ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Δημήτρης Καλαθάς

el18016

7ο εξάμηνο

ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ 2

Άσκηση 1

$(p \Leftrightarrow \neg q) \Rightarrow ((r \land s) \lor t)$

- $((p \lor \neg\neg q) \land (\neg p \lor \neg q)) \Rightarrow ((r \land s) \lor t)$
- $\neg((p \lor \neg\neg q) \land (\neg p \lor \neg q)) \lor ((r \land s) \lor t)$
- $\neg((p \lor q) \land (\neg p \lor \neg q)) \lor ((r \land s) \lor t)$
- $(\neg(p \lor q) \lor \neg(\neg p \lor \neg q)) \lor ((r \land s) \lor t)$
- $((\neg p \land \neg q) \lor (\neg\neg p \land \neg\neg q)) \lor ((r \land s) \lor t)$
- $((\neg p \land \neg q) \lor (p \land q)) \lor ((r \land s) \lor t)$
- $((\neg p \lor p) \land (\neg p \lor q) \land (\neg q \lor p) \land (\neg q \lor q)) \lor ((t \lor r) \land (t \lor s))$
- $(\neg p \lor p \lor t \lor r) \land (\neg p \lor q \lor t \lor r) \land (\neg q \lor p \lor t \lor r) \land (\neg q \lor q \lor t \lor r) \land (\neg p \lor p \lor t \lor s) \land (\neg p \lor q \lor t \lor s) \land (\neg q \lor p \lor t \lor s) \land (\neg q \lor q \lor t \lor s)$

Άρα η κανονική συζευκτική μορφή είναι :

$\{[\neg p, p, t, r], [\neg p, q, t, r], [\neg q, p, t, r], [\neg q, q, t, r], [\neg p, p, t, s], [\neg p, q, t, s], [\neg q, p, t, s], [\neg q, q, t, s]\}==$

$\{[\neg p, q, t, r], [\neg q, p, t, r], [\neg p, q, t, s], [\neg q, p, t, s]\}$

$(\forall x.\forall y.\exists z.q(x,y,z) \vee \exists x.\forall y.p(x,y)) \wedge \neg (\exists x.\exists y.p(x,y))$

- $(\forall x.\forall y.\exists z.q(x,y,z) \vee \exists x.\forall y.p(x,y)) \wedge (\forall x. \forall y. \neg p(x,y))$
- $(\forall x.\forall y.\exists z.q(x,y,z) \vee \exists u.\forall k.p(u,k)) \wedge (\forall t. \forall n. \neg p(t,n))$
- $(\forall x.\forall y.q(x,y,f(x,y)) \vee \forall k.p(g(k),k)) \wedge (\forall t. \forall n. \neg p(t,n))$
- $\forall x.\forall y.\forall k.(q(x,y,f(x,y) \vee p(g(k),k)) \wedge \forall t.\forall n. (\neg p(t,n))$
- $(q(x,y,f(x,y) \vee p(g(u),k)) \wedge (\neg p(t,n))$

Άρα η κανονική συζευκτική μορφή είναι :

$\{[q(x,y,f(x,y)), p(g(u),k)],[\neg p(t,n)]\}$

Άσκηση 2

Για 1+2

Έχουμε: $\Delta^I=\{a,b,c\}$

$R^I= \{ (a, a), (b, b), (c, c), (a, b) ,(b, a) ,(a, c), (c, a) \}$

Η ανάκλαση ισχύει, αφού ανήκουν στο R^I τα ζεύγη (a, a), (b, b), (c, c). Η συμμετρία επίσης ισχύει, αφού για κάθε ζεύγος που ανήκει στο R^I ανήκει και το συμμετρικό του. Η μεταβατική δεν ισχύει αφού στο R^I υπάρχουν τα (b, a), (a, c) και όχι το (b, c).

1+3

Έχουμε: Δ^I={a,b,c}

R^I= { (a, a), (b, b), (c, c), (a, b) ,(b, c), (c, a) }

Η ανάκλαση ισχύει, αφού ανήκουν στο R^I τα ζεύγη (a, a), (b, b), (c, c). Η μεταβατική ισχύει, ενώ η συμμετρική όχι αφού στο R^I ανήκει το (a, b) και όχι το (b, a).

2+3

Έχουμε: Δ^I={a,b,c}

R^I= { (a, a), (b, b), (a, b) ,(b, α) }

Η συμμετρική και η μεταβατική ισχύουν ενώ η ανακλαστική δεν ισχύει αφού το (c, c) δεν υπάρχει στο R^I.

Συμπεραίνουμε ότι οποιεσδήποτε δυο από τις τρεις μπορούν να ικανοποιηθούν από την χωρίς να ικανοποιείται και η τρίτη. Αυτό σημαίνει ότι καμία δεν αποτελεί λογική συνέπεια κάποιων από τις άλλες δυο.

Άσκηση 3

Έχουμε την γνώση Κ που αποτελείται από τις προτάσεις:

$\forall x.\exists y.(A(x) \Rightarrow R(x, y) \land C(y))$

$\forall x.\exists y.(B(x) \Rightarrow S(y, x) \land D(y))$

$\forall x.(D(x) \Rightarrow A(x))$

$\forall x.\forall y.(S(x, y) \Rightarrow T(y, x))$

$\forall x.\forall y.\forall z.(T(x, y) \land R(y, z) \land C(z) \Rightarrow Q(x))$

Θέλουμε να ελέγξετε αν Κ $\models \forall x.(B(x) \Rightarrow Q(x))$

Αρχικά θα κάνουμε όλες τις προτάσεις σε CNF και θα αλλάξουμε το όνομα των μεταβλητών έτσι ώστε σε κάθε πρόταση να είναι διαφορετικά:

$\forall x.\exists y.(A(x) \Rightarrow (R(x, y) \land C(y)))$

- $\forall x.\exists y.(\neg A(x) \lor (R(x, y) \land C(y)))$
- $\forall x.(\neg A(x) \lor (R(x, f(x)) \land C(f(x))))$
- $\neg A(x) \lor (R(x, f(x)) \land C(f(x)))$
- $(\neg A(x) \lor R(x, f(x)) \land (\neg A(x) \lor C(f(x)))$

$\{[\neg A(x) , R(x, f(x))] ,[\neg A(x), C(f(x))]\}$

$\forall u.\exists z.(B(u) \Rightarrow (S(z, u) \land D(z)))$

- $\forall u.\exists z.(\neg B(u) \lor(S(z, u) \land D(z)))$
- $\forall u.(\neg B(u) \lor (S(g(u), u) \land D(g(u))))$
- $(\neg B(u) \lor (S(g(u),u) \land D(g(u))))$
- $(\neg B(u) \lor S(g(u),u)) \land (\neg B(u) \land D(g(u)))$

$\{ [\neg B(u) , S(g(u), u)], [\neg B(u),D(g(u))]\}$

$\forall k.(D(k) \Rightarrow A(k))$

- $\forall x.(\neg D(k) \lor A(k))$
- $(\neg D(k) \lor A(k))$

$\{ [\neg D(k) , A(k)]\}$

$\forall w.\forall v.(S(w, v) \Rightarrow T (v, w))$

- $\forall w.\forall v.(\neg S(w, v) \lor T (v, w))$
- $(\neg S(w, v) \lor T (v, w))$

$\{[\neg S(w, v) , T (v, w)]\}$

$\forall x1.\forall y1.\forall z1.((T (x1, y1) \land R(y1, z1) \land C(z1)) \Rightarrow Q(x1))$

- $\forall x1.\forall y1.\forall z1.((\neg T (x1, y1) \lor \neg R(y1, z1) \lor \neg C(z1))\lor Q(x1))$
- $((\neg T (x1, y1) \lor\neg R(y1, z1) \lor \neg C(z1)) \lor Q(x1))$

{[¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)]}

Θα κάνουμε το αντίθετο από αυτό που θέλουμε να ελέγξουμε γιατί αυτό θα προσθέσουμε στην φόρμουλα της K.

¬∀x2.(B(x2) ⇒ Q(x2))

- ∀x2.(¬B(x2) ∨ Q(x2))
- ∃x2. ¬(¬B(x2) ∨ Q(x2))
- ∃x2. (B(x2) ∧ ¬Q(x2))
- (B(a) ∧ ¬Q(a))

{[B(a)] ,[¬Q(a)]}

Τα x,y,w,k,t,u,v,x1,y1,z1 είναι μεταβλητές ενώ τα a είναι σταθερές.

Σε κάθε βήμα με κόκκινο θα έχουμε τις δύο φόρμουλες που θα προκύψει το επόμενο αναλυθέν.

Έχουμε :

{[¬A(x) , R(x, f(x))] ,[¬A(x), C(f(x))], [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)],[¬S(w, v) , T (v, w)],[¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)], [B(a)] , [¬Q(a)] }

Αντικατάσταση: u→a

{[¬A(x) , R(x, f(x))] ,[¬A(x), C(f(x))], [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)], [¬S(w, v) , T (v, w)] ,[¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)], [B(a)] , [¬Q(a)], [S(g(a), a)] }

Αντικατάσταση: w→g(a) , v→a

{[¬A(x) , R(x, f(x))] ,[¬A(x), C(f(x))], [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)], [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)], [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] }

Αντικατάσταση: y1→g(a) , x1→a

{[¬A(x) , R(x, f(x))] ,[¬A(x), C(f(x))], [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)], [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)] , [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] , [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1) ,Q(a)] }

{ [¬A(x) , R(x, f(x))] ,[¬A(x), C(f(x))], [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)], [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)] , [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] , [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1) ,Q(a)], [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1)] }

Αντικατάσταση: $x \rightarrow g(a)$, $z1 \rightarrow f(g(a))$

{ [¬A(x) , R(x, f(x))] , [¬A(x), C(f(x))] , [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)], [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)] , [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] , [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1) ,Q(a)], [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1)] , [¬A(g(a)), ¬C(f(g(a)))] }

Αντικατάσταση: $x \rightarrow g(a)$

{ [¬A(x) , R(x, f(x))] , [¬A(x), C(f(x))] , [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))], [¬D(k),A(k)] , [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)] , [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] , [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1) ,Q(a)], [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1)] , [¬A(g(a)), ¬C(f(g(a)))] , [¬A(g(a))] }

Αντικατάσταση: $k \rightarrow g(a)$

{ [¬A(x) , R(x, f(x))] , [¬A(x), C(f(x))] , [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))] , [¬D(k),A(k)] , [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)] , [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] , [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1) ,Q(a)], [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1)] , [¬A(g(a)), ¬C(f(g(a)))] , [¬A(g(a))], [¬D(g(a))] }

Αντικατάσταση: $u \rightarrow a$

{ [¬A(x) , R(x, f(x))] , [¬A(x), C(f(x))] , [¬B(u) , S(g(u), u)] , [¬B(u),D(g(u))] , [¬D(k),A(k)] , [¬S(w, v) , T (v, w)] , [¬ T (x1, y1) ,¬ R(y1, z1) , ¬C(z1) ,Q(x1)] , [B(a)] , [¬Q(a)] , [S(g(a), a)], [T (a, g(a))] , [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1) ,Q(a)], [¬ R(g(a), z1) , ¬C(z1)] , [¬A(g(a)), ¬C(f(g(a)))] , [¬A(g(a))], [¬D(g(a))] , [¬B(a)] }

Καταλήγουμε σε αντίφαση, άρα **K |= ∀x.(B(x) ⇒ Q(x))**

Άσκηση 4

1. $\forall x.$ (Χωρά(x) $\Rightarrow$ $\exists.y$ (ΑνήκειΣε(x, y) $\wedge$ Ήπειρος(y)))

2. $\exists x.$ (Χωρά(x) $\wedge$ ΜεγαλυτεροΑπο(πληθυσμός(x) ,300.000.000))

3. $\neg\ \exists x.$ (Χωρά(x) $\Rightarrow$ $\exists y1.\ \exists y2.\ \exists y3.$(ΑνήκειΣε(x, y1) $\wedge$ Ήπειρος(y1) $\wedge$ ΑνήκειΣε(x, y2) $\wedge$ Ήπειρος(y2) $\wedge$ ΑνήκειΣε(x, y3) $\wedge$ Ήπειρος(y3) $\wedge$ $\neg$ (y1=y2) $\wedge\neg$ (y1=y3) $\wedge$ $\neg$ (y3=y2))

4. $\exists x.$ (Χωρά(x) $\wedge$ ΑνήκειΣε(x, Αμερική) $\wedge$ $\forall y.$(Χωρά(y) $\wedge$ ΑνήκειΣε(y, Ευρώπη) $\Rightarrow$ ΜεγαλυτεροΑπο(πληθυσμός(x), πληθυσμός(y)))

5. $\exists x1.\ \exists x2.\ \exists x3.$ (Χωρά(x1) $\wedge$ Χωρά(x2) $\wedge$ Χωρά(x3) $\wedge$ $\neg$ (x1=x2) $\wedge$ ΜεγαλυτεροΑπο(πληθυσμός(x1),1δις) $\wedge$ ΜεγαλυτεροΑπο(πληθυσμός(x2),1δις) $\wedge$ (ΜεγαλυτεροΑπο(πληθυσμός(x3),1δις) $\Rightarrow$ (x1=x3) $\vee$ (x2=x3)))

6. $\forall x.$ ((Χωρά(x) $\wedge$ $\neg$ (x=Κίνα) $\wedge$ $\neg$ (x=Ινδία)) $\Rightarrow$ ΜεγαλυτεροΑπο(Κίνα, πληθυσμός(x)) $\wedge$ ΜεγαλυτεροΑπο(Ινδία, πληθυσμός(x)))

Άσκηση 5

1.

Θα απλοποιήσουμε την πρώτη πρόταση σε πρώτη φάση:

$\forall x.(p(x) \Rightarrow q(a))$

- $\forall x.(\neg p(x) \vee q(a))$
- $(\forall x.\neg p(x)) \vee q(a))$
- $\neg (\exists x.p(x)) \vee q(a)$
- $(\exists x.p(x)) \Rightarrow q(a)$

Αρά έχουμε τις:

$(\exists x.p(x)) \Rightarrow q(a)$

$(\forall x.p(x)) \Rightarrow q(a)$

Θα αποδείξουμε ότι δεν υπάρχει ερμηνεία που να ικανοποιεί μόνο την πρώτη πρόταση. Αρχικά αν το q(a) το θέσουμε T τότε αναγκάστηκα και οι δύο προτάσεις θα ικανοποιούνται αφού αν το δεξιό μέλος μιας συνεπαγωγής είναι T τότε είναι όλη η πρόταση. Έστω τώρα ότι βάζουμε F στο δεξί μέλος και των δύο. Θέλουμε το $(\exists x.p(x))$ της πρώτης πρότασης να είναι F, οπότε πρέπει να μην υπάρχει ένα x και p(x), για να το κάνουν F. Με αυτόν τον τρόπο όμως και το πρώτο μέλος της δεύτερης πρότασης γίνεται αυτόματος F γιατί το «για κάθε» περιλαμβάνει το «υπάρχει». Άρα και η δεύτερη πρόταση είναι F. Οπότε δεν υπάρχει ερμηνεία που να ικανοποιεί την πρώτη και όχι την δεύτερη πρόταση.

2.

Θα απλοποιήσουμε την πρώτη πρόταση σε πρώτη φάση:

$\exists x.(p(x) \Rightarrow q(a))$

- $\exists x.(\neg p(x) \vee q(a))$
- $\exists x.(\neg p(x) \vee q(a))$
- $\exists x .\neg (p(x) \wedge \neg q(a))$
- $\neg \forall x.(p(x) \wedge \neg q(a))$
- $\neg ((\forall x.p(x)) \wedge \neg q(a))$
- $(\neg (\forall x.p(x)) \vee q(a))$
- $(\forall x. p(x)) \Rightarrow q(a)$

Αρά

$(\forall x.p(x)) \Rightarrow q(a)$

$(\exists x.p(x)) \Rightarrow q(a)$

Θα αποδείξουμε ότι υπάρχει ερμηνεία που να ικανοποιεί μόνο την πρώτη πρόταση. Αρχικά όπως και στην πρώτη περίπτωση αν το q(a) το θέσουμε T τότε αναγκάστηκα και οι δύο προτάσεις θα ικανοποιούνται αφού αν το δεξιό μέλος μιας συνεπαγωγής είναι T τότε είναι όλη η πρόταση. Έστω τώρα ότι βάζουμε F στο δεξί μέλος και των δύο, θέλουμε το (∀x.p(x)) της πρώτης πρότασης να είναι F, οπότε πρέπει να υπάρχει έστω ένα x και p(x) για να το κάνουν F. Με αυτόν τον τρόπο το πρώτο μέλος της δεύτερης πρότασης (∃x.p(x)) δεν είναι απαραίτητο να είναι F και μπορεί να υπάρχουν τιμές που θα το κάνουν T. Άρα η δεύτερη πρόταση είναι F. Οπότε υπάρχει ερμηνεία που να ικανοποιεί την πρώτη και όχι την δεύτερη πρόταση.

Π.χ.

$\Delta^I=\{*,\&\}$

$a^I=\{*\}$

$p^I=\{(*)\}$

$q^I=\{\varnothing\}$

Άσκηση 6

1. r(x,b)←r(a,x).

   r(x, z) ← r(x, y), r(y, z).

   σύμπαν και τη βάση Herbrand:

   UL={a, b}

   BL={ r(a,b), r(b,a), r(a,a), r(b,b)}

2. q(0) ← .

   p(x) ← p(f(x)).

   σύμπαν και τη βάση Herbrand:

   UL={0,f(0),f(f(0))….}

   BL={q(0),p(0),p(f(0)), p(f(f(0))),…, q(f(0)),q(f(f(0))),…. }

<u>Άσκηση 7</u>

1. parent(x, y) ← father(x, y).
2. parent(x, y) ← mother(x, y).
3. sibling(y, z) ← parent(y, x), parent(z, x).
4. sibling(x, y) ← sibling(y, x).
5. grandparent(x, z) ← parent(x, y), parent(y, z).
6. cousin(y, z) ← grandparent(y, x), grandparent(z, x).

7. mother(A, B) ← .
8. father(A, C) ← .
9. mother(B, D) ← .
10. mother(E, D) ← .
11. father(F, E) ← .
12. father(G, E) ← .

Έλεγχος για τα **cousin(A, F)** και **sibling(A, G)**

1) <u>forward chaining:</u>

- από 1 και 8,11,12 έχουμε: 13. parent(A, C) 14. parent(F, E) 15. parent(G, E)
- από 2 και 7,8,10 έχουμε: 16. parent(A, B) 17. parent(B, D) 18. parent(E, D)
- από 3 και 14,15 έχουμε: 19. sibling(F, G)
- από 3 και 17,18 έχουμε: 20. sibling(B, E)
- από 4 και 19 έχουμε: 21. sibling(G, F)
- από 4 και 20 έχουμε: 22. sibling(E, B)
- από 5 και 16,17 έχουμε: 23.grandparent(A, D)
- από 5 και 15,18 έχουμε: 24.grandparent(G, D)
- από 5 και 14,18 έχουμε: 25.grandparent(F, D)
- από 6 και 23,25 έχουμε: 26. **cousin(A, F)**
- από 6 και 23,24 έχουμε: 27. cousin(A, G) (άρα δεν μπορεί να ισχύει και το **sibling(A, G))**

Άρα για τον **cousin(A, F)** έχουμε **επιτυχία** ενώ για το **sibling(A, G)** έχουμε **αποτυχία**.

2) backward chaining:

- cousin(A, F) → grandparent(A, x), grandparent(F, x)
- grandparent(A, x) → parent(A, y), parent(y, x)
- parent(A, y) → mother(A, y) or father(A, y)
- mother(A, y) → y=B
- parent(B, x) → mother(B, x) or father(B, x)
- mother(B, x) → x=D
- parent(A, y) → parent(A, B) **επιτυχία**
- parent(y, x) → parent(B, D) **επιτυχία**
- grandparent(A, x) →grandparent(A, D) **επιτυχία**

κάνουμε την ίδια διαδικασία για το grandparent(F, D) καταλήγουμε και εκεί σε **επιτυχία,** άρα και για τον cousin(A, F) έχουμε **επιτυχία**.

- sibling(A, G) → sibling(G, A)
- sibling(A, G) → parent(A, x), parent(G, x)
- parent(A, x) → mother(A, x) or father(A, x)
- mother(A, x) → x=B
- parent(A, B) **επιτυχία**
- parent(G, B) **αποτυχία** (αφού δεν υπάρχει)
- father(A, x) → x=C
- parent(A, C) **επιτυχία**
- parent(G, C) **αποτυχία** (αφού δεν υπάρχει)

  Αφού και στις δύο περιπτώσεις του parent(G, x) έχουμε αποτυχία τότε σιγουρά για το **sibling(A, G)** έχουμε **αποτυχία**.

Άσκηση 8

1. add(x, 0, x) ← .
2. add(x, s(y), s(z)) ← add(x, y, z).

backward SLD για το ερώτημα add(s(0), u, s(s(0))):

- add(s(0), u, s(s(0))) → add(s(0), s^{-1}(u), s(0)) (αυτό θα είναι **επιτυχία** αν s^{-1}(u)=0 ⇒ u=s(0))
- add(s(0), s^{-1}(u), s(0)) → add(s(0), 0, s(0))
- add(s(0), 0, s(0)) θα είναι της μορφής add(x, 0, x) με x=s(0)

Με την παραπάνω αντικατάσταση θα έχουμε **επιτυχία** σε οποία άλλη περίπτωση θα έχουμε **αποτυχία.**

Άσκηση 9

$A \sqsubseteq \exists r.B$
$B \sqsubseteq \exists s.(A \sqcap C)$
$s \equiv r^{-}$
$A(a)$
$\neg C\ (a)$

IN={a}

CN={A, B,C}

RN={r, s}

Μετατροπή σε λογική πρώτης τάξης:

$\forall x.(A(x) \Rightarrow (\exists y.(r(x, y) \wedge B(y)))$
$\forall x.(B(x) \Rightarrow(\exists y.(s(x, y) \wedge (C(y) \wedge A(y))\ )\ )$
$\forall x.\forall y.(s(x, y) \Leftrightarrow r(y, x))$
$A(a)$
$\neg C(a)$

$\Delta^I=\{*,\&,!\}$
$r^I=\{\ (\&,*)\ ,\ (*,!)\ ,(\&,!)\}$
$s^I=\{\ (*,\&),\ (!,*),\ (!,\ \&)\ \}$
$B^I=\{(!)\}$
$a^I=\{*\}$
$A^I=\{(*),(\&)\}$
$C^I=\{(\&)\}$

Αυτή η ερμηνεία είναι μοντέλο της γνώσης αφού όλες οι προτάσεις, τις ικανοποιεί (True).