

Τμήμα ΜΗΥΠ  
ΠΜΣ Υπολογιστική Δεδομένων και  
Αποφάσεων (ΥΔΑ)

Περιγραφικές Λογικές  
(Description Logics-DLs)

Ι. Χατζηλυγερούδης

# Εισαγωγικά (1)

- Μέθοδοι Αναπαράστασης Γνώσης
  - Λογικές (παραλλαγές ΚΛΠΤ)
    - Προβλήματα απόδοσης
    - Σαφής σημασιολογία
  - Μη λογικές ή Δομημένες (Σημασιολογικά Δίκτυα, Πλαίσια)
    - Έλλειψη σαφούς σημασιολογίας
    - Καλή απόδοση

# Εισαγωγικά (2)

- Πώς μπορούμε να αποδώσουμε σαφή σημασιολογία σε μη λογικές αναπαραστάσεις;



- Εκφράζοντας δομημένες αναπαραστάσεις μέσω λογικών αναπαραστάσεων.



Συνέπειες;

- Χάσιμο κάποιων χαρακτηριστικών των δομημένων αναπαραστάσεων.
- Κέρδος η σαφής σημασιολογία.



Περιγραφικές  
Λογικές –ΠΛ  
(Description  
Logics-DL)

# ΠΛ-Βασικά Στοιχεία (1)

## ■ έννοιες (concepts)

- Αναπαρίστανται από μοναδιαία κατηγορήματα (unary predicates)
- Αντιπροσωπεύουν υποσύνολα του γνωστικού πεδίου D (π.χ. female, person) και αντιστοιχούν σε κλάσεις των δομημένων αναπαραστάσεων.
- Διακρίνονται σε πρωτογενείς (π.χ. male, person) και παραγόμενες (π.χ. man ορίζεται ως person με γένος male).

## ■ ρόλοι (roles)

- Αναπαρίστανται από δυαδικά κατηγορήματα (binary predicates)
- Αντιπροσωπεύουν σχέσεις μεταξύ εννοιών (π.χ. hasChild)

# ΠΛ-Βασικά Στοιχεία (2)

- **κατασκευαστές ή δημιουργοί (constructors) ή τελεστές (operators)**
  - Χρησιμοποιούνται για να δημιουργούμε **περιγραφές εννοιών (concept descriptions) ή όρων (terms)**.
  - Δηλαδή να παράγουμε νέες (παραγόμενες) έννοιες.
  - Βασικοί κατασκευαστές:
    - $\cup$  (ένωση συνόλων-union)
    - $\cap$  (τομή συνόλων-intersection)
    - $\subset, \subseteq$  (γνήσιο και μη γνήσιο υποσύνολο)
    - $\neg$  (άρνηση ως συμπλήρωμα συνόλου)
  - Παραδείγματα:  $Person \cap Female$ ,  $Male \cup Female$ ,  $Person \cap \neg Female$
- **ποσοδείκτες (quantifiers)**
  - $\forall$  (καθολικός-universal),  $\exists$  (υπαρξιακός-existential)

# ΠΛ-Βασικά Στοιχεία (2)

## ■ Περιορισμοί τιμών (value restrictions)

- Χρησιμοποιούνται για την απόδοση περιορισμών σε τιμές των ρόλων.
- Μορφή:  $\forall R.C$ ,  $\exists R.C$  (R: ρόλος, C: έννοια)  
Η C αποτελεί καθολικό ή υπαρξιακό περιορισμό στις τιμές του R.
- Παραδείγματα:
  - $\exists \text{hasChild.Female}$  (οντότητες που έχουν τουλάχιστον μια κόρη)
  - $\forall \text{hasChild.Female}$  (οντότητες που έχουν μόνο κόρες)

## ■ Ατομικές οντότητες (individuals or nominals)

- Αντιστοιχούν στις σταθερές (constants) της λογικής ή τα στιγμιότυπα των κλάσεων των δομημένων αναπαραστάσεων (π.χ. JOHN, MARIA).

# Ισοδυναμίες ΠΛ-ΚΛΠΤ (1)

| Δημιουργός      | Σύνταξη ΠΛ           | Σύνταξη ΚΛΠΤ                            | Παράδειγμα ΠΛ                                     | Παράδειγμα ΚΛΠΤ   |
|-----------------|----------------------|---|---|---|
| intersectionOf  | $C1 \cap C2$         | $C1(x) \wedge C2(x)$                    | $\text{Human} \cap \text{Male}$                   | $\text{Human}(x) \wedge \text{Male}(x)$   |
| unionOf         | $C1 \cup C2$         | $C1(x) \vee C2(x)$                      | $\text{Doctor} \cup \text{Lawyer}$                | $\text{Doctor}(x) \vee \text{Lawyer}(x)$  |
| complementOf    | $\neg C$             | $\neg C(x)$                             | $\neg \text{Male}$                                | $\neg \text{Male}(x)$   |
| one of          | $\{a1\} \cup \{a2\}$ | $x=a1 \vee x=a2$                        | $\{\text{John}\} \cup \{\text{Mary}\}$            | $\text{John} \vee \text{Mary}$  |
| allValuesFrom   | $\forall P.C$        | $\forall y P(x,y) \Rightarrow C(y)$     | $\forall \text{hasChild.Doctor}$                  | $\forall y \text{hasChild}(x,y) \Rightarrow \text{Doctor}(y)$                   |
| someValuesFrom  | $\exists P.C$        | $\exists y P(x,y) \wedge C(y)$          | $\exists \text{hasChild.Doctor}$                  | $\exists y \text{hasChild}(x,y) \wedge \text{Doctor}(y)$                        |
| hasValue        | $\exists P.\{a\}$    | $P(x,a)$                                | $\exists \text{hasChild}\{\text{Mary}\}$          | $\text{hasChild}(x,\text{Mary})$  |
| subClassOf      | $C1 \subseteq C2$    | $\forall x C1(x) \Rightarrow C2(x)$     | $\text{Human} \subseteq \text{Animal}$            | $\forall x \text{Human}(x) \Rightarrow \text{Animal}(x)$                        |
| equivalentClass | $C1 \equiv C2$       | $\forall x C1(x) \Leftrightarrow C2(x)$ | $\text{Man} \equiv \text{Human} \cap \text{Male}$ | $\forall x \text{Man}(x) \Leftrightarrow \text{Human}(x) \wedge \text{Male}(x)$ |

# Ισοδυναμίες ΠΛ-ΚΛΠΤ(2)

| Δημιουργός     | Σύνταξη ΠΛ  | Σύνταξη ΚΛΠΤ  | Παράδειγμα ΠΛ                                | Παράδειγμα ΚΛΠΤ  |
|----------------|---|---|--|--|
| disjointWith   | $C1 \sqsubseteq \neg C2$ ή $C2 \sqsubseteq \neg C1$ | $\forall x C1(x) \Rightarrow \neg C2(x)$                              | $Female \sqsubseteq \neg Male$               | $\forall x Female(x) \Rightarrow \neg Male(x)$   |
| minCardinality | $\geq n P.C$ ή $\geq n P$                           | $\exists^{\geq n} y P(x,y) \wedge C(y)$ ή $\exists^{\geq n} y P(x,y)$ | $\geq 2 hasChild.Doctor$ ή $\geq 2 hasChild$ | $\exists^{\geq n} y hasChild(x,y) \wedge Doctor(y)$ ή $\exists^{\geq n} y hasChild(x,y)$ |
| maxCardinality | $\leq n P.C$ ή $\leq n P$                           | $\exists^{\leq n} y P(x,y) \wedge C(y)$ ή $\exists^{\leq n} y P(x,y)$ | $\leq 2 hasChild.Doctor$ ή $\leq 2 hasChild$ | $\exists^{\leq n} y hasChild(x,y) \wedge Doctor(y)$ ή $\exists^{\leq n} y hasChild(x,y)$ |



# Βάση Γνώσης ΠΛ

## ■ Tbox (Terminological Box)

- Αναπαριστά γενική γνώση σχετική με το πεδίο του προβλήματος (intensional knowledge).
- Η γνώση αυτή αφορά ορισμούς και ταξινομικές-ιεραρχικές σχέσεις εννοιών.

## ■ ABox (Assertional Box)

- Αναπαριστά ειδική γνώση σχετική με το συγκεκριμένο πρόβλημα (extensional knowledge).
- Η γνώση αυτή αφορά συγκεκριμένα γεγονότα σχετικά με το πρόβλημα.

# Tbox (1)

- Ορισμοί εννοιών

Woman  $\equiv$  Person  $\cap$  Female

Man  $\equiv$  Person  $\cap \neg$ Female

Υποθέσεις:

- Μόνο ένας ορισμός για κάθε έννοια επιτρέπεται.
- Οι ορισμοί είναι άκυκλοι (μια έννοια δεν ορίζεται με τον εαυτό της ούτε μέσω άλλων εννοιών που αναφέρονται έμμεσα σ' αυτήν).

# Tbox (2)

- Ταξινομικές σχέσεις-Γενικά αξιώματα

$\text{Man} \subset \text{Human}$

$\exists \text{hasChild. Person} \subseteq \text{Person}$

(Μόνο πρόσωπα μπορούν να έχουν παιδιά που είναι πρόσωπα)

Πιο αναλυτικά

(Οντότητες που έχουν τουλάχιστον ένα παιδί που είναι πρόσωπο είναι πρόσωπα)

# Abox

- Συγκεκριμένη γνώση (γεγονότα)

$\text{Man}(\text{BOB}) \text{ ή } \text{BOB} : \text{Man}$

$\text{hasChild}(\text{BOB}, \text{MARY}) \text{ ή } (\text{BOB}, \text{MARY}) : \text{hasChild}$

$\neg \text{Doctor}(\text{MARY}) \text{ ή } \text{MARY} : \neg \text{Doctor}$

# Τύποι Περιγραφικών Λογικών (ΠΛ)

## ■ Βασική ΠΛ: $\mathcal{AL}$ (Attributive Language)

Διαθέτει:

- έννοιες (concepts):  $C, D$
- ατομικές έννοιες:  $A$
- τη γενικότερη έννοια (Top):  $T$
- την έννοια πυθμένα (Bottom):  $\perp$
- τομή εννοιών:  $C \cap D$
- περιορισμό τιμής:  $\forall R.C$
- Περιορισμένη υπαρξιακή ποσοδείκτωση:  $\exists R.\perp$
- άρνηση μόνο σε ατομικές έννοιες
- Ισοδυναμία:  $C \equiv D$
- Συμπερίληψη (ή Σύνοψη):  $C \subseteq D$

# Τύποι Περιγραφικών Λογικών (ΠΛ)

- Βασική ΠΛ:  $\mathcal{AL}$  (Attributive Language)

Παραδείγματα:

Person, Female : ατομικές/πρωτογενείς έννοιες

Person  $\cap$  Female

Person  $\cap \neg$ Female

Person  $\cap \exists$ hasChild.T

Person  $\cap \forall$ hasChild.Female

Person  $\cap \forall$ hasChild.T

} (παραγόμενες) έννοιες

# Επεκτάσεις της $\mathcal{AL}$

- Προσθήκη «ένωσης»:  $C \cup D$  (σύμβολο  $\mathcal{U}$ )
- Προσθήκη πλήρους  $\exists$  :  $\exists R.C$  (σύμβολο  $\mathcal{E}$ )
- Προσθήκη αριθμητικών περιορισμών:  $\geq n R, \leq n R$  (σύμβολο  $\mathcal{N}$ )
- Προσθήκη άρνησης σε οποιεσδήποτε έννοιες:  $\neg C, \neg(C \cap D)$  (σύμβολο  $\mathcal{C}$ )

Ανάλογα με τις επεκτάσεις έχουμε διάφορες παραλλαγές ΠΛ:  $\mathcal{ALC}, \mathcal{ALEN}, \mathcal{ALUN}$  κλπ.

Όταν μια ΠΛ διαθέτει την επέκταση  $\mathcal{C}$ , τότε μπορεί να προσομοιώσει τα  $\mathcal{U}$  και  $\mathcal{E}$ . Οπότε π.χ.  $\mathcal{ALUE} \equiv \mathcal{ALC}$  και  $\mathcal{ALUEN} \equiv \mathcal{ALCN}$ .

# Επιπλέον Επεκτάσεις

- Ιεραρχία ρόλων (σύμβολο:  $\mathcal{H}$ )
- Περιορισμένη σύνθετη συμπερίληψη ρόλων, αντανακλαστικότητα και μη αντανακλαστικότητα, ασυμβατότητα ρόλων : (σύμβολο  $\mathcal{R}$ )
- Ονόματα (Nominals) (Απαρίθμηση κλάσεων περιορισμών σε τιμές αντικειμένων): (σύμβολο  $O$ )
- Αντίστροφες ιδιότητες: (σύμβολο  $I$ )
- Συναρτησιακές ιδιότητες: (σύμβολο:  $\mathcal{F}$ )
- Προωθημένοι (Qualified) περιορισμοί πληθικότητας: (σύμβολο  $\mathcal{Q}$ )
- Χρήση ιδιοτήτων τύπων δεδομένων, τιμών δεδομένων ή τύπων δεδομένων: (σύμβολο:  $(\mathcal{D})$ )



# Παραδείγματα ΠΛ

- $S$  είναι συντομογραφία της  $\mathcal{ALC}$  με μεταβατικούς ρόλους
- $S\mathcal{HIQ}$
- $S\mathcal{HOIN}^{(\mathcal{D})}$  (OWL-DL)
- $S\mathcal{ROIQ}^{(\mathcal{D})}$  (OWL 2)
- $S\mathcal{HIF}^{(\mathcal{D})}$  (OWL-Lite)

# Παραδείγματα

1.  $\exists \text{hasChild.Person} \cap \forall \text{hasChild.Male}$



Οντότητες που τουλάχιστον ένα παιδί τους (child) είναι πρόσωπο (person).



Οντότητες που όλα τα παιδιά τους (children) είναι αγόρια.



Οντότητες που τουλάχιστον ένα παιδί τους είναι πρόσωπο και αγόρι.

Human, Doctor, Professor, Female, hasChild, married

# Παραδείγματα

Human, Doctor,  
Professor, Female,  
hasChild, married

2. Αναπαραστήστε/Ορίστε σε DL την παρακάτω  
έννοια/κλάση:

«Άτομα που όλα τα παιδιά τους είναι είτε γιατροί  
είτε καθηγητές»



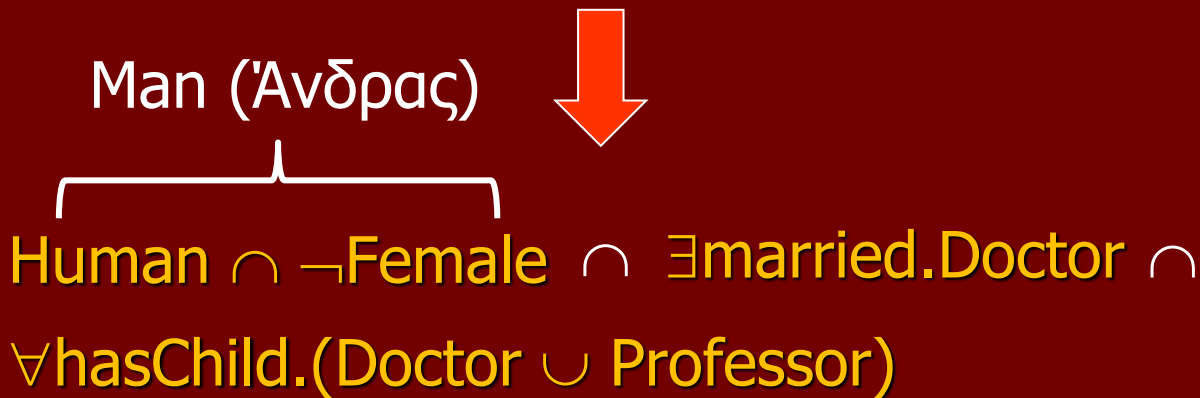
$\forall \text{hasChild.}(\text{Doctor} \cup \text{Professor})$

# Παραδείγματα

Human, Doctor,  
Professor, Female,  
hasChild, married

3. Αναπαραστήστε/Ορίστε σε DL την παρακάτω  
έννοια/κλάση:

«Άνδρες που έχουν παντρευτεί γιατρό και τα παιδιά  
τους είναι είτε γιατροί είτε καθηγητές»



# Παραδείγματα

4.  $(\geq 3 \text{ hasChild}) \cap (\leq 2 \text{ hasFemaleRelative})$

Τι σημαίνει σε φυσική γλώσσα;

Άτομα που έχουν τουλάχιστον 3 παιδιά και το πολύ 2 γυναίκες συγγενείς

5.  $\text{Woman} \cap \leq 2 (\text{hasChild} \cap \text{hasFemaleRelative})$

Τι σημαίνει σε φυσική γλώσσα;

Γυναίκα που έχει το πολύ 2 κόρες