

Εργαστήριο Λογικού Προγραμματισμού

Μανόλης Μαρακάκης, Καθηγητής
mmarak@cs.hmu.gr

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Σχολή Μηχανικών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Περίγραμμα Ύλης Εργαστηρίου

- ☐ 1. Εισαγωγή
- ☐ 2. Βασικά συστατικά ενός προγράμματος Prolog.
- ☐ 3. Ενοποίηση. Ισότητα.
- ☐ 4. Κατηγορήματα εισόδου και εξόδου.
- ☐ 5. Αναδρομή. Λίστες. Αριθμητική σε Prolog.
- ☐ 6. Τρόπος κλήσης κατηγορήματος. Κατασκευή δομής στη κεφαλή και στο σώμα προτάσεων.
- ☐ 7. Δέντρο Αναζήτησης, οπισθοδρόμηση, Αποκοπή.
- ☐ 8. Άρνηση σε Prolog. Το κατηγορήμα fail.
- ☐ 9. Έλεγχος ροής σε προγράμματα Prolog.
- ☐ 10. Τελεστές οριζόμενοι από τον χρήστη.

Περίγραμμα Ύλης Εργαστηρίου

- ❑ 11. Ενσωματωμένα κατηγορήματα
 - Είσοδος από αρχείο και έξοδος σε αρχείο.
 - Μετα-λογικά κατηγορήματα.
 - Κατηγορήματα που συλλέγουν όλες τις λύσεις ενός στόχου.
 - Κατηγορήματα τροποποίησης του προγράμματος και Άλλα ενσωματωμένα κατηγορήματα.
- ❑ 12. Προγραμματιστικές τεχνικές.
- ❑ 13. Υλοποίηση εφαρμογών του λογικού προγραμματισμού.

Αξιολόγηση Εργαστηριακού Μέρους Μαθήματος

- ❑ **Εργασίες 50%** του τελικού βαθμού.
- ❑ **Τελικό διαγώνισμα 50%** του τελικού βαθμού.

Βιβλιογραφία Μαθήματος

1. Μ. Μαρακάκης, Prolog: Προγραμματισμός σε Λογική για Τεχνητή Νοημοσύνη, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2^η έκδοση, 2019, ISBN: **978-960-578-055-5**. Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 86200975.
2. U. Nilsson and J. Maluszynski, Logic, Programming and Prolog, Second edition, John Wiley & Sons, 1995, ISBN: 0 471 95996 0.
3. I. Bratko, Prolog Programming for Artificial Intelligence, Pearson Education Canada, 4th edition, 2011, ISBN 13: 9780321417466.
4. Η. Σακελλαρίου, Ν. Βασιλειάδης, Π. Κεφαλάς, Δ. Σταμάτης, Τεχνικές Λογικού Προγραμματισμού – Η Γλώσσα Prolog, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα, www.kallipos.gr, ISBN: 978-960-603-246-2, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (ΣΕΑΒ), 2015.
5. Γ. Μητακίδης, Από τη Λογική στο Λογικό Προγραμματισμό και την Prolog, εκδόσεις Καρδαμίτσα, 1992, ISBN: 960-7262-59-X.

Εκπαιδευτική βοήθεια

□ Ώρες σύγχρονης (ζωντανής) διαδικτυακής επικοινωνίας μέσω του eclass.

➤ Κάθε Τρίτη 14:00-16:00.



□ Εκπαιδευτική βοήθεια στους σπουδαστές του μαθήματος

□ Για θέματα που αφορούν το μάθημα όπως απορίες σε ασκήσεις, εργασίες και προγραμματιστικά προβλήματα, κτλ

➤ Από τον διδάσκοντα στις ώρες σύγχρονης (ζωντανής) διαδικτυακής επικοινωνίας.

➤ Από συνεργάτη σε μέρα και ώρα που θα ανακοινωθούν.

Ενότητες 1 & 2: Μάθημα 1

- ❑ 1. Εισαγωγή
- ❑ 2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

1. Εισαγωγή

- Η Prolog έχει τις ρίζες της στη **μαθηματική λογική** και συγκεκριμένα στην **λογική πρώτης τάξεως**. Βασίζεται σε ένα σύνολο μηχανισμών οι οποίοι την κάνουν αρκετά δυνατή και ευέλικτη γλώσσα προγραμματισμού. Οι μηχανισμοί στους οποίους βασίζεται είναι οι εξής:
- 1. Η **ενοποίηση** (unification).
 - 2. Οι **δενδροειδείς δομές δεδομένων**.
 - 3. Η **οπισθοδρόμηση** (backtracking).

1. Εισαγωγή

□ Σ' ένα Prolog πρόγραμμα διακρίνουμε δύο επίπεδα εννοιών, την δηλωτική έννοια και την διαδικαστική.

- 1. Η **δηλωτική έννοια** ενδιαφέρεται μόνο με τις σχέσεις οι οποίες ορίζονται σ' ένα λογικό πρόγραμμα. Δηλαδή, προσδιορίζει **τι κάνει το πρόγραμμα αλλά όχι πως το κάνει**.
- 2. Η **διαδικαστική έννοια** ενδιαφέρεται για τον υπολογισμό των σχέσεων, καθορίζει **πως υπολογίζονται οι σχέσεις των αντικειμένων**. Δηλαδή προσδιορίζει **πως θα υπολογιστεί η έξοδος του προγράμματος**.

1. Εισαγωγή

□ Η Prolog χρησιμοποιείται κυρίως για υλοποίηση εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης αλλά όχι μόνο, έχει πιο **ευρεία χρήση στην ανάπτυξη λογισμικού**. Τα **προτερήματα** της Prolog στην ανάπτυξη λογισμικού είναι τα εξής:

1. Η Prolog είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου βασισμένη στην λογική η οποία **υποστηρίζει τυπική συλλογιστική** (formal reasoning).
2. Η Prolog είναι κατάλληλη για την **κατασκευή γρήγορων πρωτοτύπων** (rapid prototyping).
3. Λόγω της απλότητας της σύνταξης της **Prolog προγράμματα συντηρούνται και επαναχρησιμοποιούνται εύκολα**.
4. Η Prolog μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γλώσσα **υλοποίησης εκτελέσιμων προδιαγραφών** εφόσον φυσικά **οι προδιαγραφές έχουν εκφραστεί σε λογική**.
5. Η Prolog θεωρείται κατάλληλη για **κατασκευή μετα-προγραμμάτων**.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

- ❑ 2.1. Προτάσεις Γεγονότα
- ❑ 2.2. Ενοποίηση
- ❑ 2.3. Ερωτήσεις

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

- Ένα λογικό πρόγραμμα αποτελείται από
 - προτάσεις γεγονότα ή **γεγονότα** (*facts*),
 - προτάσεις κανόνες ή **κανόνες** (*rules*)
και
 - ερωτήσεις (*queries*).
- Τα γεγονότα και οι κανόνες **καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων**. Οι ερωτήσεις πρέπει να απαντηθούν από τα γεγονότα και τους κανόνες.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

- ❑ Συνεπώς ο προγραμματισμός σε Prolog περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία
 - **Δήλωση γεγονότων** για αντικείμενα και τις μεταξύ τους σχέσεις.
 - **Ορισμός κανόνων** για τα αντικείμενα και τις μεταξύ τους σχέσεις.
 - **Ερωτήσεις για τα αντικείμενα και τις μεταξύ τους σχέσεις** που υπάρχουν στη βάση γνώσης.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.1. Προτάσεις Γεγονότα

- Όταν ορίζουμε ένα γεγονός πρέπει να είμαστε συμβατοί με την σειρά που έχουμε ορίσει τα ορίσματα στα γεγονότα. Τα παρακάτω γεγονότα αντιπροσωπεύουν διαφορετικές σχέσεις.

mitera(anna, soula).

mitera(soula, anna).

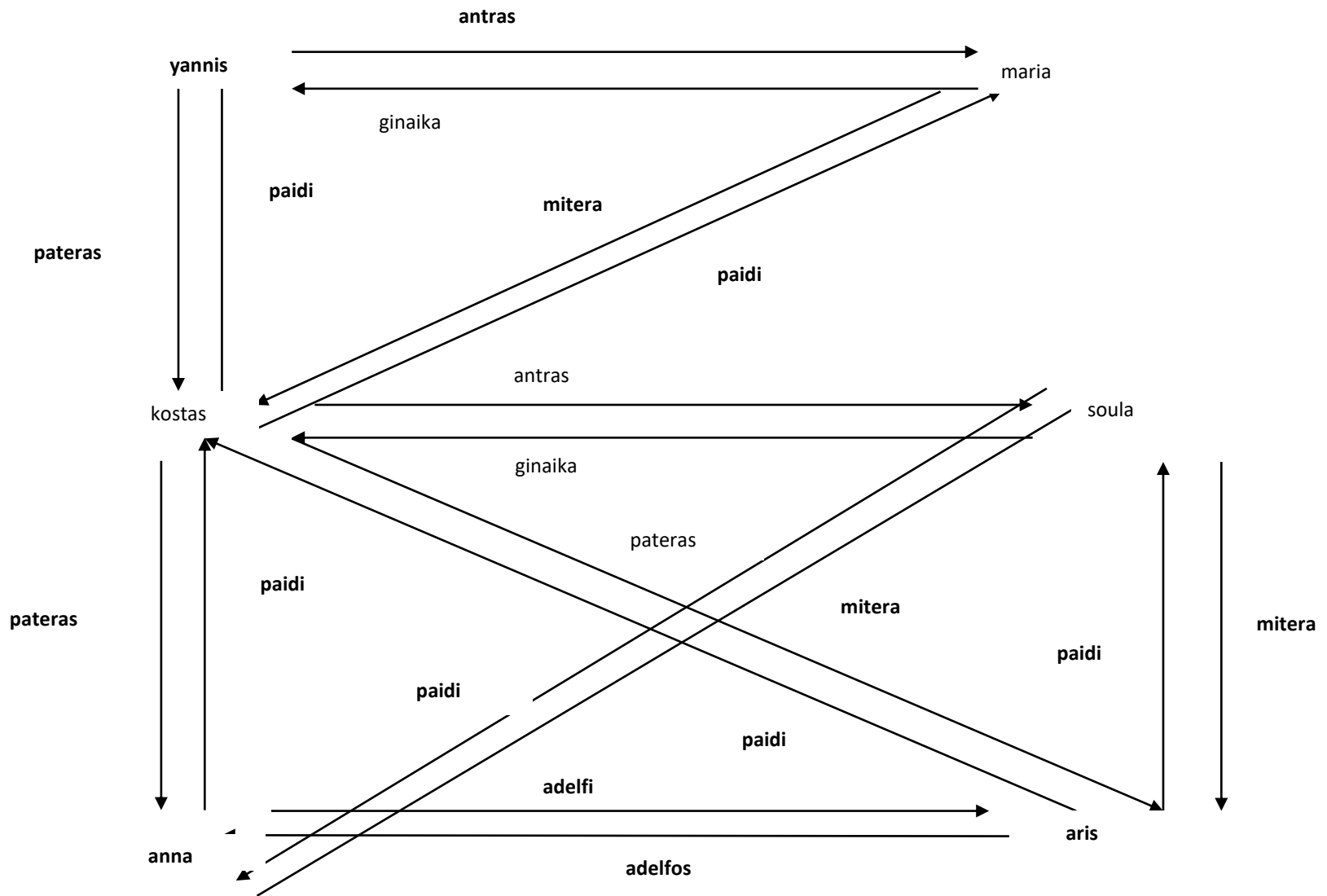
2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.1. Προτάσεις Γεγονότα

- ❑ Τα ονόματα που χρησιμοποιούνται για ονόματα κατηγορημάτων και για ορίσματά τους είναι **συμβολικά**, αυτό σημαίνει ότι η σχέση
`antras(yannis, maria)`
θα μπορούσε να είχε γραφτεί ως εξής
`a(b, c)`
όπου το **`a`** θα συμβόλιζε το κατηγορήμα **`antras`**, το **`b`** το όρισμα *yannis* και το **`c`** το όρισμα *maria*.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.1. Προτάσεις Γεγονότα: Σχήμα 2.1 Σημασιολογικό δίκτυο με σχέσεις οικογενείας



2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.1. Προτάσεις Γεγονότα

antras(yannis, maria).
pateras(yannis, kostas).
mitera(maria, kostas).
pateras(kostas, anna).
pateras(kostas, aris).
mitera(soula, anna).
mitera(soula, aris).
antras(kostas, soula).
adelfi(anna, aris).

Πρόγραμμα 2.1: Βάση γνώσης για το σημασιολογικό δίκτυο του σχ. 2.1.

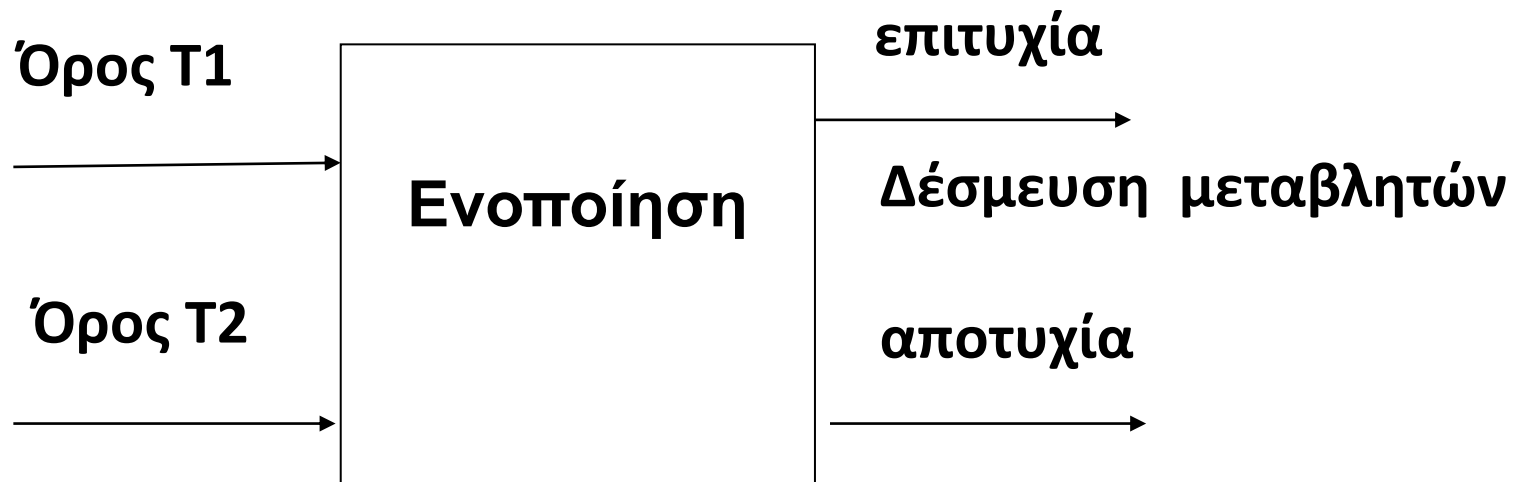
2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση

- Ένας όρος έχει **δενδροειδή δομή**. Οι κόμβοι των όρων είναι ονόματα συναρτήσεων των οποίων τα ορίσματα (παιδιά) μπορεί να είναι είτε σταθερές ή μεταβλητές ή όροι.
- Η πιο σπουδαία πράξη μεταξύ δύο όρων είναι η **ενοποίηση (unification)** ή **ταίριασμα (matching)**. Η πράξη της ενοποίησης εξετάζει εάν δύο όροι **T1** και **T2** ταιριάζουν δεσμεύοντας μερικές από τις μεταβλητές των δύο όρων **T1** και **T2**.
- Κάθε μεταφραστής Prolog περιέχει μια διαδικασία ενοποίησης όρων της εξής μορφής:
unify(T1, T2, Theta)

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση



Σχήμα 2.2: Ενοποίηση όρων

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση

<div> <div>Όρος T2</div> <div>Όρος T1</div> </div>	σταθερά C2	μεταβλητή X2	σύνθετος όρος
σταθερά C1	επιτυχία εάν $C1 = C2$	επιτυχία με δέσμευση $X2/C1$	αποτυχία
μεταβλητή X1	επιτυχία με δέσμευση $X1/C2$	επιτυχία με δέσμευση $X1/X2$	επιτυχία με δέσμευση $X1/T2$
σύνθετος όρος	αποτυχία	επιτυχία με δέσμευση $X2/T1$	Επιτυχία εάν: <ol style="list-style-type: none"> Οι όροι T1 και T2 έχουν ίδιο όνομα συνάρτησης και ίδια πληθικότητα. Η ενοποίηση όλων των αντίστοιχων ορισμάτων είναι επιτυχής.

Πίνακας 2.1: Κανόνες ενοποίησης δύο όρων T1 και T2.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση

□ Παράδειγμα 1

➤ Έστω οι όροι

T1: antras(yannis, maria).

T2: antras(yannis, maria).

Οι όροι **T1** και **T2** **ενοποιοούνται** για τους εξής λόγους:

➤ α) Έχουν ίδιο όνομα συνάρτησης
antras.

➤ β) Έχουν ίδια πληθυκότητα **2.**

➤ γ) Η ενοποίηση των αντίστοιχων ορισμάτων τους είναι επιτυχής. Η διαδικασία **unify(T1, T2, Theta)** είναι επιτυχής και επιστρέφει **Theta={ }**

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση

□ Παράδειγμα 2

➤ Έστω οι όροι

T1: antras(yannis, X).

T2: antras(Y, maria).

Οι όροι **T1** και **T2** ενοποιούνται για τους εξής λόγους:

- α) Έχουν ίδιο όνομα συνάρτησης **antras**.
- β) Έχουν ίδια πληθυκότητα **2**.
- γ) Η ενοποίηση των αντίστοιχων ορισμάτων τους είναι επιτυχής. Η σταθερά **yannis** ενοποιείται με τη μεταβλητή **Y** και η μεταβλητή **X** ενοποιείται με τη σταθερά **maria**.
- Η διαδικασία **unify(T1, T2, Theta)** είναι επιτυχής και επιστρέφει **Theta={Y/yannis, X/maria}**. Εφαρμόζοντας το **Theta** στους όρους **T1** και **T2** έχουμε τους εξής ενοποιημένους όρους:

antras(yannis, X) Theta =

antras(Y, maria) Theta =

antras(yannis, maria).

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση

□ Παράδειγμα 3

➤ Έστω οι όροι

T1: antras(yannis, X) και

T2: antras(kostas, Y).

Οι όροι **T1** και **T2** **δεν ενοποιούνται** επειδή τα πρώτα ορίσματά τους, **yannis** και **kostas** αντίστοιχα, **δεν ενοποιούνται**.

□ Παράδειγμα 4

➤ Οι όροι **T1: X** και **T2: f(a, b)**

ενοποιούνται επειδή ο **T1** είναι **μεταβλητή** και ο **T2** είναι **σύνθετος όρος**.

□ Παράδειγμα 5

➤ Οι όροι **T1: X** και **T2: yannis**

ενοποιούνται επειδή ο **T1** είναι **μεταβλητή** και ο **T2** είναι **σταθερά**.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.2. Ενοποίηση

❑ Παράδειγμα 6

➤ Έστω οι όροι

T1: parallila(X, seriaka(r2, r3)).

T2: parallila(r1, Y).

Οι όροι **T1** και **T2** **ενοποιούνται** για τους εξής λόγους:

- α) Έχουν ίδιο όνομα συνάρτησης **parallila**.
- β) Έχουν ίδια πληθυκότητα 2.
- γ) **Η ενοποίηση των αντίστοιχων ορισμάτων τους είναι επιτυχής.**

Η μεταβλητή **X** **ενοποιείται** με τη σταθερά **r1** και η μεταβλητή **Y** **ενοποιείται** με τον σύνθετο όρο **seriaka(r2, r3)**.

Η διαδικασία **unify(T1, T2, Theta)** είναι επιτυχής και επιστρέφει **Theta={X/r1, Y/seriaka(r2, r3)}**. Εφαρμόζοντας το **Theta** στους όρους **T1** και **T2** έχουμε τα εξής:

**parallila(X, seriaka(r2, r3)) Theta = parallila(r1, Y) Theta =
parallila(r1, seriaka(r2, r3)).**

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.3. Ερωτήσεις

- ❑ Οι ερωτήσεις σχηματίζονται από κατηγορήματα με τη διαφορά ότι το ειδικό σύμβολο “?-” προηγείται στην ερώτηση.
- ❑ Η ερώτηση, “***είναι ο Κώστας πατέρας της Άννας;***” έχει την εξής μορφή σε Prolog:
?- pateras(kostas, anna).
- ❑ Η Prolog ερευνά την βάση γνώσης (ΒΓ), αν υπάρχει κάποιο γεγονός στη βάση που να **ενοποιείται (ταιριάζει)** με το κατηγορήμα της ερώτησης. **Εάν υπάρχει κατηγορήμα που να ενοποιείται με αυτό της ερώτησης τότε** η Prolog θα δώσει ως απάντηση **yes.**

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.3. Ερωτήσεις

- ❑ Θεωρήσετε την ερώτηση, «**είναι η Μαρία μητέρα του Κώστα;**».

?- mitera(maria, kostas).

Η απάντηση της Prolog θα είναι **yes**. Ενώ η απάντηση στην ερώτηση, «**είναι ο Κώστας παιδί της Μαρίας;**», είναι **no**.

?- paidi(kostas, maria).

- ❑ Η απάντηση **no** δεν σημαίνει ότι ο ισχυρισμός, «**ο Κώστας είναι παιδί της Μαρίας**» είναι ψευδής, άλλωστε οι σχέσεις συγγενείας που εκφράζονται με το παράδειγμα του σχήματος 2.1 δεικνύουν ότι αυτός ο ισχυρισμός ισχύει.
- ❑ Η απάντηση **no** της Prolog σημαίνει ότι **αυτός ο ισχυρισμός δεν μπορεί να αποδειχθεί, ότι είναι αληθής από το υπάρχον πρόγραμμα**, δηλαδή από το πρόγραμμα 2.1.

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.3. Ερωτήσεις

- Θεωρήσατε τις εξής δύο ερωτήσεις, **“είναι ο Κώστας πατέρας της Άννας;”** και **“είναι ο Κώστας πατέρας του Άρη;”** οι οποίες παριστάνονται από τις ερωτήσεις 1 και 2 αντίστοιχα.

1. ?- pateras(kostas, anna).

2. ?- pateras(kostas, aris).

- Οι παραπάνω δύο ερωτήσεις μπορούν ν’ αντικατασταθούν από την ερώτηση, **“ποια είναι τα παιδιά του Κώστα;”** ή ισοδύναμα **“σε ποια παιδιά είναι πατέρας ο Κώστας;”**.

?- pateras(kostas, X).

Γι’ αυτή την ερώτηση, το X **θα ενοποιηθεί διαδοχικά** με τα αντικείμενα **anna** και **aris**. Η απάντηση της Prolog θα είναι η εξής.

- **X=anna; <return>**
- **X= aris; <return>**
- **no**

2. Συστατικά ενός Prolog Προγράμματος

2.3. Ερωτήσεις

- ❑ **Μεταβλητές** σε **λογικά προγράμματα** αντιπροσωπεύουν μια οντότητα η οποία **δεν έχει καθοριστεί**, ενώ στις **συμβατικές γλώσσες προγραμματισμού** οι μεταβλητές αντιπροσωπεύουν θέσεις μνήμης.
- ❑ Όταν μια μεταβλητή **X** **αντιπροσωπεύει κάποιο αντικείμενο** λέμε ότι είναι **δεσμευμένη**. Όταν μια μεταβλητή **X** **δεν αντιπροσωπεύει κάποιο αντικείμενο** λέμε ότι **δεν είναι δεσμευμένη**.

Τέλος Διάλεξης

Ευχαριστώ!

Ερωτήσεις;