

ΥΣ02 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Χειμερινό Εξάμηνο 2022-2023

Εργασία Τέταρτη (2.75 μονάδες του συνολικού βαθμού στο μάθημα)

Ημερομηνία Ανακοίνωσης: 10 Δεκεμβρίου 2022

Ημερομηνία Παράδοσης: 28 Φεβρουαρίου 2023 στις 23:59

Αντιγραφή: Σε περίπτωση που προκύψουν φαινόμενα αντιγραφής, οι εμπλεκόμενοι θα βαθμολογηθούν στην εργασία με βαθμό μηδέν.

1. Να κάνετε το Pacman Project 3 (Logic and Classical Planning) από την ιστοσελίδα <https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs188/sp22/project3/>.
($26 \times 5 = 130$ μονάδες - κάθε ερώτημα παίρνει τις μονάδες που δίνονται στην ιστοσελίδα πολλαπλασιασμένες με 5)
2. Θεωρήστε το στιγμιότυπο του κόσμου της ταινίας Attack of the Clones της σειράς Star Wars που αποτυπώνεται στην παρακάτω εικόνα:



Θεωρήστε τώρα τις παρακάτω προτάσεις της λογικής πρώτης τάξης που αναφέρονται σ' αυτό το στιγμιότυπο:

$$\phi_1 : JediMaster(Yoda)$$

$$\phi_2 : (\exists x)JediMaster(x)$$

$$\phi_3 : (\forall x)(JediMaster(x))$$

Έχετε να απαντήσετε τις ακόλουθες ερωτήσεις:

- (a) Να ορίσετε μια ερμηνεία I για το λεξιλόγιο των παραπάνω προτάσεων που περιγράφει με ακρίβεια την δοσμένη εικόνα (δηλαδή, η μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δώσει νόημα στις παραπάνω προτάσεις).
- (b) Ποιές από τις παραπάνω προτάσεις ικανοποιούνται από την I ; Εξηγήστε λεπτομερώς χρησιμοποιώντας με ακρίβεια τους ορισμούς της ερμηνείας και της ικανοποίησης από τις διαφάνειες των διαλέξεων.

(10+20=30 μονάδες)

3. Για καθένα από τους παρακάτω ατομικούς τύπους της λογικής πρώτης τάξης, να δώσετε τον πιο γενικό ενοποιητή αν υπάρχει (αν όχι, να εξηγήσετε γιατί δεν υπάρχει).

- $P(x, x)$ και $P(G(F(v)), G(u))$
- $P(x_1, G(x_2, x_3), x_2, B)$ και $P(G(H(A, x_5), x_2), x_1, H(A, x_4), x_4)$
- $P(x_1, x_2, \dots, x_n, F(y_0, y_0), \dots, F(y_{n-1}, y_{n-1}), y_n)$ και $P(F(x_0, x_0), F(x_1, x_1), \dots, F(x_{n-1}, x_{n-1}), y_1, \dots, y_n, x_n)$

(15 μονάδες)

4. Θεωρήστε τις παρακάτω προτάσεις στα Ελληνικά:

- i. Ο Κυριάκος, ο Αλέξης και ο Νίκος είναι μέλη του πολιτικού κόμματος ΚΟΡΩΝΑ.
- ii. Κάθε μέλος του κόμματος ΚΟΡΩΝΑ που δεν είναι δεξιός, είναι φιλελεύθερος.
- iii. Στους δεξιούς δεν αρέσει ο σοσιαλισμός.
- iv. Σ' όποιον δεν αρέσει ο καπιταλισμός, δεν είναι φιλελεύθερος.
- v. Στον Κυριάκο δεν αρέσει ό,τι αρέσει στον Αλέξη, και του αρέσει ό,τι δεν αρέσει στον Αλέξη.
- vi. Στο Αλέξη αρέσει ο σοσιαλισμός και ο καπιταλισμός.
- vii. Υπάρχει ένα μέλος του κόμματος ΚΟΡΩΝΑ που είναι φιλελεύθερος αλλά δεν είναι δεξιός.

- (a) Να μετατρέψετε τις παραπάνω προτάσεις (i)-(vi) σε λογικής πρώτης τάξης και να ονομάσετε τη βάση γνώσης που προκύπτει KB .

Να μετατρέψετε την πρόταση (vii) σε λογική πρώτης τάξης και να ονομάσετε την πρόταση που προκύπτει ϕ .

Σημείωση: Να εξηγήσετε με ακρίβεια τι παριστάνουν τα σύμβολα σταθερών, συναρτήσεων και κατηγορημάτων που θα χρησιμοποιήσετε.

- (b) Να χρησιμοποιήσετε ανάλυση (resolution) για να αποδείξετε ότι $KB \models \phi$;
- (c) Να τροποποιήσετε την απόδειξη με ανάλυση που δώσατε στο (b) χρησιμοποιώντας λεκτικά απάντησης για να βρείτε το μέλος του ΚΟΡΩΝΑ που έχει την ιδιότητα που παριστάνει η ϕ .

(20+20+5=45 μονάδες)

5. Θεωρήστε τις παρακάτω προτάσεις της λογικής πρώτης τάξης:

$$A : (\forall x)(\forall s)(\forall t)(In(x, s) \wedge In(x, t) \Leftrightarrow In(x, Intersection(s, t)))$$

$$B : (\forall s)(\forall t)((\forall x)(In(x, s) \Rightarrow In(x, t)) \Rightarrow SubsetOf(s, t))$$

$$C : (\forall s)(\forall t)SubsetOf(Intersection(s, t), s)$$

Για να καταλάβετε τι λένε διαισθητικά οι παραπάνω προτάσεις θεωρήστε ότι οι μεταβλητές s και t αναφέρονται σε σύνολα, η μεταβλητή x σε στοιχεία συνόλων, το κατηγορημα In κωδικοποιεί τη σχέση “ανήκει” (ένα στοιχείο σε ένα σύνολο), το κατηγορημα $SubsetOf$ τη σχέση “υποσύνολο”, και το σύμβολο συνάρτησης $Intersection$ την τομή δύο συνόλων.

- (a) Να δώσετε τη συζευκτική κανονική μορφή (CNF) των προτάσεων A , B και $\neg C$.
- (b) Να χρησιμοποιήσετε ανάλυση (resolution) για να αποδείξετε ότι η πρόταση C είναι λογική συνέπεια των προτάσεων A και B .

Προσοχή: Αν η παραπάνω μετατροπή σε CNF δεν είναι σωστή, το παρόν ερώτημα δεν θα βαθμολογηθεί.

(10+20=30 μονάδες)

6. Να αναπαράσχετε τις παρακάτω προτάσεις χρησιμοποιώντας φράσεις Horn (Horn clauses):

- Η Ελένη είναι όμορφη.
- Ο Γιάννης είναι όμορφος και πλούσιος.
- Ο Πέτρος είναι μυώδης και πλούσιος.
- Ο Τίμος είναι μυώδης και ευγενικός.
- Σε όλους τους άνδρες αρέσουν οι όμορφες γυναίκες.
- Όλοι οι πλούσιοι είναι ευτυχισμένοι.
- Όλοι οι άνδρες που τους αρέσει μια γυναίκα, στην οποία αρέσουν, είναι ευτυχισμένοι.
- Όλες οι γυναίκες που τους αρέσει ένας άνδρας, στον οποίο αρέσουν, είναι ευτυχισμένες.
- Στην Κατερίνα αρέσουν όλοι οι άνδρες, στους οποίους η ίδια αρέσει.
- Στην Ελένη αρέσουν όλοι οι άνδρες που είναι ευγενικοί και πλούσιοι ή μυώδεις και όμορφοι.

Να χρησιμοποιήσετε forward ή backward chaining για να βρείτε την απάντηση στις ερωτήσεις:

- Ποιός αρέσει σε ποιόν;
- Ποιός είναι ευτυχισμένος;

Παρατήρηση: Αν γνωρίζετε ήδη Prolog, μπορείτε να τη χρησιμοποιήσετε.

(20+20=40 μονάδες)

7. Να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό απόδειξης θεωρημάτων Prover9 (διαθέσιμο από την ιστοσελίδα <http://www.cs.unm.edu/~mccune/prover9/>) για να επαληθεύσετε τις αποδείξεις με ανάλυση για τις ερωτήσεις 4 και 5.

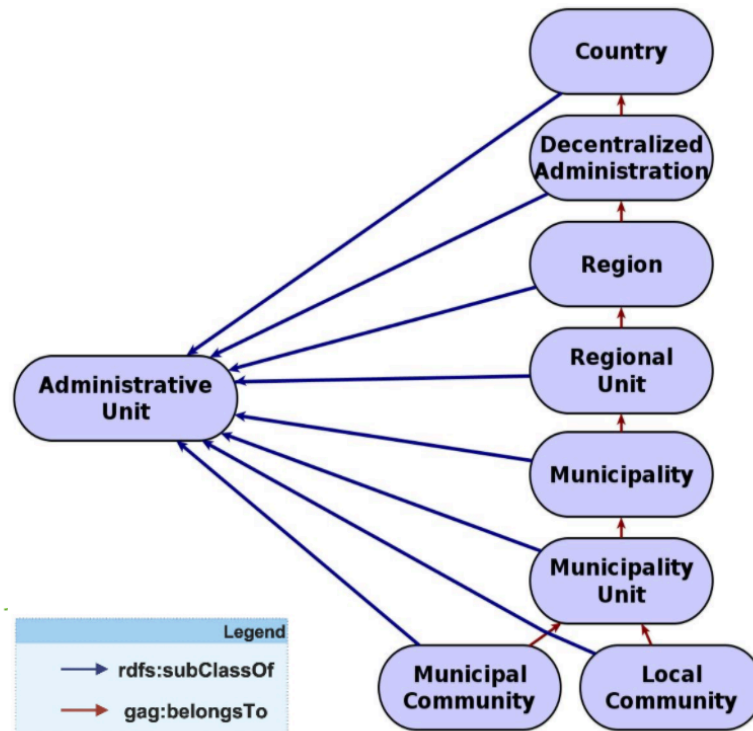
(30 μονάδες)

8. Θεωρήστε το σχήμα της επόμενης σελίδας που δείχνει γραφικά μια οντολογία που περιγράφει τις διοικητικές υποδιαιρέσεις της χώρας μας σύμφωνα με το Πρόγραμμα Καλλικράτης (https://en.wikipedia.org/wiki/Kallikratis_Plan).

Για κάθε διοικητική υποδιαίρεση, υπάρχει μια αντίστοιχη κλάση που είναι υποκλάση της κλάσης Administrative Unit (στο σχήμα αυτό φαίνεται με τα μαύρα βελάκια που δηλώνουν τη σχέση subclassOf όπως δείχνει το legend - αγνοήστε τα prefixes rdfs: και gag: στο legend). Οι διοικητικές υποδιαιρέσεις έχουν επίσης σχέσεις belongsTo μεταξύ τους (για παράδειγμα, οι δήμοι ανήκουν στις περιφερειακές ενότητες).

Έχετε να κάνετε τα εξής:

- (a) Γράψτε σε λογική πρώτης τάξης κατάλληλους τύπους που μοντελοποιούν την οντολογία του σχήματος. Για τα κατηγορήματα που μοντελοποιούν τις σχέσεις subclassOf και belongsTo, θα πρέπει να γράψετε κατάλληλους τύπους που τα ορίζουν. Το ίδιο θα πρέπει να κάνετε και για όσα άλλα συνολοθεωρητικά κατηγορήματα χρησιμοποιήσετε.



- (b) Προσθέστε στην οντολογία την κλάση `Class` που είναι “η κλάση όλων των κλάσεων” δηλαδή περιέχει σαν στοιχεία της όλες τις άλλες κλάσεις της οντολογίας. Προσθέστε αντίστοιχους τύπους της λογικής πρώτης τάξης στους τύπους του προηγούμενου ερωτήματος.
- (c) Προσθέστε στην οντολογία το αντικείμενο `Municipality of Athens` και κάντε το στοιχείο της κλάσης `Municipality`. Προσθέστε τον αντίστοιχο τύπο ή τύπους της λογικής πρώτης τάξης στους τύπους του προηγούμενου ερωτήματος. Χρησιμοποιήστε `Prover9` για να αποδείξετε ότι το αντικείμενο `Municipality of Athens` είναι επίσης στοιχείο της κλάσης `Administrative Unit`.

(20+5+15=40 μονάδες)

9. Θεωρήστε την παρακάτω βάση δεδομένων με σχέσεις `PERSON` και `LOVES`, εμπνευσμένη από τους προηγούμενους ενοίκους του Λευκού Οίκου των ΗΠΑ:

PERSON	LOVES	
Donald	Donald	Donald
Melania	Donald	Ivanka
Ivanka	Ivanka	Donald
Barron	Melania	Barron
	Barron	Melania

Έχετε να κάνετε τα εξής:

- (a) Να δώσετε τύπους της λογικής πρώτης τάξης που μοντελοποιούν την παραπάνω βάση δεδομένων (να φτιάξετε δηλαδή μια αντίστοιχη βάση γνώσης).
- (b) Να χρησιμοποιήσετε `Prover9` για να αποδείξετε τις παρακάτω προτάσεις, αφού φυσικά τις εκφράσετε και αυτές σε λογική πρώτης τάξης:

- i. Υπάρχουν δύο άνθρωποι που ο ένας αγαπάει τον άλλον.
- ii. Υπάρχουν δύο άνθρωποι διαφορετικοί μεταξύ τους που ο ένας αγαπάει τον άλλον.
- iii. Η Melania δεν αγαπάει τον Donald.
- iv. Υπάρχει κάποιος άνθρωπος που δεν αγαπάει τον Donald.
- v. Για κάθε άνθρωπο, υπάρχει κάποιος άνθρωπος διαφορετικός από αυτόν που τον αγαπάει.
- vi. Για κάθε άνθρωπο, υπάρχει κάποιος άνθρωπος διαφορετικός από αυτόν που δεν τον αγαπάει.
- vii. Υπάρχει κάποιος άνθρωπος που αγαπάει δύο ανθρώπους διαφορετικούς μεταξύ τους.

Για να κάνετε τις παραπάνω αποδείξεις θα χρειαστεί να προσθέσετε στη βάση γνώσης σας κάποιους τύπους που εξηγήσαμε στη διάλεξη σε non-monotonic reasoning. Προσέξτε όμως να μην χρησιμοποιήσετε παραπάνω από όσους τέτοιους τύπους χρειάζεστε. Επίσης, δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κατηγορήματα όπως το *NumberOfSomething* που χρησιμοποιήσαμε μερικές φορές στις διαλέξεις.

- (c) Να χρησιμοποιήσετε Prover9 για να βρείτε την απάντηση στην ερώτηση: Ποιους αγαπάει ο Donald;

(2+5+40+5=52 μονάδες)

10. **(Bonus.)** Θεωρήστε τις παρακάτω προτάσεις στα Ελληνικά:

Ο Γιάννης, η Μαρία, ο Γιώργος και η Ελένη είναι τα μοναδικά μέλη του συνδέσμου “Γάβροι όλου του κόσμου ενωθείτε”. Ο Γιάννης είναι σύζυγος της Μαρίας. Ο Γιώργος είναι αδερφός της Ελένης. Ο σύζυγος ή η σύζυγος κάθε μέλους ενός συνδέσμου είναι επίσης μέλος του συνδέσμου αυτού.

Από τις παραπάνω προτάσεις, πολλοί άνθρωποι εύκολα θα συμπεραίνουν ότι η Ελένη δεν είναι παντρεμένη. Μπορούμε όμως να το συμπεράνουμε χρησιμοποιώντας έννοιες της λογικής πρώτης τάξης; Ας το δοκιμάσουμε:

- (a) Να μετατρέψετε τις παραπάνω προτάσεις σε λογική πρώτης τάξης και να ονομάσετε τη βάση γνώσης που προκύπτει KB .
Να μετατρέψετε την πρόταση “Η Ελένη δεν είναι παντρεμένη” σε λογική πρώτης τάξης και να ονομάσετε την πρόταση που προκύπτει ϕ .
Σημείωση: Να εξηγήσετε με ακρίβεια τι παριστάνουν τα σύμβολα σταθερών, συναρτήσεων και κατηγορημάτων που θα χρησιμοποιήσετε.
- (b) Να αποδείξετε χρησιμοποιώντας έννοιες της σημασιολογίας της λογικής πρώτης τάξης ότι από τη βάση γνώσης KB **δεν** έπεται λογικά η πρόταση ϕ (δηλαδή, $KB \not\models \phi$).
- (c) Ποιές προτάσεις της λογικής πρώτης τάξης πρέπει να προστεθούν στην KB ώστε να ισχύει ότι $KB \models \phi$;
- (d) Να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό απόδειξης θεωρημάτων Prover9 για να αποδείξετε τη σχέση λογικής συνεπαγωγής του (c).
Σημείωση: Μπορείτε εναλλακτικά να το αποδείξετε με χαρτί και μολύβι αλλά θα είναι κουραστικό!

Προσοχή: Αν οι προτάσεις της λογικής πρώτης τάξης που θα δώσετε δεν είναι σωστές, τα επόμενα ερωτήματα **δεν** θα βαθμολογηθούν.

(10+20+10+20=60 μονάδες)