματα κλπ.

NaturalOWL: Παράγει αυτόματα κείμενα φυσικής γλώσσας που περιγράφουν αντικείμενα ή τάξεις μιας οντολογίας OWL. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως plug-in του Protégé. Για περισσότερες πληροφορίες, δείτε: <https://arxiv.org/abs/1405.6164>

Βιβλιογραφία

- Russel & Norvig (4^η έκδοση): κεφάλαιο 10 ως και εισαγωγή ενότητας 10.2, ενότητα 10.5.
 - Όσοι ενδιαφέρονται μπορούν να διαβάσουν προαιρετικά (εκτός εξεταστέας ύλης) και τις υπόλοιπες ενότητες του κεφαλαίου 10.
- Βλαχάβας κ.ά: ενότητες κεφάλαια 10, 22, 29.
 - Χρειάζεται να ξέρετε μόνο ό,τι αναφέρουν οι διαφάνειες.
- Στον ΣΙ χρησιμοποιούνται επίσης γλώσσες ερωταποκρίσεων για RDF/OWL (π.χ. **SPARQL**), γλώσσες κανόνων (π.χ. SWRL), οντολογίες περιγραφής υπηρεσιών του ΠΙ (OWL-S) κλπ.
 - Περισσότερες πληροφορίες για τον Σημασιολογικό Ιστό μπορείτε να βρείτε στον ιστότοπο του W3C (π.χ. <http://www.w3.org/TR/owl2-primer/>).
 - Το βιβλίο «Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό» των Γ. Αντωνίου και F. van Harmelen, Κλειδάριθμος (μετάφραση του «A Semantic Web Primer», MIT Press) είναι μια πολύ καλή εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό.

