

Λογική και Συλογιστική : Κανόνες Αρχή Σημασιολογικού Ιστού

Εισαγωγή (1/8)

- Αναπαράσταση της γνώσης
 - Γνώση για το περιεχόμενο των web resources
 - Γνώση για τις έννοιες στο πεδίο εφαρμογής και των σχέσεων τους (οντολογίες)
- Η αναπαράσταση της γνώσης έχει μελετηθεί πολύ πριν την εμφάνιση του Παγκόσμιου Ιστού, στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης και , πριν από αυτό , στην φιλοσοφία.
 - Ο Αριστοτέλης θεωρείται ο πατέρας.
- Η λογική ακόμα είναι ακόμα το θεμέλιο της αναπαράστασης της γνώσης, ειδικά στην μορφή της Κατηγορηματικής Λογικής (επίσης γνωστή ως Λογική Πρώτης Τάξης)

Εισαγωγή (2/8)

- Λόγοι για την μεγάλη δημοτικότητα και της σημασίας της λογικής :
 - Παρέχει μια γλώσσα υψηλού επιπέδου στην οποία η γνώση μπορεί να εκφραστεί με ξεκάθαρο τρόπο
 - Και έχει μεγάλη εκφραστική δύναμη
- Έχει μια κατανοητή επίσημη σημασιολογία , που εκχωρεί μια σαφή σημασία σε λογικές δηλώσεις.
- Υπάρχει ακριβής αντίληψη της λογικής συνέπειας, που καθορίζει αν μια δήλωση ακολουθείται σημασιολογικά από ένα σετ άλλων δηλώσεων (χώρος)
 - Στην πραγματικότητα, το πρωτοβάθμιο αρχικό κίνητρο της λογικής ήταν η μελέτη των αντικειμενικών κανόνων της λογικής συνέπειας.
- Υπάρχουν συστήματα αποδείξεων που μπορούν αυτόματα να παράγουν δηλώσεις συντακτικά από ένα σετ πεδίων.

Εισαγωγή (3/8)

- Υπάρχουν συστήματα αποδείξεων για τα οποία η συνέπεια της σημασιολογικής λογικής συμπίπτει με την συντακτική προέλευση μέσα από το σύστημα αποδείξεων.
 - Τα συστήματα αποδείξεων θα πρέπει να είναι ακριβή (όλες οι εξαγόμενες δηλώσεις προκύπτουν σημασιολογικά από τις προϋποθέσεις) και πλήρη (Όλες οι λογική συνέπειες των προϋποθέσεων μπορούν να παραχθούν από το σύστημα).
- Η Κατηγορηματική λογική είναι μοναδική με την έννοια ότι όντως ακριβή και πλήρη συστήματα αποδείξεων.
 - Πιο εκφραστικές λογικές (λογικές υψηλότερης τάξης) δεν έχουν τέτοια συστήματα αποδείξεων.
- Λόγω της ύπαρξης των συστημάτων αποδείξεων, είναι εφικτή ο εντοπισμός αποδείξεων που οδηγούν σε μια λογική συνέπεια.
- Η λογική μπορεί να παρέχει απαντήσεις σε ερωτήσεις.

Εισαγωγή (4/8)

- Οι γλώσσες RDF και OWL (LITE και DL) μπορούν να θεωρηθούν ως εξειδικεύσεις της κατηγορηματικής λογικής.
- Μια αιτιολόγηση της ύπαρξης τέτοιων εξειδικευμένων γλωσσών, είναι ότι παρέχει μια σύνταξη η οποία ταιριάζει με τον σκοπό για την οποία χρησιμοποιείται.
 - Στην περίπτωση μας, οι γλώσσες διαδικτύου βασίζονται σε ετικέτες.
- Η άλλη σημαντική αιτιολόγηση, είναι ορίζουν λογικά υποσύνολα της λογικής.
 - Υπάρχει σχέση αντιστρόφως ανάλογη ανάμεσα στην εκφραστική δύναμη και στην υπολογιστική πολυπλοκότητα ορισμένων λογικών:
 - Όσο πιο εκφραστική είναι η γλώσσα, τόσο πιο αναποτελεσματικό (στη χειρότερη περίπτωση) είναι το ανταποκρινόμενο σύστημα αποδείξεων.
- OWL Lite και OWL DL αντιστοιχούν κατά προσέγγιση σε μια περιγραφική λογική, ένα υποσύνολο της κατηγορηματικής λογικής για την οποία υπάρχουν επαρκείς συστήματα αποδείξεων

Εισαγωγή (5/8)

- Άλλο υποσύνολο της κατηγορηματικής λογικής με επαρκές σύστημα αποδείξεων περιλαμβάνει το επονομαζόμενο σύστημα κανόνων.
- Ένας κανόνας έχει την μορφή
 - $A_1, \dots, A_n \rightarrow B$
 - Όπου A_i και B είναι ατομικές φόρμουλες.
- Μάλιστα, υπάρχουν δύο διαισθητικοί τρόποι ερμηνείας τέτοιων εντολών:
 - Αν A_1, \dots, A_n είναι γνωστά ως αληθές, τότε το B είναι επίσης αληθές.
 - Κανόνες με τέτοια ερμηνεία αναφέρονται ως επαγωγικοί κανόνες
- Αν οι συνθήκες A_1, \dots, A_n είναι αληθής, τότε να εκτελείται η ενέργεια B .
 - Κανόνες με τέτοια ερμηνεία αναφέρονται ως κανόνες ανάδρασης.
- Και οι δύο έχουν σημαντικές εφαρμογές.

Εισαγωγή (6/8)

- Οι περιγραφικές λογικές και η Horn λογική είναι ορθογώνιες.
 - Καμία από αυτές δεν είναι υποσύνολο της άλλης
 - Π.χ. είναι αδύνατον να εκφράσουμε την σχέση $uncleOf(X, Y)$.
 - Αυτή η σχέση απαιτεί την ικανότητα περιορισμού της τιμής της ιδιότητας $brotherOf$ μιας μεταβλητής (X) να είναι η τιμή της ιδιότητας $childOf$ μιας άλλης μεταβλητής (Y).
 - Διατυπωμένο με άλλο τρόπο, η ιδιότητα $brotherOf$ που εφαρμόζεται στο X πρέπει να παράγει ένα αποτέλεσμα το οποίο είναι και αυτό τιμή του $childOf$ όταν εφαρμόζεται στο Y .
 - Η ένωση κατηγορημάτων είναι πέρα από τις εκφραστικές ιδιότητες του OWL.
 - Από την άλλη, αυτό το κομμάτι γνώσεις μπορεί εύκολα να αντιπροσωπευθεί χρησιμοποιώντας του κανόνες $brother(X, Y), childOf(Z, Y) \rightarrow uncle(X, Z)$
- Από την άλλη, οι κανόνες δεν μπορούν (σε γενικές περιπτώσεις) να κατατάξουν
 - άρνηση / συμπλήρωμα κλάσεων
 - διαζευκτική πληροφορία, για παράδειγμα, ένας άνθρωπος είναι είτε γυναίκα είτε άντρας.
 - Υπαρξιακή ποσοτικοποίηση, για παράδειγμα, όλοι οι άνθρωποι έχουν πατέρα.
- Σε αντίθεση, το OWL είναι ικανό να εκφράσει συμπλήρωμα και ενότητα κλάσεων και συγκεκριμένες μορφές υπαρξιακής ποσοτικοποίησης.

Εισαγωγή (7/8)

- Ας υποθέσουμε ότι ένας online πωλητής θέλει να δώσει μια ειδική έκπτωση αν είναι τα γενέθλια κάποιου πελάτη.
- Ένας εύκολος τρόπος να αντιπροσωπεύσουμε αυτήν την εφαρμογή με κανόνες είναι 'όπως παρατίθεται παρακάτω:
 - *R1 : If birthday, then special discount*
 - *R2 : If not birthday, then not special discount*
- Αυτή η λύση λειτουργεί σωστά στην περίπτωση που τα γενέθλια είναι γνωστά.
- Αλλά ας φανταστούμε έναν πελάτη ο οποίος αρνείται να δώσει τα γενέθλια του λόγω ιδιωτικής ζωής.
- Οι προηγούμενοι κανόνες δεν μπορούν να εφαρμοστούν γιατί οι προϋποθέσεις τους δεν είναι γνωστές.
- Για να καταλείψουμε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ξαναγράψουμε τους κανόνες
 - *R1 : If birthday, then special discount*
 - *R2' : If birthday is not known, then not special discount*
- Ωστόσο, η υπόθεση του κανόνα *R2* δεν είναι ανάμεσα στην εκφραστική δύναμη της κατηγορηματικής λογικής
 - Για αυτόν τον λόγο χρειαζόμαστε καινούργιο σύστημα κανόνων.
- Η λύση με τους κανόνες *R1* και *R2* δουλεύει στην περίπτωση που έχουμε πλήρης πληροφόρηση της κατάστασης.(π.χ. γενέθλια ή όχι)
 - Το καινούργιο σύστημα κανόνων θα βρει εφαρμογή στις περιπτώσεις όπου η παρεχόμενη πληροφορία είναι ατελής.

Εισαγωγή (8/8)

- Η κατηγορηματική λογική και οι ειδικές του περιπτώσεις είναι μονοτονικές με την εξής έννοια
 - Αν μπορεί να βγει συμπέρασμα, παραμένει έγκυρο ακόμα και αν αποκτηθεί καινούργια πληροφορία.
 - Αλλά αν ο κανόνας R2 εφαρμοστεί να αντλεί «όχι ειδική έκπτωση», τότε αυτό το συμπέρασμα μπορεί να είναι άκυρο αν τα γενέθλια του πελάτη γίνουν γνωστά σε αργότερο στάδιο και τυχαίνει να συμπίπτει με την ημερομηνία αγοράς.
- Για αυτόν τον λόγο μιλάμε για μη-μονοτονικούς κανόνες για να τα ξεχωρίσουμε από τους μονοτονικούς κανόνες.
 - Τα οποία είναι ειδική περίπτωση της κατηγορηματικής λογικής.
- Άλλο θέμα είναι η ανταλλαγή κανόνων ανάμεσα σε διαφορετικές εφαρμογές
 - Π.χ. ένα online κατάστημα μπορεί να θέλει να κάνει γνωστές τις τιμές, την επιστροφή χρημάτων, και πολιτική προστασίας προσωπικών δεδομένων, που εκφράζονται χρησιμοποιώντας κανόνες, σε ευφυείς πράκτορες.
 - Η προσέγγιση SW είναι να εκφραστεί η γνώση σε τρόπο προσιτό στα μηχανήματα χρησιμοποιώντας μια από τις γλώσσες διαδικτύου που έχουμε προαναφέρει.

Παράδειγμα μονοτονικών κανόνων
: οικογενειακές σχέσεις.

Παράδειγμα μονοτονικών κανόνων :

Οικογενειακές σχέσεις (1/2)

- Φανταστείτε μια βάση δεδομένων με στοιχεία για κάποιες σχέσεις οικογένειας.
- Ας υποθέσουμε ότι η βάση δεδομένων περιέχει στοιχεία για επόμενη βάση κατηγορημάτων
 - $mother(X, Y)$ X is the mother of Y
 - $father(X, Y)$ X is the father of Y
 - $male(X)$ X is male
 - $female(X)$ X is female
- Μπορούμε να συμπεράνουμε περαιτέρω σχέσεις χρησιμοποιώντας κατάλληλους κανόνες
- Πρώτον, μπορούμε να ορίσουμε ένα κατηγορημα $parent$:
 - *a parent is either a father or a mother*
 - $mother(X, Y) \rightarrow parent(X, Y)$
 - $father(X, Y) \rightarrow parent(X, Y)$

Παράδειγμα μονοτονικών κανόνων :

Οικογενειακές σχέσεις (2/2)

- Μπορούμε να ορίσουμε έναν αδελφό ως αρσενικό άτομο το οποίο μοιράζεται έναν γονιό:
 - $male(X), parent(P,X), parent(P, Y), notSame(X, Y) \rightarrow brother(X, Y)$
- Το κατηγορημα *notSame* υποδηλώνει ανισότητα
 - Υποθέτουμε ότι τέτοια στοιχεία κρατιούνται στην βάση δεδομένων
 - Προφανώς, κάθε πρακτικό λογικό σύστημα προσφέρει βολικούς τρόπους για να εκφράσει την ισότητα και την ανισότητα.
- Ομοίως, η αδελφή ορίζεται ως εξής :
 - $female(X), parent(P,X), parent(P, Y), notSame(X, Y) \rightarrow sister(X, Y)$
- Ο θείος είναι αδελφός ενός γονιού:
 - $brother(X, P), parent(P, Y) \rightarrow uncle(X, Y)$
- Η γιαγιά είναι η μητέρα ενός γονιού:
 - $mother(X, P), parent(P, Y) \rightarrow grandmother(X, Y)$
- Ένας πρόγονος είτε είναι γονιός είτε ένας πρόγονος ενός γονιού:
 - $parent(X, Y) \rightarrow ancestor(X, Y)$
 - $ancestor(X, P), parent(P, Y) \rightarrow ancestor(X, Y)$

Μονοτονικοί Κανόνες : Σύνταξη

Μονοτονικοί Κανόνες : Σύνταξη

- Ας πάρουμε υπόψιν έναν απλό κανόνα που δηλώνει ότι οι καλοί πελάτες σε ηλικία πάνω από τα 60 δικαιούνται μια ειδική έκπτωση:
 - $loyalCustomer(X), age(X) > 60 \rightarrow discount(X)$
- Διακρίνουμε κάποια συστατικά κανόνων:
 - Μεταβλητές, που κρατούν τιμές : X
 - Κατηγορήματα, τα οποία συνδέουν αντικείμενα : $loyalCustomer, >$
 - Σύμβολα λειτουργίας, τα οποία επιστρέφουν την τιμή για συγκεκριμένες δηλώσεις : age

Κανόνες (1/2)

- Ένας κανόνας έχει την μορφή
 - $B_1, \dots, B_n \rightarrow A$
 - όπου A, B_1, \dots, B_n είναι ατομικές φόρμουλες
 - A είναι η κεφαλή του κανόνα
 - B_1, \dots, B_n είναι οι προϋποθέσεις του κανόνα
 - Το σετ $\{B_1, \dots, B_n\}$ αναφέρεται ως σώμα του κανόνα.
- Το κόμμα στο σώμα του κανόνα διαβάζονται ως συνδετικοί σύνδεμοι:
 - Αν B_1 και B_2 και \dots και B_n είναι αληθές, τότε A είναι επίσης αληθής
 - Η ισόδύναμη, για να αποδείξουμε το A είναι επαρκές και να αποδείξουμε όλα B_1, \dots, B_n
- Σημειώνουμε ότι οι μεταβλητές μπορούν να προκύψουν στο A, B_1, \dots, B_n

Κανόνες (2/2)

- Για παράδειγμα:
 - $loyalCustomer(X), age(X) > 60 \rightarrow discount(X)$
- Αυτός ο κανόνας εφαρμόζεται για οποιονδήποτε πελάτη:
 - Αν ο πελάτης τυχαίνει να είναι καλός και πάνω από την ηλικία των 60 , τότε παίρνει την έκπτωση
- Με άλλα λόγια, η μεταβλητή X γίνεται έμμεσα παγκοσμίως ποσοτική (χρησιμοποιώντας $\forall X$)
- Γενικά , όλες οι μεταβλητές που προκύπτουν από κανόνα είναι εμμέσως καθολικά ποσοτικοποιημένες
- Συνοψίζοντας , ένας κανόνας r
 - $B1, \dots, Bn \rightarrow A$
 - Ερμηνεύεται ως η ακόλουθη φόρμουλα $pl(r)$:
- $\forall X1 \dots \forall Xk((B1 \wedge \dots \wedge Bn) \rightarrow A)$
 - Ή αντίστοιχα $\forall X1 \dots \forall Xk(A \vee \neg B1 \vee \dots \vee \neg Bn)$
 - Όπου $X1, \dots, Xk$ είναι όλες οι μεταβλητές που προκύπτουν στο $A, B1, \dots, Bn$

Γεγονότα και Λογικά προγράμματα

- Γεγονότα
 - Ένα γεγονός είναι μια ατομική φόρμουλα
 - such as *loyalCustomer(a345678)*
 - Δηλώνει πως ο πελάτης με ID a345678 είναι καλός πελάτης
- Οι μεταβλητές ενός γεγονότος γίνονται έμμεσα καθολικά ποσοτικοποιημένες
- Λογικά Προγράμματα
 - Ένα λογικό πρόγραμμα P είναι ένα πεπερασμένο σύνολο γεγονότων και κανόνων
 - Η μετάφραση σε κατηγορηματική Λογική $pl(P)$ είναι το σύνολο όλων των ερμηνειών των κανόνων και γεγονότων στο P στην κατηγορηματική Λογική.

Στόχοι (1/2)

- Ένας στόχος υποδηλώνει μια ερώτηση G που γίνεται στο λογικό πρόγραμμα
- Είναι της μορφής
 - $B_1, \dots, B_n \rightarrow$
 - Αν $n = 0$ τότε έχουμε κενό στόχο
- Η επόμενη διαδικασία είναι να ερμηνεύσουμε τους στόχους με κατηγορηματική λογική
 - Χρησιμοποιώντας του κόμμα ως σύνδεση και έμμεση παγκόσμια ποσοτικοποίηση, παίρνουμε την παρακάτω ερμηνεία:
 - $\forall X_1 \dots \forall X_k (\neg B_1 \vee \dots \vee \neg B_n)$
- Αυτή είναι ίδια με το $pl(r)$, με την μόνη διαφορά ότι η κεφαλή του κανόνα παραλείπεται
- Μια ισοδύναμη εκπροσώπηση στην κατηγορηματική λογική είναι
 - $\neg \exists X_1 \dots \exists X_k (B_1 \wedge \dots \wedge B_n)$
 - Όπου X_1, \dots, X_k είναι μεταβλητές που προκύπτουν από B_1, \dots, B_n

Στόχοι (2/2)

- Ας υποθέσουμε ότι γνωρίζουμε το $p(a)$ και έχουμε σαν στόχο το $p(X) \rightarrow$
- Στην πραγματικότητα, θέλουμε να ξέρουμε αν υπάρχει τιμή για το οποίο το p να είναι αληθής
 - Περιμένουμε θετική απάντηση λόγω του δεδομένου $p(a)$
 - Έτσι το $p(X)$ είναι υπαρξιακά ποσοτικό
- Γιατί όμως αναιρούμε την φόρμουλα ?
- Η εξήγηση είναι ότι χρησιμοποιούμε μια τεχνική αποδείξεων από τα μαθηματικά που λέγεται απόδειξη μέσω απαγωγής σε άτοπο
 - Αυτή η τεχνική αποδεικνύει ότι η δήλωση A ακολουθείται από μια δήλωση B , με την υπόθεση ότι το A είναι ψευδές και απορρέει μια αντίφαση όταν συνδυάζεται με το B
 - Τότε το A πρέπει να προκύπτει το B
- Στον λογικό προγραμματισμό αποδεικνύουμε ότι ένας στόχος μπορεί να απαντηθεί θετικά με την αναίρεση του στόχου και αποδεικνύοντας ότι μπορούμε να πάρουμε μια αντίφαση χρησιμοποιώντας τον λογικό προγραμματισμό
 - Για παράδειγμα, έχοντας το λογικό πρόγραμμα $p(a)$ και τον στόχο $\neg \exists X p(X)$ παίρνουμε την λογική αντίφαση:
 - Η δεύτερη φόρμουλα λέει ότι κανένα στοιχείο δεν την ιδιότητα του p , αλλά η πρώτη φόρμουλα λέει ότι η τιμή του a έχει ιδιότητα του p
 - Έτσι $\exists X p(X)$ ακολουθείται από $p(a)$

Μονοτονικοί Κανόνες :

Σημασιολογία

Σημασιολογία Κατηγορηματικής Λογικής (1/3)

- Ένας τρόπος να απαντήσουμε σε ένα ερώτημα είναι με τη χρήση της ερμηνείας της κατηγορηματικής λογικής σε κανόνες, δεδομένα, και ερωτήματα, και να χρησιμοποιήσουμε την σημασιολογία της κατηγορηματικής λογικής
- Για να είμαστε πιο ακριβής, έχοντας ένα λογικό πρόγραμμα P και ένα ερώτημα
 - $B1, \dots, Bn \rightarrow$
 - Με τις μεταβλητές $X1, \dots, Xk$ απαντάμε θετικά μόνο και μόνο αν,
 - $pl(P) \models \exists X1 \dots \exists Xk (B1 \wedge \dots \wedge Bn)$ (1)
- ή αντίστοιχα, αν
 - $pl(P) \cup \{ \neg \exists X1 \dots \exists Xk (B1 \wedge \dots \wedge Bn) \}$ (2)
- Με άλλα λόγια, δίνουμε θετική απάντηση αν η αναπαράσταση του προγράμματος σε κατηγορηματική λογική μαζί με την ερμηνεία σε της κατηγορηματικής λογικής του συμπεράσματος δεν ικανοποιούνται.

Σημασιολογία Κατηγορηματικής Λογικής(2/3)

- Τα στοιχεία μια λογικής γλώσσας (υπογραφή) μπορεί να έχει όποια σημασία θέλουμε.
- Ένα μοντέλο A , κατηγορηματικής λογικής αποδίδει μια συγκεκριμένη σημασία/νόημα
- Συγκεκριμένα, αποτελείται από
 - Ένα πεδίο $dom(A)$, ένα σύνολο αντικειμένων για τα οποία διατυπώνονται προτάσεις από τους τύπους
 - Ένα στοιχείο από το πεδίο ορισμού για κάθε σταθερά
 - Μια καθορισμένη συνάρτηση στο $dom(A)$ για κάθε συναρτησιακό σύμβολο
 - Μια καθορισμένη σχέση στο $dom(A)$ για κάθε κατηγορηματικό
- Το νόημα των λογικών συνδέσμων $\neg, \vee, \wedge, \rightarrow, \forall, \exists$ ορίζονται σύμφωνα με την διαισθητική τους σημασία:
 - not, or, and, implies, for all, there is
- Με αυτόν τον τρόπο ορίζουμε πότε ένα τύπο είναι αληθής από το μοντέλο A , και συμβολίζεται ως $A \models \phi$
- Μια φόρμουλα ϕ προκύπτει από ένα σύνολο τιμών M από φόρμουλες, και αν ϕ είναι αληθής σε όλα τα μοντέλα A τότε το M είναι και αυτό αληθής
 - Έτσι όλες οι φόρμουλες στο M είναι αληθής στο A

Σημασιολογία Κατηγορηματικής Λογικής (3/3)

- Τώρα μπορούμε να εξηγήσουμε το 1 και 2
- Άσχετα από το πώς ερμηνεύουμε τις σταθερές, τα κατηγορήματα και τα συναρτησιακά σύμβολα που προκύπτουν από το P και το ερώτημα, όταν η ερμηνεία της κατηγορηματικής λογικής στο P είναι αληθής, τότε και $\exists X1 \dots \exists Xk(B1 \wedge \dots \wedge Bn)$ πρέπει να είναι αληθής
- Υπάρχουν τιμές για τις μεταβλητές $X1, \dots, Xk$, τέτοιες ώστε όλες οι ατομικές φόρμουλες B_i να γίνονται αληθής.
 - Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι το P είναι το πρόγραμμα
 - $p(a)$
 - $p(X) \rightarrow q(X)$
- ας πάρουμε υπόψη μας το ερώτημα
- $q(X) \rightarrow$
- προφανώς, $q(a)$ ακολουθείται από $p(P)$
- Έτσι $\exists Xq(X)$ ακολουθείται από $p(P)$, γι' αυτό $p(P) \cup \{\neg \exists Xq(X)\}$ δεν ικανοποιείται και δίνουμε θετική απάντηση
- Αλλά αν πάρουμε υπόψη μας το ερώτημα
 - $q(b) \rightarrow$
- τότε πρέπει να δώσουμε αρνητική απάντηση γιατί $q(b)$ δεν ακολουθείται από $p(P)$

Ground and Parameterized Witnesses(1/2)

- Μέχρι στιγμής έχουμε εστιάσει σε ερωτήματα με απαντήσεις του «Ναι / Όχι»
 - Ωστόσο, τέτοιες απαντήσεις δεν είναι απαραίτητα βέλτιστες
- Ας υποθέσουμε ότι έχουμε το δεδομένο : $p(a)$
- Και το ερώτημα : $p(X) \rightarrow$
- Η απάντηση «ναι» είναι σωστή αλλά όχι ικανοποιητική
- Μοιάζει το ανέκδοτο , όπου σε ρωτούν «τι ώρα είναι ?» και εσύ κοιτάς το ρολόι σου και απαντάς «ναι»
- Στο παράδειγμα μας, η κατάλληλη απάντηση είναι η αντικατάσταση : $\{X/a\}$
 - Όπου δίνει ένα στιγμιότυπο για το X , κάνοντας την απάντηση θετική.
- Η σταθερά a ονομάζεται αιτία μαρτυρίας
- Έχοντας τα δεδομένα : $p(a), p(b)$
- Έχουμε δύο μαρτυρίες για το ίδιο ερώτημα: a και b
- Ή αντίστοιχα, μπορούμε να γυρίσουμε στα υποκατάστατα : $\{X/a\}, \{X/b\}$

Ground and Parameterized Witnesses(2/2)

- Παρόλο που οι βασικοί μάρτυρες είναι χρήσιμοι, δεν είναι πάντοτε η βέλτιστη λύση
- Ας πάρουμε υπόψη μας το λογικό πρόγραμμα:
 $add(X, 0, X)$
 $add(X, Y, Z) \rightarrow add(X, s(Y), s(Z))$
- Αυτό το πρόγραμμα υπολογίζει την πρόσθεση, αν διαβάσουμε το s ως «διαδοχική συνάρτηση», το οποίο επιστρέφει ως τιμή, την τιμή του ορίσμάτος του συν 1. Το τρίτο όρισμα του add υπολογίζει το άθροισμα των δύο πρώτων ορισμάτων.
- Ας πάρουμε υπόψη μας το ερώτημα :
- $add(X, s8(0), Z) \rightarrow$
- Πιθανές αιτίες μαρτυρίας καθορίζονται από τα υποκατάστατα :
 $\{X/0, Z/s8(0)\}$
 $\{X/s(0), Z/s9(0)\}$
 $\{X/s(s(0)), Z/s10(0)\}$
...
- Ωστόσο, η παραμετροποιημένη μαρτυρία $Z = s^8(X)$ είναι ο πιο γενικός τρόπος μαρτυρίας ενός υπαρξιακού ερωτήματος : $\exists X \exists Z add(X, s^8(0), Z)$
 - Αφού αντιπροσωπεύει το γεγονός ότι $add(X, s8(0), Z)$ είναι αληθής όποτε η τιμή του Z είναι ίσο με την τιμή του X συν 8
- Ο υπολογισμός τέτοιων γενικών μαρτυριών είναι ο πρωταρχικός στόχος της απόδειξης συστημάτων, που ονομάζεται SLD resolution

Περιγραφικής Λογικής
Προγράμματα(**Description Logic
Programs (DLP))**

Λογικά Προγράμματα Περιγραφής (1/5)

- Η Λογική Horn και οι περιγραφικές Λογικές είναι ορθογώνιες
- Στην προσπάθεια να επιτευχθεί η ένωση τους σε ένα πλαίσιο, η πιο απλή προσέγγιση είναι να πάρουμε υπόψη μας την τομή των δύο λογικών.
 - Έτσι το ένα μέρος της γλώσσας μπορεί να μεταφραστεί με σημασιολογία, ώστε να διατηρείτε και η σημασία για την άλλη γλώσσα και αντίστροφα
- Η «τομή» της Horn λογικής και του OWL ονομάζεται Προγράμματα Περιγραφικής Λογικής.
 - Είναι το κομμάτι της OWL που μπορεί να οριστεί σε Horn
- Η εξέταση του DLP έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα:
- Από την οπτική του σχεδιαστή (Modeler), υπάρχει ελευθερία στην χρήση είτε του OWL είτε κανόνες που έχουν σκοπό την μοντελοποίηση, βασιζόμενο πάνω στην εμπειρία και τις προτιμήσεις του μοντελιστή
 - Από την οπτική της υλοποίησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε η περιγραφική λογική είτε συστήματα επαγωγικών κανόνων. Έτσι είναι δυνατή η μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο (π.χ. OWL), και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μηχανή συλλογισμού από άλλα πλαίσια (π.χ. κανόνες)
 - Αυτό το χαρακτηριστικό παρέχει επιπλέον ευελιξία και διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα με ποικιλία εργαλείων
- Προκαταρκτική εμπειρία χρήσης του OWL μας έχει δείξει ότι η ήδη υπάρχουσες οντολογίες δεν χρησιμοποιούν συχνά κατασκευές έξω από την γλώσσα DLP.

Λογικά Προγράμματα Περιγραφής

(2/5)

- Τώρα μπορούμε να δείξουμε πόσοι κατασκευαστές των RDF και OWL μπορούν να εκφραστούν με Horn.
 - Ξεκινάμε με RDF και το σχήμα RDF
- Ένα τριπλό της μορφής (a, P, b) σε RDF μπορεί να εκφραστεί σαν γεγονός
 - $P(a, b)$
- Ομοίως, ένας ορισμός ενός στιγμιότυπου της μορφής $type(a, C)$, το οποίο δηλώνει ότι το a είναι
- Στιγμιότυπο μιας κλάσης C , μπορεί να εκφραστεί σαν
 - $C(a)$
- Το γεγονός ότι το C είναι μια υποκλάση της D μπορεί εύκολα να εκφραστεί σαν
 - $C(X) \rightarrow D(X)$
- Και ομοίως για υποϊδιότητα
- Και τέλος οι περιορισμοί του πεδίου ορισμού και του πεδίου τιμών μπορούν επίσης να εκφραστούν με την λογική Horn
 - Για παράδειγμα, οι ακόλουθοι κανόνες δηλώνουν ότι το C είναι το πεδίο ορισμού του P :
 - $P(X, Y) \rightarrow C(X)$

Λογικά Προγράμματα Περιγραφής

(3/5)

- Τώρα μπορούμε να στραφούμε στο OWL. Το *sameClassAs(C,D)*, μπορεί να εκφραστεί σαν το ζεύγος κανόνων : $C(X) \rightarrow D(X), D(X) \rightarrow C(X)$
 - Και ομοίως για το *samePropertyAs*
- Η μεταβατικότητα της ιδιότητας P μπορεί εύκολα να εκφραστεί σαν : $P(X, Y), P(Y,Z) \rightarrow P(X,Z)$
- Τώρα μπορούμε να στραφούμε στους Boolean τελεστές
- Μπορούμε να δηλώσουμε ότι η τομή των κλάσεων C1 και C2 είναι υποκλάση της D όπως παρατίθεται $C1(X), C2(X) \rightarrow D(X)$
- Σε άλλη κατεύθυνση , μπορούμε να δηλώσουμε ότι το C είναι υποκλάση της τομής της D1 και της D2 όπως παρατίθεται :
$$C(X) \rightarrow D1(X), C(X) \rightarrow D2(X)$$
- Για ένωση, μπορούμε να εκφράσουμε ότι η ένωση του C1 και του C2 είναι μια υποκλάση του D χρησιμοποιώντας το παρακάτω ζεύγος κανόνων:
$$C1(X) \rightarrow D(X), C2(X) \rightarrow D(X)$$

Λογικά Προγράμματα Περιγραφής (4/5)

- Ωστόσο, η αντίθετη κατεύθυνση είναι έξω από την εκφραστική δύναμη της λογικής Horn
- Για να εκφράσουμε το γεγονός ότι το C είναι υποκλάση της ένωσης του D1 και D2
 - Θα χρειαστεί μια διαχώριση στην κεφαλή του ανταποκρινόμενου κανόνα, το οποίο δεν είναι εφικτό στην λογική Horn
- Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η μετάφραση είναι εφικτή
 - Π.χ. όταν το D1 είναι υποκλάση του D2, τότε ο κανόνας $C(X) \rightarrow D2(X)$ είναι επαρκείς ώστε να εκφράσει ότι το C είναι υποκλάση της ένωσης D1 και D2
 - Το θέμα όμως είναι ότι δεν υπάρχει πάντα μετάφραση που να δουλεύει σε όλες τις περιπτώσεις
- Τελικά , εν ολίγοις συζητάμε κάποιες μορφές περιορισμού στην OWL
- Για μια ιδιότητα P και μια κλάση D, αφήνουμε το $allValuesFrom(P,D)$ να υποδηλώσει την ανώνυμη κλάση όλων των X, τέτοιες ώστε το y πρέπει να είναι στιγμιότυπο του D όποτε $P(x, y)$
- Η δήλωση OWL
 - $C \text{ subclassOf } allValuesFrom(P,D)$
- Μπορεί να εκφραστεί στην λογική Horn όπως παρακάτω :
 - $C(X), P(X, Y) \rightarrow D(Y)$
- Ωστόσο, η αντίθετη κατεύθυνση γενικά δεν μπορεί να εκφραστεί

Λογικά Προγράμματα Περιγραφής (5/5)

- Τώρα αφήνουμε το $someValuesFrom(P,D)$ να υποδηλώσει ότι η ανώνυμη κλάση για όλα τα x για τα οποία υπάρχει έστω και ένα y που είναι στιγμιότυπο του D , όπως $P(x, y)$
- Η δήλωση OWL
 - $someValuesFrom(P,D) subClassOf C$
- μπορεί να εκφραστεί σε λογική Horn
 - $P(X, Y), D(Y) \rightarrow C(X)$
- Η αντίθετη κατεύθυνση γενικά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- Επίσης, οι περιορισμοί πληθικότητας και τα συμπληρώματα των κλάσεων δεν μπορούν να εκφραστούν στην λογική Horn στις γενικές περιπτώσεις

Γλώσσα Κανόνων Σημασιολογικού Ιστού (SWRL)

Γλώσσα Κανόνων Σημασιολογικού Ιστού (SWRL) (1/2)

- Η SWRL είναι η προτεινόμενη γλώσσα Semantic Web που συνδυάζει την OWL DL (και συνεπώς την OWL LITE) με την λογική Horn (χωρίς τα συναρτησιακά σύμβολα), γραμμένη σε Datalog RuleML
 - Συνεπώς επιτρέπει κανόνες που «μοιάζουν» με την Horn να συνδυάζονται με οντολογίες τύπου OWL DL
- Ένας κανόνας σε SWRL έχει την μορφή
 - $B_1, \dots, B_n \rightarrow A_1, \dots, A_m$
 - Όπου τα κόμματα δηλώνουν σύζευξη και από τις δύο πλευρές του βέλους
 - Και τα $A_1, \dots, A_m, B_1, \dots, B_n$ μπορούν να είναι τις μορφής $C(x)$, $P(x, y)$, $sameAs(x, y)$, ή $differentFrom(x, y)$
 - Όπου το C είναι μια περιγραφή OWL, το P είναι μια ιδιότητα OWL και τα x,y είναι μεταβλητές Datalog, μεμονωμένα στοιχεία OWL ή τιμές δεδομένων OWL.
- Αν η κεφαλή ενός κανόνα έχει πάνω από ένα άτομο (αν δεν είναι σύνδεση ατόμων χωρίς κοινές μεταβλητές)
 - Ο κανόνας μπορεί να μετατραπεί σε ένα σετ ισοδύναμων κανόνων με ένα άτομο στην κεφαλή σε απλή μορφή.

Γλώσσα Κανόνων Σημασιολογικού Ιστού (SWRL) (2/2)

- Η κύρια πολυπλοκότητα της γλώσσας SWRL προέρχεται από το γεγονός ότι οι αυθαίρετες εκφράσεις OWL, όπως οι περιορισμοί, μπορούν να εμφανιστούν στην κεφαλή ή στο σώμα ενός κανόνα.
- Αυτό το χαρακτηριστικό προσθέτει σημαντική εκφραστική δύναμη στην OWL, αλλά με αντίτιμο την έλλειψη δυνατοτήτων απόφασης
 - Αυτό γιατί, δεν μπορεί να υπάρξει συμπερασματική μηχανή που να βγάζει ακριβώς τα ίδια συμπεράσματα όπως την SWRL σημασιολογία
- Σε σύγκριση με το DLP, το SWRL βρίσκεται στην άλλη άκρη της εννοποίησης των περιγραφικών λογικών με τους κανόνες χωρίς την ύπαρξη συναρτήσεων.
- Εκεί όπου το DLP χρησιμοποιεί μια συντηρητική προσέγγιση, και προσπαθεί να συνδυάσει τα προτερήματα των δύο γλωσσών στην κοινή του υπό-γλώσσα, η SWRL παίρνει μια πιο μαξιμαλιστική προσέγγιση και ενώνει τις αντίστοιχες εκφραστικότητες τους
- Από μια πρακτική οπτική, η πρόκληση είναι να αναγνωρίσουμε τις υπό-γλώσσες του SWRL που βρίσκουν την σωστή ισορροπία ανάμεσα στην εκφραστική δύναμη και την υπολογιστική ευπείθεια
- Υποψήφια για τέτοια υπό-γλώσσα είναι η επέκταση της OWL DL με DL-safe κανόνες
 - Όπου κάθε μεταβλητή πρέπει να εμφανίζεται με άτομο χωρίς περιγραφική λογική στο σώμα του κανόνα

Μη-μονοτονικοί Κανόνες : Κίνητρο και Σύνταξη

Άτυπη Συζήτηση (1/4)

- Μέχρι στιγμής, αν το σώμα ενός κανόνα μπορούσε να αποδειχθεί, τότε ο κανόνας θα μπορούσε να εφαρμοστεί και να βγάλουμε ως συμπέρασμα την την κεφαλή του
- Σε μη-μονοτονικά συστήματα κανόνων, ένας κανόνας μπορεί να μην εφαρμοστεί ακόμα και αν είναι αληθής οι προϋποθέσεις του(σώμα)
 - Γιατί πρέπει να πάρουμε υπόψη μας αλυσίδες αντίθετης λογικής
- Γενικά, οι κανόνες που υπολογίζουμε από δω και πέρα ονομάζονται «αναιρέσιμοι», γιατί μπορούν να αναιρεθούν από άλλους κανόνες
- Για να επιτρέψουμε συγκρίσεις ανάμεσα μεταξύ των κανόνων, μπορούν να προκύψουν αναιρετικές ατομικές φόρμουλες στην κεφαλή και στο σώμα των κανόνων
 - Για παράδειγμα, μπορεί να γράψουμε
 - $p(X) \rightarrow q(X)$
 - $r(X) \rightarrow \neg q(X)$
 - Για να μπορούμε να ξεχωρίσουμε ανάμεσα στους αναιρέσιμους κανόνες και τους στάνταρ, μονοτονικούς κανόνες, χρησιμοποιούμε διαφορετικό βέλος:
 - $p(X) \Rightarrow q(X)$
 - $r(X) \Rightarrow \neg q(X)$

Άτυπη Συζήτηση (2/4)

- Σε αυτό το παράδειγμα, έχοντας τα δεδομένα $p(a)$, $r(a)$, δεν βγάζουμε συμπέρασμα, ούτε $q(a)$, ούτε $\neg q(a)$
 - Είναι τυπικό παράδειγμα δύο κανόνων που μπλοκάρουν το κάθε ένα
- Ας υποθέσουμε ότι ξέραμε κάπως ότι ο πρώτος κανόνας είναι πιο ισχυρός από τον δεύτερο
 - Τότε όντως θα μπορούσαμε να βγάλουμε συμπέρασμα το $q(a)$
- Οι προτεραιότητες προκύπτουν φυσικά από την εξάσκηση και μπορούν να βασίζονται πάνω σε διάφορες αρχές:
 - Η πηγή του ενός κανόνα μπορεί να είναι πιο αξιόπιστη σε σχέση με αυτή του δεύτερου κανόνα ή μπορεί να έχει υψηλότερη προτεραιότητα
 - Π.χ. το εφετείο υπερέχει του πρωτοδικείου
 - Στην διοίκηση επιχειρήσεων, τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη έχουν περισσότερη εξουσία από μεσαία στελέχη
- Ένας κανόνας μπορεί να προτιμηθεί από κάποιον άλλον επειδή είναι πιο πρόσφατος
- Ένας κανόνας μπορεί να προτιμηθεί από κάποιον άλλον επειδή είναι πιο συγκεκριμένος
 - Π.χ. ένας γενικός κανόνας με κάποιες εξαιρέσεις
- Σε τέτοια περίπτωση, οι εξαιρέσεις είναι πιο δυνατές από τον γενικό κανόνα.

Άτυπη Συζήτηση (3/4)

- Η εξειδίκευση μπορεί συχνά να υπολογιστεί σε ένα σύνολο κανόνων, αλλά οι δύο άλλοι τρόποι για καθορισμό προτεραιότητας δεν μπορούν να προσδιοριστούν από τη λογική τυποποίηση
- Επομένως, αφαιρούμε από την ειδική αρχή ιεράρχησης και υποθέτουμε την ύπαρξη εξωτερικής σχέσης προτεραιότητας στο σύνολο κανόνων
- Για να εκφράσουμε συντακτικά την σχέση, επεκτείνουμε τον κανόνα σύνταξης ώστε να περιλαμβάνει μια μοναδική ετικέτα
- Για παράδειγμα
 - $r1 : p(X) \Rightarrow q(X)$
 - $r2 : r(X) \Rightarrow \neg q(X)$
- τότε μπορούμε να γράψουμε
 - $r1 > r2$
- για να εξειδικεύσουμε ότι το $r1$ είναι πιο δυνατό από το $r2$
- δεν επιβάλλουμε πολλές περιπτώσεις στο $>$
- δεν απαιτείται από τους κανόνες να σχηματίσουν μια ολοκληρωμένη ταξινομημένη ακολουθία
- απαιτείται μόνο η σχέση προτεραιότητας να μην είναι κυκλική
- είναι αδύνατον να υπάρχουν κύκλοι της μορφής
 - $r1 > r2 > \dots > rn > r1$

Άτυπη Συζήτηση (4/4)

- Ας σημειώσουμε ότι οι προτεραιότητες αποσκοπούν στην επίλυση συγκρούσεων ανάμεσα στους ανταγωνιζόμενους κανόνες
- Στην απλή περίπτωση, δύο κανόνες ανταγωνίζονται μόνο αν η κεφαλή ενός κανόνα είναι η άρνηση της κεφαλής του άλλου κανόνα
- Αλλά στις εφαρμογές, είναι συχνά οι περιπτώσεις που όταν είναι κατηγορημά p προκύπτει, κάποια από τα άλλα κατηγορήματα αποκλείονται
 - Π.χ. ένας σύμβουλος επενδύσεων μπορεί να βασίσει τις συστάσεις του σε τρία επίπεδα ρίσκων που είναι πρόθυμοι να πάρουν οι επενδυτές
 - Χαμηλό, μέτριο και υψηλό
 - Μόνο ένα επίπεδο ρίσκου ανά επενδυτή επιτρέπεται σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή
- Τεχνικά, αυτές οι περιπτώσεις μοντελοποιούνται με την διατήρηση ένα αντικρουόμενο σετ $C(L)$ για κάθε κύριο L
 - Το $C(L)$ πάντα περιέχει την άρνηση του L αλλά μπορεί να περιέχει περισσότερα κύρια.

Ορισμός της Σύνταξης

- Ένας αναιρέσιμος κανόνας έχει την μορφή
 - $r : L1, \dots, Ln \Rightarrow L$
 - όπου r είναι η ετικέτα, το $\{L1, \dots, Ln\}$ το σώμα και L η κεφαλή του κανόνα
 - $L, L1, \dots, Ln$ θετικά ή αρνητικά λεκτικά
 - Δεν μπορούν να υπάρχουν συναρτήσεις στον κανόνα
 - Μερικές φορές γράφουμε την κεφαλή του κανόνα ως $head(r)$ και το σώμα του ως $body(r)$
- Ένα αναιρέσιμο λογικό πρόγραμμα είναι τριπλό $(F, R, >)$ και αποτελείται από
 - Ένα σετ από F γεγονότα
 - Ένα ορισμένο σετ R από αναιρέσιμους κανόνες και
 - Μια άκυκλη δυαδική σχέση $>$ στο R
 - Και συγκεκριμένα, ένα σετ ζεύγων $r > r'$ όπου r και r' είναι ετικέτες των κανόνων στο R

Παράδειγμα Μη-Μονοτονικών
Κανόνων :Με Την Μεσολάβηση
Στο Εμπόριο

Παράδειγμα: Μεσολάβηση Στο Εμπόριο (1/2)

- Αυτό το παράδειγμα δείχνει πως οι κανόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια εφαρμογή ηλεκτρονικού εμπορίου
 - Το οποίο θα δουλέψει ιδανικά στο SW
- Η μεσολάβηση στο εμπόριο γίνεται μέσω ενός ανεξάρτητου τρίτου προσώπου, τον μεσίτη
- Ο μεσίτης ταιριάζει τις απαιτήσεις του αγοραστή και τις δυνατότητες του πωλητή, και προτείνει μια συναλλαγή όταν και τα δύο μέρη μπορούν να είναι ικανοποιημένα από το εμπόριο αυτό
- Σαν συγκεκριμένη εφαρμογή θα συζητήσουμε την ενοικίαση διαμερισμάτων
 - Μια συνηθισμένη ενέργεια η οποία είναι συχνά κουραστική και χρονοβόρα
- Κατάλληλες υπηρεσίες στο διαδίκτυο μπορούν να μειώσουν αυτήν την προσπάθεια αισθητά

Παράδειγμα: Μεσολάβηση Στο Εμπόριο (2/2)

- Οι απαιτήσεις του υποψήφιου ενοικιαστή είναι:
 - Ο Κάρλος ψάχνει για ένα διαμέρισμα τουλάχιστον 45 τμ. και με δυο υπνοδωμάτια
 - Αν είναι στον τρίτο όροφο ή και πιο ψηλά, το σπίτι θα πρέπει να έχει ένα ασανσέρ
 - Επίσης πρέπει να επιτρέπονται τα κατοικίδια
- Ο Κάρλος προτίθεται να πληρώσει \$300 για ένα διαμέρισμα 45 τμ. στο κέντρο και \$250 για ένα παρόμοιο διαμέρισμα στα προάστια
 - Επιπλέον, προτίθεται να πληρώσει επιπλέον \$5 ανά τετραγωνικό μέτρο για ένα πιο μεγάλο διαμέρισμα και \$2 ανά τετραγωνικό μέτρο για κήπο
- Δεν μπορεί να πληρώσει πάνω από \$400 σύνολο
 - Αν του δινόταν η ευκαιρία, θα διάλεγε την φθηνότερη επιλογή
 - Η δεύτερη προτεραιότητα είναι η παρουσία κήπου
 - Μικρότερη προτεραιότητα είναι ο επιπλέον χώρος

Τυποποίηση Των Απαιτήσεων Του Κάρλος (1/2)

- Χρησιμοποιούμε τα παρακάτω κατηγορήματα για να περιγράψουμε ιδιότητες των διαμερισμάτων:
 - $size(x, y)$ y is the size of apartment x (in sq m)
 - $bedrooms(x, y)$ x has y bedrooms
 - $price(x, y)$ y is the price for x
 - $floor(x, y)$ x is on the y th floor
 - $garden(x, y)$ x has a garden of size y
 - $lift(x)$ there is an elevator in the house of x
 - $pets(x)$ pets are allowed in x
 - $central(x)$ x is centrally located
- Επίσης χρησιμοποιούμε τα παρακάτω κατηγορήματα:
 - $acceptable(x)$ flat x satisfies Carlos's requirements
 - $offer(x, y)$ Carlos is willing to pay \$ y for flat x
- Τώρα θα παρουσιάσουμε τις απαιτήσεις του Κάρλος
- Οποιοδήποτε διαμέρισμα είναι δεκτό εκ των προτέρων
 - $r1 : \Rightarrow acceptable(X)$

Τυποποίηση Των Απαιτήσεων Του Κάρλος (2/2)

- Ωστόσο, Y δεν είναι δεκτό αν μια από τις απαιτήσεις του Κάρλος δεν πληρούνται
 - $r2 : \text{bedrooms}(X, Y), Y < 2 \Rightarrow \neg \text{acceptable}(X)$
 - $r3 : \text{size}(X, Y), Y < 45 \Rightarrow \neg \text{acceptable}(X)$
 - $r4 : \neg \text{pets}(X) \Rightarrow \neg \text{acceptable}(X)$
 - $r5 : \text{floor}(X, Y), Y > 2, \neg \text{lift}(X) \Rightarrow \neg \text{acceptable}(X)$
 - $r6 : \text{price}(X, Y), Y > 400 \Rightarrow \neg \text{acceptable}(X)$
- Οι κανόνες $r2$ - $r6$ είναι εξαιρέσεις του $r1$, οπότε προσθέτουμε
 - $r2 > r1, r3 > r1, r4 > r1, r5 > r1, r6 > r1$
- Έπειτα υπολογίζουμε την τιμή που προτίθεται να πληρώσει ο Κάρλος για ένα διαμέρισμα
 - $r7 : \text{size}(X, Y), Y \geq 45, \text{garden}(X, Z), \text{central}(X) \Rightarrow \text{offer}(X, 300 + 2Z + 5(Y - 45))$
 - $r8 : \text{size}(X, Y), Y \geq 45, \text{garden}(X, Z), \neg \text{central}(X) \Rightarrow \text{offer}(X, 250 + 2Z + 5(Y - 45))$
- Ένα διαμέρισμα γίνεται δεκτό αν το ποσό που προτίθεται να πληρώσει ο Κάρλος δεν είναι λιγότερο από την τιμή που ορίζει ο σπιτονοικοκύρης
 - $r9 : \text{offer}(X, Y), \text{price}(X, Z), Y < Z \Rightarrow \neg \text{acceptable}(X)$
 - $r9 > r1$

Αναπαράσταση των διαθέσιμων διαμερισμάτων (1/2)

- Δίνεται σε κάθε διαμέρισμα ένα μοναδικό όνομα, και οι ιδιότητες του αναπαριστούνται σαν δεδομένα
- Για παράδειγμα το διαμέρισμα a_1 μπορεί να περιγραφεί όπως παρακάτω :

- $bedrooms(a_1, 1)$
- $size(a_1, 50)$
- $central(a_1)$
- $floor(a_1, 1)$
- $\neg lift(a_1)$
- $pets(a_1)$
- $garden(a_1, 0)$
- $price(a_1, 300)$

Flat	Bedrooms	Size	Central	Floor	Lift	Pets	Garden	Price
a_1	1	50	yes	1	no	yes	0	300
a_2	2	45	yes	0	no	yes	0	335
a_3	2	65	no	2	no	yes	0	350
a_4	2	55	no	1	yes	no	15	330
a_5	3	55	yes	0	no	yes	15	350
a_6	2	60	yes	3	no	no	0	370
a_7	3	65	yes	1	no	yes	12	375

- Οι περιγραφές των διαθέσιμων διαμερισμάτων συνοψίζονται στον παραπάνω πίνακα
- Στην πράξη, τα διαμερίσματα που προσφέρονται θα μπορούσαν να αποθηκευτούν σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων ή σε μια ρύθμιση SW ή σε ένα σύστημα αποθήκευσης RDF

Αναπαράσταση των διαθέσιμων διαμερισμάτων (2/2)

- Αν ταιριάξουμε τις απαιτήσεις του Κάρλος με τα διαθέσιμα διαμερίσματα, μπορούμε να δούμε ότι:
 - Το διαμέρισμα a_1 δεν είναι δεκτό γιατί έχει μόνο ένα υπνοδωμάτιο (κανόνας r_2)
 - Τα διαμερίσματα a_4 και a_6 δεν είναι δεκτά γιατί δεν επιτρέπονται τα κατοικίδια (κανόνας r_4)
 - Για το a_2 , ο Κάρλος είναι διατεθειμένος να πληρώσει \$300, άλλα η τιμή είναι υψηλότερη (κανόνες r_7 και r_9)
 - Τα διαμερίσματα a_3 , a_5 και a_7 είναι δεκτά (κανόνας r_1)

Διαλέγοντας ένα Διαμέρισμα (1/2)

- Μέχρι στιγμής, έχουμε αναγνωρίσει τα διαμερίσματα που γίνονται δεκτά από τον Κάρλος
- Αυτή η επιλογή είναι πολύτιμη γιατί επικεντρωνόμαστε στα σχετικά διαμερίσματα
 - στα οποία μετά μπορεί να γίνει φυσικός έλεγχος
- αλλά είναι δυνατό να μειώσουμε τον αριθμό, ακόμη και σε ένα διαμέρισμα, λαμβάνοντας υπόψη περαιτέρω προτιμήσεις
- οι προτιμήσεις του Κάρλος βασίζονται στην τιμή, το μέγεθος του κήπου, και το μέγεθος, με ακριβώς αυτήν την σειρά
- τα αναπαριστούμε παρακάτω :
 - $r10 : acceptable(X) \Rightarrow cheapest(X)$
 - $r11 : acceptable(X), price(X,Z), acceptable(Y), price(Y,W), W < Z \Rightarrow \neg cheapest(X)$
 - $r12 : cheapest(X) \Rightarrow largestGarden(X)$
 - $r13 : cheapest(X), gardenSize(X,Z), cheapest(Y), gardenSize(Y,W), W > Z \Rightarrow \neg largestGarden(X)$
 - $r14 : largestGarden(X) \Rightarrow rent(X)$
 - $r15 : largestGarden(X), size(X,Z), largestGarden(Y), size(Y,W), W > Z \Rightarrow \neg rent(X)$
 - $r11 > r10, r13 > r12, r15 > r14$

Διαλέγοντας ένα Διαμέρισμα (2/2)

- Ο κανόνας r10 λέει ότι κάθε δεκτό διαμέρισμα είναι εξ ορισμού και φθηνότερο
 - Ωστόσο, υπάρχει ένα δεκτό διαμέρισμα φθηνότερο από το X, αλλά ο κανόνας r11(ο οποίος είναι πιο δυνατός από τον κανόνα r10) αποκλείει και συμπεραίνει ότι το X δεν είναι το πιο φθινό
- Ομοίως, οι κανόνες r12 και r13 διαλέγουν τα διαμερίσματα με τον πιο μεγάλο κήπο ανάμεσα στα πιο φθηνά διαμερίσματα.
 - Και από αυτούς τους κανόνες ο r14 και ο r15 επιλέγουν τα προτεινόμενα για ενοικίαση διαμερίσματα, βάση του μεγέθους τους
- Στο παράδειγμα , τα διαμερίσματα a3 και a5 είναι τα φθηνότερα
 - Από αυτά το a5 έχει τον μεγαλύτερο κήπο
 - Σημειώνουμε πως σε αυτήν την περίπτωση, το κριτήριο του μεγέθους του διαμερίσματος δεν παίζει ρόλο
 - Ο r14 αποκλείει το a5, και ο κανόνας r15 δεν μπορεί να εφαρμοστεί
 - Έτσι γίνεται η επιλογή , και σύντομα ο Κάρλος θα μετακομίσει

Rule Markup Language (RuleML)

Rule Markup Language (RuleML) (1/4)

- Σύμφωνα με την οπτική του SW, είναι απαραίτητο να φτιάξουμε την γνώση στην μορφή κανόνων που να είναι προσβάσιμοι από τις μηχανές
 - Θα περιγράψουμε μια κωδικοποίηση των μονοτονικών κανόνων στο XML
- RuleML είναι μια σημαντική προσπάθεια τυποποίησης για την σήμανση κανόνων στο Διαδίκτυο
- Στην πραγματικότητα δεν είναι μια γλώσσα αλλά μια οικογένεια κανόνων γλωσσών σήμανσης, που ανταποκρίνονται σε διαφορετικές γλώσσες κανόνων:
 - κανόνες παραγωγής, περιορισμούς ακεραιότητας, κανόνες αντίδρασης κτλ.
- Ο πυρήνας της οικογένειας RuleML είναι Datalog, η οποία είναι λογικής Horn χωρίς συναρτήσεις
- Η οικογένεια RuleML παρέχει περιγραφές κανόνων των γλωσσών σήμανσης σε XML, με την μορφή σχημάτων XML
- Η αναπαράσταση των συστατικών των κανόνων είναι απλή
- Το λεξιλόγιο – κλειδί του Datalog RuleML περιγράφεται στο σχήμα

Rule Ingredient	RuleML
fact	Asserted Atom
rule	Asserted Implies
head	head
body	body
atom	Atom
conjunction	And
predicate	Rel
constant	Ind
variable	Var

Rule Markup Language (RuleML) (2/4)

- Η οικογένεια RuleML παρέχει περιγραφές των κανόνων των γλωσσών σήμανσης σε XML, σε μορφή XML σχημάτος
- Η αναπαράσταση των συστατικών των κανόνων είναι απλή
- Το λεξιλόγιο – κλειδί του Datalog RuleML περιγράφεται στο σχήμα

Rule Ingredient	RuleML
fact	Asserted Atom
rule	Asserted Implies
head	head
body	body
atom	Atom
conjunction	And
predicate	Rel
constant	Ind
variable	Var

Rule Markup Language (RuleML) (3/4)

- Η έκφραση των κανόνων με την χρήση του λεξιλογίου RuleML είναι απλή
- Π.χ. ο κανόνας «η έκπτωση για έναν πελάτη που αγοράζει ένα προϊόν είναι 7.5%, αν ο πελάτης είναι «*premium*» και το προϊόν είναι είδος πολυτελείας» αναπαριστάται παρακάτω:

```
<Implies>
<head>
<Atom>
<Rel>discount</Rel>
<Var>customer</Var>
<Var>product</Var>
<Ind>7.5 percent</Ind>
</Atom>
</head>
<body>
<And>
<Atom> <Rel>premium</Rel>
      <Var>customer</Var> </Atom>
<Atom> <Rel>luxury</Rel> <Var>product</Var>
      </Atom>
</And>
</body>
</Implies>
```

Rule Markup Language (RuleML) (4/4)

- Η γλώσσα SWRL είναι μια επέκταση του RuleML και η χρήση του είναι απλή
- Σαν παράδειγμα, δείχνουμε την αναπαράσταση του κανόνα
 - $brother(X, Y), childOf(Z, Y) \rightarrow uncle(X, Z)$
 - σε XML σύνταξη της SWRL

```
<ruleml:Implies>
<ruleml:head>
<swrlx:individualPropertyAtom
swrlx:property="uncle">
<ruleml:Var>X</ruleml:Var>
<ruleml:Var>Z</ruleml:Var>
</swrlx:individualPropertyAtom>
</ruleml:head>
<ruleml:body>
<ruleml:And>
<swrlx:individualPropertyAtom
swrlx:property="brother">
<ruleml:Var>X</ruleml:Var>
<ruleml:Var>Y</ruleml:Var>
</swrlx:individualPropertyAtom>
<swrlx:individualPropertyAtom
swrlx:property="childOf">
<ruleml:Var>Z</ruleml:Var>
<ruleml:Var>Y</ruleml:Var>
</swrlx:individualPropertyAtom>
</ruleml:And>
</ruleml:body>
</ruleml:Implies>
```