



ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1

Τυπική Αναπαράσταση Γνώσης

Γιώργος Στάμου

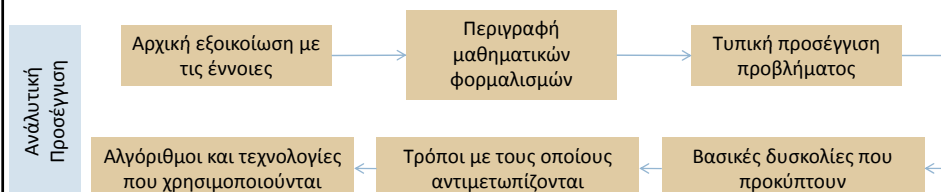
ΜΕΡΟΣ 2: Αναπαράσταση Γνώσης και Συλλογιστική

Εισαγωγή στο Μέρος 2



2

- Η αναπαράσταση γνώσης και η συλλογιστική ασχολούνται με το πώς ένα σύστημα ΤΝ χρησιμοποιεί αυτό που ξέρει για να αποφασίσει τι θα κάνει
- Στο πλαίσιο αυτό όμως πώς μπορεί ένα σύστημα να ξέρει και πώς να αποφασίζει;
- Στο Μέρος 2 θα προσεγγίσουμε τα ερωτήματα αυτά όχι από φιλοσοφική σκοπιά αλλά περιγράφοντας τις έννοιες ορισμένων βασικών, τυπικών μεθόδων ανάπτυξης υπολογιστικών συστημάτων ΤΝ



Μέρος 2 – Ενότητα 1

Περίληψη Ενότητας 2.1



3

Θέματα

- Τι είναι γνώση, τι αναπαράσταση γνώσης και τι συλλογιστική;
- Ποια είναι τα βασικά στοιχεία μιας τυπικής γλώσσας αναπαράστασης γνώσης;
- Λογική πρώτης τάξης: σύνταξη, σημασιολογία, πραγματολογία
- Λογικές συνεπαγωγές
- Το πρόβλημα της συλλογιστικής στη λογική πρώτης τάξης

Υλικό

- Διαφάνειες παρουσίασης
- Κεφάλαια 8, 9 Βιβλίου
- Κεφάλαια 1, 2 και 3 Βιβλίου Brachman-Levesque

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Τι είναι γνώση;



4

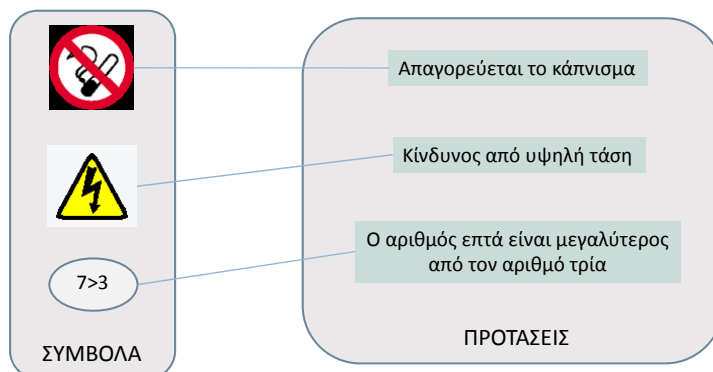
Ο Γιάννης έχει πυρετό	Η Μαρία υποθέτει ότι ο Γιάννης είναι αλλεργικός στο DEPON
Ο Γιάννης έχει πονοκέφαλο	Η Μαρία είναι η γιατρός του Γιώργου
Όποιος έχει πυρετό έχει συνήθως πονοκέφαλο	Η παρακεταμόλη είναι αντιπυρετικό
Ο Γιώργος είναι αλλεργικός στο PANADOL	Τα αντιπυρετικά ρίχνουν τον πυρετό
Ο Γιώργος και ο Γιάννης έχουν κοινές αλλεργίες	Το DEPON είναι παρακεταμόλη
Το PANADOL είναι παρακεταμόλη	Ο Γιάννης δεν είναι αλλεργικός στο DEPON
	Ο Γιάννης υποθέτει ότι ο Γιώργος είναι αλλεργικός στην παρακεταμόλη

Γνώση είναι ένα σύνολο (λογικών) προτάσεων κάθε μία από τις οποίες δηλώνει ότι ο κόσμος είναι έτσι και όχι κάπως αλλιώς

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Τι είναι αναπαράσταση γνώσης;

5

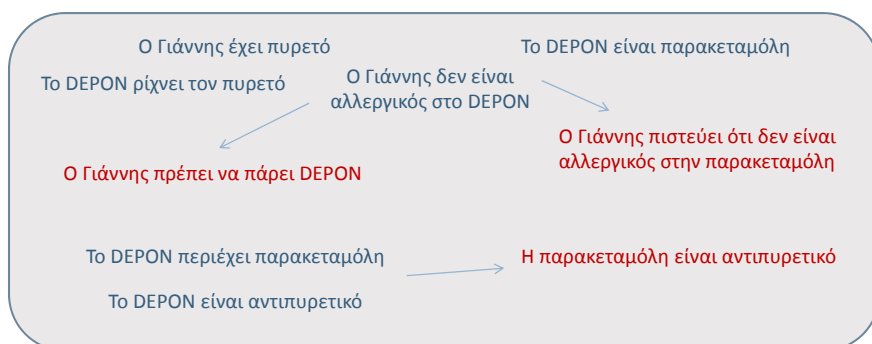


Αναπαράσταση γνώσης είναι η διαδικασία χρήσης τυπικών συμβόλων για την απόδοση του νοήματος μίας συλλογής προτάσεων (γνώσης)

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Τι είναι συλλογιστική;

6



Η συλλογιστική είναι ένα είδος τυπικής υπολογιστικής διαδικασίας για την αυτόματη παραγωγή νέων ορθών προτάσεων (συμπερασμάτων) από μία γνώση

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Ερωτήματα που προκύπτουν



7

- Τι είδους προτάσεις μπορώ να αναπαραστήσω σε μία γνώση;
- Ποιες προτάσεις μίας γνώσης θεωρούνται ορθές (συντακτικά, λογικά);
- Πότε έρχονται σε (λογική) σύγκρουση οι προτάσεις μίας γνώσης;
- Μπορώ να κρίνω αν ένα σύνολο συμβόλων και συντακτικών κανόνων χρήσης τους (μία γλώσσα αναπαράστασης γνώσης) είναι κατάλληλο για να αναπαραστήσω τη γνώση που θέλω;
- Τι απαιτείται για να καταλαβαίνουν όλοι το ίδιο όταν διαβάζουν μία συμβολική πρόταση;
- Πόσα συμπεράσματα μπορούμε να βγάλουμε από μία γνώση;
- Πόσο πολύπλοκο είναι το πρόβλημα της συλλογιστικής;
- Εξαρτάται η πολυπλοκότητά του από τη γνώση; από τη γλώσσα αναπαράστασης γνώσης; από κάτι άλλο;
- ...

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Τυπικές γλώσσες αναπαράστασης γνώσης



8

□ Σύνταξη (syntax)

Ποια είναι τα επιτρεπτά σύμβολα, πώς συνδέονται μεταξύ τους για να παραχθούν νέα σύμβολα, πώς συνδέονται για να σχηματίσουν προτάσεις

Ψηλός και έξυπνος

Ο Γιάννης είναι γιατρός

□ Σημασιολογία (semantics)

Τι σημαίνουν τα σύμβολα στον κόσμο, πώς καθορίζουν οι προτάσεις ένα συγκεκριμένο κόσμο

Ο Γιώργος έχει πυρετό

Η Μαρία διαφεύγει
δεκαεξαδική δημοκρατία

□ Πραγματολογία (pragmatics)

Πώς χρησιμοποιούνται οι συντακτικά και σημασιολογικά ορθές προτάσεις στο συγκεκριμένο κόσμο, τη συγκεκριμένη στιγμή

Υπάρχει κάποιος πίσω σου
(κουνήσου ή πρόσεξε;)Παίρνεις ασπιρίνη
(όχι αλκοόλ ή έχεις πυρετό;)

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σύνταξη (1)



9

Λογικά σύμβολα (logical symbols)

- Σημεία στίξης (punctuation)
“(”, “)”, “[”, “]”, “.”
- Σύνδεσμοι (connectives)
“¬”, “∧”, “∨”, “∃”, “∀”, “=”
(άρνηση, τομή, ένωση, υπαρξιακός ποσοδείκτης, καθολικός ποσοδείκτης και λογική ισότητα, αντίστοιχα)
- Μεταβλητές (variables)
Μία πιθανώς άπειρη συλλογή συμβόλων που θα συμβολίζουμε με x, y, z , χρησιμοποιώντας αν είναι απαραίτητο δείκτες

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σύνταξη (2)



10

Μη-λογικά σύμβολα (non-logical symbols)

- Συναρτησιακά σύμβολα (function symbols)
Μία πιθανώς άπειρη συλλογή συμβόλων που θα συμβολίζουμε με λέξεις που ξεκινούν με πεζό χαρακτήρα, π.χ. καλύτεροςΦίλος ή πιο γενικά με σύμβολα a, b, c, f, g χρησιμοποιώντας αν είναι απαραίτητο δείκτες
- Κατηγορήματα (predicates)
Μία πιθανώς άπειρη συλλογή συμβόλων που θα συμβολίζουμε με λέξεις που ξεκινούν με κεφαλαίο χαρακτήρα, π.χ. ΨηλότεροςΑπό ή πιο γενικά με σύμβολα P, Q, R χρησιμοποιώντας αν είναι απαραίτητο δείκτες

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σύνταξη (3)



11

Συντακτικές εκφράσεις (syntactic expressions)

□ Όροι (terms)

- Κάθε μεταβλητή είναι όρος
- Αν t_1, t_2, \dots, t_n είναι όροι και f ένα συναρτησιακό σύμβολο τάξης n , τότε και το $f(t_1, t_2, \dots, t_n)$ είναι όρος

□ Φόρμουλες (formulas)

- Αν τα t_1, t_2, \dots, t_n είναι όροι, και P ένα κατηγορημα τάξης n , τότε το $P(t_1, t_2, \dots, t_n)$ είναι *φόρμουλα*
- Αν τα t_1 και t_2 είναι όροι, τότε το $t_1 = t_2$ είναι *φόρμουλα*
- Αν τα α και β είναι φόρμουλες και το x μεταβλητή, τότε τα $\neg \alpha, (\alpha \wedge \beta), (\alpha \vee \beta), \forall x. \alpha, \exists x. \alpha$ είναι φόρμουλες

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σύνταξη (4)



12

Ορολογίες, συμβολισμοί, συντομεύσεις και συμβάσεις

- Κάθε μη-λογικό σύμβολο δέχεται ένα σύνολο από *ορίσματα* (arguments), το πλήθος των οποίων ονομάζεται *τάξη* (order) του μη-λογικού συμβόλου. Θα ονομάζουμε τα συναρτησιακά σύμβολα τάξης 0 *σταθερές* και θα τα συμβολίζουμε με a, b, c . Αντίστοιχα, τα κατηγορήματα τάξης 0 θα ονομάζονται *προτασιακά*.
- Οι φόρμουλες που δεν περιέχουν άλλες φόρμουλες (οι δύο πρώτες μορφές του προηγούμενου ορισμού) ονομάζονται *ατομικές φόρμουλες* ή *άτομα* (atomic formulas, atoms).
- Μπορούν να χρησιμοποιούνται όσες παρενθέσεις και αγκύλες κρίνονται απαραίτητες. Για την απλοποίηση των εκφράσεων, θεωρούμε ότι ο σύνδεσμος \wedge έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από το σύνδεσμο \vee .

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σύνταξη (5)



13

Ορολογίες, συμβολισμοί, συντομεύσεις και συμβάσεις (συνέχεια...)

- Θα ονομάζουμε *Προτασιακή Λογική* (Propositional Logic), το υποσύνολο της ΛΠΤ που δεν χρησιμοποιεί όρους και ποσοδείκτες και επιπλέον χρησιμοποιεί μόνο προτασιακά σύμβολα.
- Χρησιμοποιούμε τους ακόλουθους συμβολισμούς:
 - $\alpha \supset \beta$ εννοώντας $(\neg \alpha \vee \beta)$
 - $\alpha \equiv \beta$ εννοώντας $(\alpha \supset \beta) \wedge (\beta \supset \alpha)$
- Θα λέμε ότι μία μεταβλητή είναι *περιορισμένη* (restricted) αν βρίσκεται στην εμβέλεια ενός ποσοδείκτη, αλλιώς θα λέγεται *ελεύθερη* (free).
- Κάθε φόρμουλα που δεν περιέχει μεταβλητές θα λέγεται *απλή πρόταση* (sentence).

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σύνταξη (6)



14

Παραδείγματα

- Ο Γιάννης έχει πυρετό \longrightarrow Έχει Πυρετό(γιάννης)
- Το DEPON είναι παρακεταμόλη \longrightarrow Παρακεταμόλη(depon)
- Η Μαρία είναι η γιατρός του Γιώργου \longrightarrow μαρία=γιατρόςΤου(γιώργος)
- Η παρακεταμόλη είναι αντιπυρετικό \longrightarrow $\forall x. \text{Παρακεταμόλη}(x) \supset \text{Αντιπυρετικό}(x)$
- Ο Γιάννης δεν είναι αλλεργικός στο DEPON \longrightarrow $\neg \text{Αλλεργικός}(\text{γιάννης}, \text{depon})$
- Όποιος έχει πυρετό έχει συνήθως πονοκέφαλο \longrightarrow $\forall x. \text{Έχει Πυρετό}(x) \supset \text{Έχει Πονοκέφαλο}(x) \quad ?$
- Τα αντιπυρετικά ρίχνουν τον πυρετό \longrightarrow $\forall x. \forall y. \text{Έχει Πυρετό}(x) \wedge \text{Χορήγηση Φαρμάκου}(x, y) \wedge \text{Αντιπυρετικό}(y) \supset \neg \text{Έχει Πυρετό}(x) \quad ?$

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λεξιλόγιο Γνώσης (1)



15

□ Άτομα (individuals)

Οι διακριτές οντότητες του συγκεκριμένου κόσμου (άνθρωποι, ζώα, αντικείμενα, τόποι, χρονικές στιγμές κλπ)

γιάννης Ιωάννου, τζακ
δημαρχείο Ξάνθης, αθήνα

□ Τύποι ατόμων

Κατηγορίες στις οποίες κατατάσσουμε τις διακριτές οντότητες

Άνθρωποι, Γυναίκες
Επιχειρήσεις, Σπίτια

□ Ιδιότητες ατόμων

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διακριτών ατόμων του κόσμου

Πλούσιος, Έξυπνος, Υγιής
Αλκοολικός

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λεξιλόγιο Γνώσης (2)



16

□ Σχέσεις

Κατηγορήματα τάξης $n > 1$ (εκφράζουν διαφόρων τύπων συσχετίσεις μεταξύ των ατόμων της γνώσης)

Παντρεμένος Με
Κόρη Του, Ερωτικό Τρίγωνο

□ Συναρτήσεις

Καθολικές ένα-προς-ένα σχέσεις μεταξύ ατόμων

καλύτερος Φίλος Του
πατέρας Του

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Γεγονότα



17

□ Απλά γεγονότα

Ατομικές προτάσεις και αρνήσεις τους -
Εφαρμογή των κατηγορημάτων και των
συναρτήσεων σε άτομα του κόσμου

Άντρας(γιάννηςΙωάννου)

Πλούσιος(γιάννηςΙωάννου)

ΠαντρεμένοςΜε(γιώργος, μαρία)

ΚαλύτεροςΦίλοςΤου(γιώργος)=μαρία

□ Πολύπλοκα γεγονότα

Γεγονότα που εμπλέκουν μεταβλητές και
ποσοδείκτες

$\forall x[\text{Πλούσιος}(x) \wedge \text{Γυναίκα}(x)]$

$\supset \text{Αγαπάει}(x, \text{γιάννηςΙωάννου})]$

$\exists x[\text{Παυσίπονο}(x) \wedge \text{Αλλεργικός}(x, \text{γιάννηςΙωάννου})]$

$\forall x[\text{Αντιπυρετικό}(x) \supset x = \text{depon} \vee x = \text{ponstan}]$

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Ορολογικά αξιώματα



18

□ Ορισμοί ξένων εννοιών

$\forall x[\text{Άντρας}(x) \supset \neg \text{Γυναίκα}(x)]$

□ Καθορισμοί υποτύπων

$\forall x[\text{Άντρας}(x) \supset \text{Άνθρωπος}(x)]$

□ Εξαντλητικοί ορισμοί

$\forall x[\text{Άνθρωπος}(x) \equiv \text{Γυναίκα}(x) \vee \text{Άντρας}(x)]$

□ Συμμετρικότητα σχέσεων

$\forall x, y[\text{ΠαντρεμένοςΜε}(x, y) \supset \text{ΠαντρεμένοςΜε}(y, x)]$

□ Ορισμοί ανάστροφων σχέσεων

$\forall x, y[\text{ΠαιδίΤου}(x, y) \supset \text{ΓονιόςΤου}(y, x)]$

□ Περιορισμοί πεδίου ορισμού και πεδίου τιμών

$\forall x, y[\text{Παντρεμένος}(x, y) \supset \text{Άνθρωπος}(x) \wedge \text{Άνθρωπος}(y)]$

□ Τυπικοί ορισμοί

$\forall x[\text{Πλούσιος} \wedge \text{Άντρας}(x) \equiv \text{Πλούσιος}(x) \wedge \text{Άντρας}(x)]$

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σημασιολογία (1)



19

Τι σημαίνουν οι εκφράσεις της Λογικής Πρώτης Τάξης?

Στο πλαίσιο ενός κόσμου:

- Τι σημαίνουν τα μη-λογικά σύμβολα;
- Τι σημαίνουν τα λογικά σύμβολα;
- Πώς καθορίζουμε τους όρους;
- Πώς ερμηνεύουμε τις φόρμουλες;
- Μπορούμε να δούμε αν μία έκφραση είναι αληθής ή ψευδής;
- Μπορούμε να δούμε αν ένα σύνολο εκφράσεων είναι λογικά συνεπές;

Τα μη-λογικά σύμβολα εξαρτώνται από την εφαρμογή και ο χρήστης πρέπει να καθορίζει ρητά τι σημαίνουν. Όλα τα υπόλοιπα μπορούν να καθοριστούν σε σχέση με τα μη-λογικά σύμβολα.

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σημασιολογία (2)



20

Ορισμός κόσμου και ερμηνείες μη-λογικών συμβόλων (διαισθητικά)

- Ο κόσμος αποτελείται από αντικείμενα.
- Οι σταθερές (συναρτήσεις τάξης 0) ερμηνεύονται σαν στοιχεία του κόσμου.
- Τα συναρτησιακά σύμβολα (τάξης $n \geq 1$) ερμηνεύονται σαν απεικονίσεις από n στοιχεία του κόσμου σε ένα στοιχείο του κόσμου.
- Τα κατηγορήματα τάξης 0 ισχύουν (είναι αληθή) ή όχι (είναι ψευδή) γενικά στον κόσμο ανεξάρτητα από τα αντικείμενά του.
- Κάθε κατηγορήμα ισχύει (είναι αληθές) για κάποιο αντικείμενο (ή γενικά για κάποια n -άδα αντικειμένων, αν το κατηγορήμα έχει n ορίσματα) ή δεν ισχύει (άρα ισχύει για κάποια αντικείμενα και για τα υπόλοιπα δεν ισχύει).
- Κάθε άλλο στοιχείο του κόσμου δεν είναι σημαντικό.

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σημασιολογία (3)



21

- Οι μεταβλητές αποτιμώνται στα αντικείμενα του κόσμου, μέσω συγκεκριμένων αναθέσεων.
- Κάθε όρος προσδιορίζει τελικά ένα αντικείμενο, με βάση τις συναρτήσεις και τις αναθέσεις όλων των μεταβλητών που εμπλέκει.
- Δύο όροι είναι ίσοι αν προσδιορίζουν το ίδιο αντικείμενο.
- Κάθε φόρμουλα, για κάποιο αντικείμενο ισχύει (είναι αληθής) ή δεν ισχύει (ισχύει για κάποια αντικείμενα και για τα υπόλοιπα δεν ισχύει).
- Έστω δύο ατομικές φόρμουλες α και β . Τότε:
 - Η φόρμουλα $\neg \alpha$ ισχύει για τα αντικείμενα που δεν ισχύει η α .
 - Η φόρμουλα $\alpha \wedge \beta$ ισχύει για τα αντικείμενα που ισχύει και η α και η β .
 - Η φόρμουλα $\alpha \vee \beta$ ισχύει για τα αντικείμενα που ισχύει η α ή η β .
 - Η φόρμουλα $\exists x. \alpha$ ισχύει αν υπάρχει (τουλάχιστον ένα) αντικείμενο για το οποίο ισχύει η α .
 - Η φόρμουλα $\forall x. \alpha$ ισχύει αν η α ισχύει για όλα τα αντικείμενα.

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σημασιολογία (4)



22

Ορισμός κόσμου και ερμηνείες μη-λογικών συμβόλων (τυπικά)

Μία *ερμηνεία* (interpretation) \mathfrak{I} είναι ένα ζεύγος $\langle \mathcal{D}, I \rangle$, όπου:

\mathcal{D} είναι ένα μη κενό σύνολο αντικειμένων (όχι απαραίτητα πεπερασμένο) που ονομάζεται *πεδίο*,

I είναι μία απεικόνιση από τα μη-λογικά σύμβολα σε σχέσεις και συναρτήσεις πάνω στο \mathcal{D} , που λέγεται *ερμηνεία* και ορίζεται ως εξής:

$$I[P] \subseteq \underbrace{\mathcal{D} \times \mathcal{D} \times \dots \times \mathcal{D}}_{n \text{ φορές}} \text{ αν το } P \text{ είναι τάξης } n$$

$$I[f] \subseteq \underbrace{\mathcal{D} \times \mathcal{D} \times \dots \times \mathcal{D}}_{n \text{ φορές}} \rightarrow \mathcal{D}$$

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σημασιολογία (5)



23

Αναθέσεις μεταβλητών και καθορισμός όρων (τυπικά)

Έστω α μία έκφραση ΛΠΤ. Μία *ανάθεση* μεταβλητών (variable assignment) μ της α στο \mathcal{D} είναι μία απεικόνιση από τις μεταβλητές της α στα στοιχεία του \mathcal{D} (συμβολίζονται με $\mu[x]$ για κάθε μεταβλητή x)

Έστω μία ερμηνεία \mathfrak{I} και μία ανάθεση μεταβλητών μ . Ο *καθορισμός* (denotation) ενός όρου t συμβολίζεται με $\|t\|_{\mathfrak{I},\mu}$ και ορίζεται ως εξής:

Αν x είναι μία μεταβλητή, τότε $\|x\|_{\mathfrak{I},\mu} = \mu[x]$

Αν t_1, t_2, \dots, t_n είναι όροι και f ένα συναρτησιακό σύμβολο τάξης n τότε

$$\|f(t_1, t_2, \dots, t_n)\|_{\mathfrak{I},\mu} = F(d_1, d_2, \dots, d_n)$$

όπου $F = I[f]$ και $d_i = \|t_i\|_{\mathfrak{I},\mu}$

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Σημασιολογία (6)



24

Ικανοποιησιμότητα (satisfiability) και μοντέλα γνώσης (τυπικά)

Θα λέμε ότι η α ικανοποιείται (satisfies) στη \mathfrak{I} και θα γράφουμε $\mathfrak{I}, \mu \models \alpha$ σύμφωνα με τα παρακάτω (ανάλογα με τη μορφή της φόρμουλας):

- $\mathfrak{I}, \mu \models P(t_1, \dots, t_n)$ ανν $\langle d_1, \dots, d_n \rangle \in I[P]$ όπου $d_i = \|t_i\|_{\mathfrak{I},\mu}$
- $\mathfrak{I}, \mu \models t_1 = t_2$ ανν $\|t_1\|_{\mathfrak{I},\mu} = \|t_2\|_{\mathfrak{I},\mu}$
- $\mathfrak{I}, \mu \models \neg \alpha$ ανν δεν ισχύει το $\mathfrak{I}, \mu \models \alpha$
- $\mathfrak{I}, \mu \models (\alpha \wedge \beta)$ ανν $\mathfrak{I}, \mu \models \alpha$ και $\mathfrak{I}, \mu \models \beta$
- $\mathfrak{I}, \mu \models (\alpha \vee \beta)$ ανν $\mathfrak{I}, \mu \models \alpha$ ή/και $\mathfrak{I}, \mu \models \beta$
- $\mathfrak{I}, \mu \models \exists x. \alpha$ ανν $\mathfrak{I}, \mu' \models \alpha$ για μ' διάφορο του μ το πολύ στο x
- $\mathfrak{I}, \mu \models \forall x. \alpha$ ανν $\mathfrak{I}, \mu' \models \alpha$ για κάθε μ' διάφορο του μ στο x

Θα λέμε ότι η \mathfrak{I} είναι *μοντέλο* (model) ενός συνόλου εκφράσεων S και θα γράφουμε $\mathfrak{I} \models S$ όταν η \mathfrak{I} ικανοποιεί όλες τις εκφράσεις του S .

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (1)



25

Πρακτικά

Οι σημασιολογικοί κανόνες ερμηνείας μας λένε πώς θα αντιλαμβανόμαστε το ακριβές νόημα μίας έκφρασης ΛΠΤ, αν γνωρίζουμε το πεδίο και την ερμηνεία των μη-λογικών συμβόλων.

Όμως

- ▶ Είναι αυτό αρκετό στην πράξη;
- ▶ Πώς θα χρησιμοποιούμε τη ΛΠΤ για να αναπαριστούμε γνώση;
- ▶ Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε σε ένα σύστημα έννοιες που εμπλέκουν (πιθανώς άπειρα) μεγάλα σύνολα από αντικείμενα όπως οι χώρες, τα ζώα, τα πρόσωπα κλπ;
- ▶ Πώς θα μπορεί ένα σύστημα γνώσης να παράγει συλλογιστική για έννοιες όπως οι Αλλεργικός, ΕπικίνδυνοΦάρμακο, Γιατρός, ΔημοκρατικήΧώρα χωρίς να προσδιορίσουμε ρητά το νόημά τους;

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (2)



26

Παρατήρηση

Αν και η ερμηνεία των λογικών προτάσεων στηρίζεται στην ερμηνεία των μη-λογικών συμβόλων, υπάρχουν προτάσεις που ισχύουν όταν ισχύουν κάποιες άλλες, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε ερμηνεία.

Παράδειγμα

Έστω α και β δύο προτάσεις ΛΠΤ και έστω $\gamma \equiv \neg(\beta \wedge \neg\alpha)$.

Έστω επίσης \mathfrak{I} μία ερμηνεία τέτοια ώστε $\mathfrak{I} \models \alpha$.

Παρατηρούμε ότι όποιο και να είναι το \mathfrak{I} , ισχύει και το $\mathfrak{I} \models \gamma$.

Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από την ερμηνεία που δίνουμε στα λογικά σύμβολα που εμπλέκουν τα α και β , σε κάθε περίπτωση που ισχύει το α θα ισχύει και το γ .

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (3)



27

Λογικά Συμπεράσματα (entailments)

Έστω S ένα σύνολο από προτάσεις και α μία πρόταση ΛΠΤ. Θα λέμε ότι η α είναι λογικό συμπέρασμα της S ή ότι η S συνεπάγεται την α και θα γράφουμε $S \models \alpha$ ανν κάθε μοντέλο της S είναι και μοντέλο της α .

Η α είναι λογικό συμπέρασμα της S ανν $\exists \models S \cup \{\neg \alpha\}$, δηλαδή η $S \cup \{\neg \alpha\}$ είναι μη-ικανοποιήσιμη.

Θα λέμε ότι μία πρόταση α ισχύει και θα γράφουμε $\models \alpha$, όταν η α είναι λογικό συμπέρασμα του κενού συνόλου προτάσεων.

Έστω $S = \{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$. Τότε $S \models \alpha$ ανν η πρόταση $[(\alpha_1 \wedge \dots \wedge \alpha_n) \supset \alpha]$ ισχύει.

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (4)



28

Γιατί τελικά αναπαράσταση γνώσης και συλλογιστική;

Η συλλογιστική που βασίζεται σε λογικές συνεπαγωγές το μόνο που επιτρέπει είναι να παράγουμε **ασφαλή** λογικά συμπεράσματα. Παρόλα αυτά, θεωρώντας ως δεδομένο ένα πλούσιο σύνολο προτάσεων, που περιέχει όχι μόνο γεγονότα που περιγράφουν τη συγκεκριμένη εφαρμογή (συνδέοντας τα μη-λογικά σύμβολα με τον κόσμο) αλλά και προτάσεις που **συνδέουν** τα μη-λογικά σύμβολα μεταξύ τους (αναπαριστώντας λογική γνώση για την εφαρμογή), το σύνολο των **λογικών συνεπαγωγών** που παράγουμε με διαδικασίες συλλογιστικής μπορεί να γίνει πολύ πλούσιο. Ο υπολογισμός των λογικών αυτών συνεπαγωγών είναι που κάνει το σύστημα να συμπεριφέρεται με «**ευφυεία**», δείχνοντας να αντιλαμβάνεται το νόημα των πολύπλοκων λογικών εκφράσεων που σχηματίζονται.

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (5)



29

Κατηγορηματική και υπονοούμενη γνώση

Βάση γνώσης (knowledge base) είναι μία πεπερασμένη συλλογή από λογικές προτάσεις (το σύνολο των υποθέσεων που περιγράφουν την εφαρμογή μας) πάνω στην οποία υπολογίζονται οι λογικές συνεπαγωγές.

Η **κατηγορηματική γνώση** (explicit knowledge) αποτελείται από όλες τις προτάσεις που περιέχονται στη βάση γνώσης.

Η **υπονοούμενη γνώση** (implicit knowledge) περιέχει τις λογικές συνεπαγωγές που μπορούν να εξαχθούν από τη βάση γνώσης μέσω συλλογιστικής.

Στο πλαίσιο αυτό, η **συλλογιστική** (reasoning) είναι ένας αλγόριθμος μέσω του οποίου εξέγεται υπονοούμενη γνώση από την κατηγορηματική, ή ελέγχεται η λογική ισχύς μίας πρότασης δεδομένης της βάσης γνώσης.

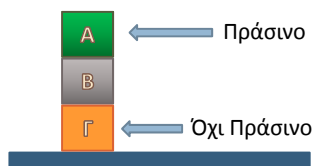
Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (6)



30

Παράδειγμα



Γλωσσική περιγραφή

Έχουμε τρία κουτιά τα A, B και Γ. Το A είναι πάνω στο B και το B είναι πάνω στο Γ. Το A είναι πράσινο και το Γ δεν είναι πράσινο.

Τυπική Περιγραφή σε ΛΠΤ: $S = \{On(a,b), On(b,c), Green(a), \neg Green(c)\}$

Ερώτημα: $S \models \exists x \exists y. Green(x) \wedge \neg Green(y) \wedge On(x,y) ?$

Απάντηση: Έστω $\mathcal{I} \models S$. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

1. $\mathcal{I} \models Green(b)$. Τότε $Green(b) \wedge \neg Green(c) \wedge On(b,c)$
2. $\mathcal{I} \models \neg Green(b)$. Τότε $Green(a) \wedge \neg Green(b) \wedge On(a,b)$

Άρα σε κάθε περίπτωση ισχύει ότι $\exists x \exists y. Green(x) \wedge \neg Green(y) \wedge On(x,y)$

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Λογική Πρώτης Τάξης – Πραγματολογία (7)



31

Πόσο δύσκολη είναι η συλλογιστική στην ΛΠΤ;

Ένας αλγόριθμος συλλογιστικής είναι *ορθός* (sound) αν οποτεδήποτε παράγει μία λογική πρόταση α εφαρμοζόμενος σε μία βάση γνώσης, η α είναι λογικό συμπέρασμα της βάσης γνώσης.

Ένας αλγόριθμος συλλογιστικής είναι *πλήρης* (complete) όταν εγγυάται ότι μπορεί να παράγει το α , αν είναι λογικό συμπέρασμα της βάσης γνώσης.

Έχει αποδειχθεί ότι:

Δεν υπάρχει αλγόριθμος αυτόματης συλλογιστικής για την ΛΠΤ, ο οποίος να είναι ορθός και πλήρης. Δηλαδή, το πρόβλημα της συλλογιστικής στην ΛΠΤ είναι γενικά άλυτο.

Μέρος 2 – Ενότητα 1

Επίλογος



32

Βασικά συμπεράσματα

- Η αναπαράσταση γνώσης και η συλλογιστική μπορούν να προσεγγισθούν υπολογιστικά, αρκεί να μην περιμένουμε θαύματα...
- Η Λογική Πρώτης Τάξης είναι ένας αρκετά εκφραστικός φορμαλισμός για την αναπαράσταση γνώσης αν και δεν είναι εύκολα κατανοητός από μη εξειδικευμένους χρήστες.
- Το πρόβλημα της συλλογιστικής στη Λογική Πρώτης Τάξης φαίνεται να είναι αρκετά δύσκολο.

Ανοικτά θέματα

- Φορμαλισμοί αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής, εκτός της Λογικής Πρώτης Τάξης
- Σχέση εκφραστικότητας και πολυπλοκότητας σε κάθε φορμαλισμό
- Υποσύνολα Λογικής Πρώτης Τάξης τα οποία είναι πιο κατανοητά από τον άνθρωπο και πιο εύκολα επιλύσιμα, παραμένοντας όμως εκφραστικά για να μπορούν να αναπαραστήσουν πολύπλοκους κόσμους

Μέρος 2 – Ενότητα 1