



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
Και Μηχανικών Υπολογιστών

Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής &
Υπολογιστών

Ανάλυση και πρόσβαση σε πολυμεσική πληροφορία βασισμένη στη γνώση

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

του

ΓΙΩΡΓΟΥ Β. ΑΚΡΙΒΑ

Διπλωματούχου Ηλεκτρολόγου Μηχανικού &
Μηχανικού Υπολογιστών Ε.Μ.Π. (1999)

Αθήνα, Μάρτιος 2004



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής & Υπολογιστών

Ανάλυση και πρόσβαση σε πολυμεσική πληροφορία βασισμένη στη γνώση

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

του

ΓΙΩΡΓΟΥ Β. ΑΚΡΙΒΑ

Διπλωματούχου Ηλεκτρολόγου Μηχανικού &
Μηχανικού Υπολογιστών Ε.Μ.Π. (1999)

Συμβουλευτική Επιτροπή:

Στέφανος Κόλλιας
Παναγιώτης Τσανάκας
Ανδρέας Σταφυλοπάτης

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την 2^η Απριλίου 2004.

...
Σ. Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

...
Π. Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

...
Α. Σταφυλοπάτης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

...
Α. Ντελόπουλος
Επ. Καθηγητής Α.Π.Θ.

...
Τ. Σελλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

...
Γ. Παπακωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

...
Α. Λύκας
Επ. Καθηγητής
Παν. Ιωαννίνων

Αθήνα, Μάρτιος 2004

...

ΓΙΩΡΓΟΣ Β. ΑΚΡΙΒΑΣ

Διδάκτωρ Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

© 2004 - All rights reserved

Περιεχόμενα

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Εισαγωγή | 1 |
| 1.1 | Ψηφιοποίηση πληροφορίας | 1 |
| 1.1.1 | Ψηφιοποίηση κειμένου | 2 |
| 1.1.2 | Ψηφιοποίηση ήχου | 2 |
| 1.1.3 | Ψηφιοποίηση εικόνων | 2 |
| 1.1.4 | Ψηφιοποίηση κινούμενης εικόνας | 2 |
| 1.2 | Ανάκτηση κειμένου | 3 |
| 1.3 | Εννοιολογική περιγραφή εγγράφων | 3 |
| 1.4 | Ανάκτηση πολυμεσικής πληροφορίας | 3 |
| 1.5 | Ανάλυση σκηνών | 4 |
| 1.6 | Ασαφείς βάσεις γνώσης | 5 |
| 2 | Ανάλυση σκηνών | 7 |
| 2.1 | Ανάλυση σκηνών σε συμπιεσμένο βίντεο | 7 |
| 2.1.1 | Βασικές αρχές του προτύπου MPEG-1 για την συμπίεση κινούμενης εικόνας | 8 |
| 2.1.2 | Ανάλυση σκηνών χωρίς αντίστροφο μετασχηματισμό DCT | 8 |
| 2.2 | Βελτιωμένη ανάλυση σκηνών σε συμπιεσμένο βίντεο | 9 |
| 2.2.1 | Μετρήσεις | 10 |
| 2.2.2 | Συμπεράσματα | 13 |
| 3 | Σύνθετα αντικείμενα | 15 |
| 3.1 | Εφαρμογές της μερονομικής σχέσης σε πολυμεσικά έγγραφα | 16 |
| 3.2 | Περιγραφικές λογικές | 16 |
| 3.2.1 | Βάσεις γνώσης | 16 |
| 3.2.2 | Ερμηνεία βάσεων γνώσης | 17 |
| 3.2.3 | Κατασκευαστές περιγραφικών λογικών | 18 |
| 3.2.3.1 | Κατασκευαστές εννοιών | 18 |
| 3.2.3.2 | Κατασκευαστές ρόλων | 22 |
| 3.2.4 | Σώμα όρων | 23 |
| 3.2.5 | Σώμα ισχυρισμών | 23 |
| 3.2.6 | Συλλογιστικές εργασίες για γνωσιακά συστήματα με περιγραφική λογική | 23 |
| 3.2.7 | Ονοματολογία για Περιγραφικές Λογικές | 24 |
| 3.2.8 | Συγκεκριμένα πεδία | 24 |
| 3.2.9 | Αναπαράσταση της αβεβαιότητας | 26 |
| 3.2.9.1 | Πιθανοτικές περιγραφικές λογικές | 26 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.9.2 | Περιγραφικές λογικές για τη λογική της θεωρίας δυνατοτήτων | 26 |
| 3.2.9.3 | Ασαφείς περιγραφικές λογικές | 27 |
| 3.3 | Μερονομία | 27 |
| 3.3.1 | Μερολογία | 29 |
| 3.3.2 | Μεταβατικότητα και είδη μερονομικών σχέσεων | 29 |
| 3.3.3 | Προσεγγίσεις στη μερονομία | 30 |
| 3.3.3.1 | Συναρμολόγηση σύνθετων αντικειμένων | 30 |
| 3.3.3.2 | Μερονομική συλλογιστική μέσω ταξινομικής συλλογιστικής: τριάδες SEP | 31 |
| 3.3.3.3 | Δομημένα αντικείμενα: η γλώσσα περιγραφής <i>CATS</i> | 32 |
| 3.3.3.4 | Χωρική συλλογιστική: σχέσεις RCC-8 | 32 |
| 3.4 | Προτεινόμενη συνθετική επέκταση με την περιγραφική λογική <i>SHIQ</i> | 33 |
| 3.4.1 | Νέες συλλογιστικές εργασίες | 33 |
| 3.4.2 | Νέοι ορισμοί | 33 |
| 3.4.3 | Νέος αλγόριθμος συνθετικής επέκτασης | 38 |
| 3.5 | Δοκιμές | 40 |
| 3.6 | Αβεβαιότητα των μερών | 41 |
| 3.6.1 | Θεωρία ενδείξεων (Dempster - Shafer) | 41 |
| 3.6.1.1 | Ανάλυση απόφασης στην αναγνώριση προτύπων με βάση τη θεωρία ενδείξεων | 42 |
| 3.6.2 | Ανάλυση απόφασης για την αναγνώριση σύνθετου αντικειμένου | 43 |
| 3.6.2.1 | Ορισμός συνόλου αποφάσεων | 43 |
| 3.6.2.2 | Ορισμός καθολικού συνόλου | 44 |
| 3.6.2.3 | Άλλοι ορισμοί | 44 |
| 3.6.2.4 | Βασικές αποδόσεις πίστης | 45 |
| 3.6.2.5 | Κατανομή πιγνιστικής πιθανότητας | 47 |
| 3.6.2.6 | Ανάλυση απόφασης | 47 |
| 4 | Επέκταση ασαφών βάσεων γνώσης | 49 |
| 4.1 | Βάσεις γνώσης | 49 |
| 4.1.1 | Τριάδες RDF | 49 |
| 4.1.2 | Ασαφής γνώση | 50 |
| 4.1.3 | Επέκταση γνώσης | 50 |
| 4.2 | Ασαφή Σύνολα | 50 |
| 4.3 | Μία νέα προσέγγιση: το ισοδυναμικό κλείσιμο ασαφούς σχέσης | 51 |
| 4.4 | Περικοπή μικρών στοιχείων | 54 |
| 4.5 | Βιβλιοθήκη | 55 |
| 5 | Επέκταση ερωτήματος με βάση τα συμφραζόμενα | 57 |
| 5.1 | Συστήματα ανάκτησης πληροφορίας | 57 |
| 5.1.1 | Μοντέλα αναπαράστασης | 57 |
| 5.1.1.1 | Μοντέλο Bool | 58 |
| 5.1.1.1.1 | Ασαφές μοντέλο Bool | 58 |
| 5.1.1.2 | Διανυσματικό μοντέλο | 58 |
| 5.1.1.2.1 | Επεκτεταμένο μοντέλο Bool | 59 |

| | | |
|----------------------------|--|------------|
| 5.1.1.3 | Πιθανοτικό μοντέλο | 59 |
| 5.1.1.3.1 | Μοντέλο δικτύου πίστης..... | 60 |
| 5.1.2 | Αποτίμηση της ανάκτησης | 60 |
| 5.1.3 | Επέκταση ερωτήματος..... | 60 |
| 5.1.3.1 | Τοπική ανάλυση | 60 |
| 5.1.3.1.1 | Πίνακας συσχέτισης | 61 |
| 5.1.3.1.2 | Πίνακας αποστάσεων | 61 |
| 5.1.3.1.3 | Κοινοί γείτονες | 61 |
| 5.1.3.2 | Καθολική ανάλυση | 61 |
| 5.1.3.2.1 | Θησαυρός ομοιότητας..... | 61 |
| 5.1.4 | Ανάκτηση πολυμεσικής πληροφορίας..... | 62 |
| 5.2 | Προτεινόμενη νέα μέθοδος επέκτασης ερωτήματος | 62 |
| 5.2.1 | Υπολογισμός των συμφραζομένων | 63 |
| 5.2.2 | Επέκταση ερωτήματος με βάση τα συμφραζόμενα | 64 |
| 5.3 | Μετρήσεις | 65 |
| Βιβλιογραφία | | 67 |
| A Κώδικας XML | | 73 |
| A.1 | Σχήμα ορισμού γεωμετρίας σύνθετων οπτικών αντικειμένων | 73 |
| A.2 | Παράδειγμα ορισμού σύνθετων οπτικών αντικειμένων | 75 |
| A.3 | Παράδειγμα ορισμού γεωμετρίας σύνθετου αντικειμένου | 90 |
| A.4 | Γεωμετρία παραδείγματος, πριν την συνθετική επέκταση..... | 91 |
| A.5 | Γεωμετρία παραδείγματος, μετά την συνθετική επέκταση | 96 |
| B Το πρότυπο MPEG-7 | | 109 |
| B.0.1 | Έννοιες του MPEG-7 | 110 |
| B.0.2 | Δομές δεδομένων που ορίζονται από το πρότυπο..... | 111 |
| B.0.2.1 | Περιγραφή Ήχου | 111 |
| B.0.2.2 | Περιγραφή Εικόνας..... | 111 |
| B.0.3 | Σχήματα Περιγραφής Πολυμέσων | 112 |
| B.0.3.1 | Εργαλεία σχημάτων | 113 |
| B.0.3.1.1 | Ιεραρχία περιγραφής | 113 |
| B.0.3.1.2 | Ιεραρχία κληρονομικότητας | 113 |
| B.0.3.2 | Περιγραφή Φυσικού μέσου | 113 |
| B.0.3.3 | Δημιουργία & Παραγωγή | 113 |
| B.0.3.4 | Τρόποι χρήσης του υλικού | 114 |
| B.0.3.5 | Δόμηση Περιεχομένου | 114 |
| B.0.3.6 | Σημασιολογία περιεχομένου | 115 |
| Γ Γλωσσάριο | | 117 |
| Βιογραφικό σημείωμα | | 123 |
| Ευρετήριο | | 126 |

Κατάλογος Σχημάτων

| | | |
|-----|--|-----|
| 1.1 | Σχηματική αναπαράσταση φάσεων οπτικής ανάκτησης | 4 |
| 2.1 | Απόσταση διαδοχικών πλαισίων και αλλαγή σκηνής | 10 |
| 2.2 | Απόλυτη διαφορά και διαφορά ιστογραμμάτων | 12 |
| 2.3 | Ακτίνα περιοχής | 12 |
| 2.4 | Σχετικό ύψος αιχμής | 13 |
| 2.5 | Σχετικό βάρος χρωματικότητας | 14 |
| 5.1 | Διάγραμμα ανάκλισης/ακρίβειας για επέκταση με θησαυρό και για επέκταση με βάση τα συμφραζόμενα | 65 |
| B.1 | Σχήματα περιγραφής πολυμέσων του MPEG-7 | 112 |

Κατάλογος Πινάκων

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Απόλυτη διαφορά, SIF | 11 |
| 2.2 | Απόλυτη διαφορά, QSIF | 11 |
| 2.3 | Διαφορά ιστογραμμάτων, SIF | 11 |
| 2.4 | Διαφορά ιστογραμμάτων, QSIF | 12 |
| 3.1 | Κατασκευαστές εννοιών | 18 |
| 3.2 | Κατασκευαστές ρόλων | 19 |
| 3.3 | Ορολογικά και ισχυρισμικά αξιώματα | 20 |
| 3.4 | Συλλογιστικές εργασίες | 21 |
| 3.5 | Κατασκευαστές για n -αδικές σχέσεις | 25 |
| 3.6 | Κατασκευαστές για σταθερά σημεία | 25 |
| 3.7 | Συγκεκριμένα πεδία | 25 |
| 3.8 | Μερονομικές σχέσεις, Λ : λειτουργικότητα, O : ομοιομέρεια, Δ : διαχωριστικότητα | 29 |
| 3.9 | Κατασκευαστές συνθετικής επέκτασης | 30 |
| 3.10 | Κατασκευαστές $CATS$. U : πρωταρχικοί ρόλοι, b : απλοί ρόλοι, L : σύνθετοι ρόλοι | 32 |
| 4.1 | τ -νόρμες και οι δυϊκές τους σ -νόρμες, ως προς το πρότυπο συμπλήρωμα | 50 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στα έτη 2000-2004, στο εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας, Βίντεο & Πολυμέσων του τμήματος Τεχνολογίας Πληροφορικής και Υπολογιστών της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Δρες Α. & Ν. Δουλάμη, Ι. Αβρίθη, Κ. Καρπούζη, Γ. Βότση, Ι. Ξηρουχάκη, Γ. Στάμου και Γ. Τσεχπενάκη, για τις υποδείξεις που κατά καιρούς μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης, τους ερευνητές του εργαστηρίου Α. Δροσόπουλο, Β. Τζουβάρα, Σ. Ιωάννου και Γ. Ανδρέου, με τους οποίους συνεργάστηκα σε διάφορες ερευνητικές περιοχές. Ιδιαίτερη μνεία οφείλω στον ερευνητή Μ. Wallace, με τον οποίο είχα πολύ γόνιμη συνεργασία.

Στα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου οφείλω πολλά λόγω του εργασιακού και συναδελφικού κλίματος που δημιουργήσαμε όσον καιρό εργαζόμουν σε αυτόν τον χώρο.

Συνεργάστηκα επίσης με τους τελειόφοιτους φοιτητές της σχολής ΗΜΜΥ/ΕΜΠ Η. Καρακουλάκη, Γ. Πατεροπούλου και Ν. Παππά, στα πλαίσια των διπλωματικών τους εργασιών, υπό την επίβλεψη του καθ. Σ. Κόλλια.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους καθ. Α. Ντελόπουλο και Π. Μαραγκό για το χρόνο και τις γνώσεις που μοιράστηκαν μαζί μου.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τον καθ. Σ. Κόλλια για την πολύπλευρη στήριξη που μου προσέφερε όσον καιρό ήμουν ερευνητής στο εργαστήριο που διευθύνει.

Η ερευνητική εργασία της διατριβής υποστηρίχθηκε οικονομικά εν μέρει από το έργο IST-1999-20502 FAETHON του ΕΠΙΣΕΥ/ΕΜΠ.

Η διατριβή αφιερώνεται στην οικογένειά μου, Βασίλη, Χρυσή & Κώστα Ακρίβα.

*Γιώργος Ακρίβας
Αθήνα, Μάρτιος 2004*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή πραγματεύεται τα γνωσιακά συστήματα και την πρόσβαση σε πολυμεσική πληροφορία. Η συνεισφορά της διατριβής έγκειται στα εξής πεδία: ανάλυση σκηνών, επέκταση ασαφών βάσεων γνώσης, πρόσβαση σε ασαφή γνωσιακά συστήματα ανάκτησης πληροφορίας, περιγραφή και αναγνώριση σύνθετων οντοτήτων.

Σε ότι αφορά την ανάλυση σκηνής (κεφ. 2), προτάθηκε η βελτίωση ενός μηχανισμού ανάλυσης σκηνών σε κωδικοποιημένη κινούμενη εικόνα, με στόχο την αυξημένη ακρίβεια ανίχνευσης σε συμπιεσμένο σήμα. Εκτεταμένα πειράματα σε κινηματογραφικό υλικό έδωσαν μία βέλτιστη επιλογή παραμέτρων.

Αποτελέσματα σχετικά με την περιγραφή και την αναγνώριση σύνθετων οντοτήτων αναφέρονται στο κεφ. 3. Προτείνεται ένα οντολογικό πλαίσιο που βασίζεται στις περιγραφικές λογικές και τη συνθετική επέκταση, και ένας τρόπος ανάλυσης της απόφασης για τη σύνθεση ή την απόρριψη υπό συνθήκες αβεβαιότητας που βασίζεται στη θεωρία ενδείξεων.

Το κεφ. 4 αναφέρεται στην επέκταση ασαφών σχεσιακών βάσεων γνώσης με αλγεβρικούς κανόνες, αλγεβρικό κλείσιμο και περικοπή μικρών στοιχείων. Δίνονται επίσης ορισμένα θεωρητικά αποτελέσματα σε σχέση με τις ιδιότητες του ισοδυναμικού κλεισίματος και τη διατήρηση των ιδιοτήτων ασαφών διμελών σχέσεων μετά από περικοπή μικρών στοιχείων.

Αποτελέσματα σχετικά με την πρόσβαση σε ασαφή γνωσιακά συστήματα ανάκτησης πληροφορίας αναφέρονται στο κεφ. 5. Αναφέρεται μία μέθοδος εκτίμησης των συμφραζομένων μιας ερώτησης και μία μέθοδος επέκτασης της ερώτησης με βάση το συμφραζόμενο.

Η σελιδοποίηση της διατριβής βασίστηκε στο \TeX του Donald Knuth, το \LaTeX του Leslie Lamport και το Ω του Γιάννη Χαραλάμπους.

ABSTRACT

This PhD dissertation deals with knowledge-based systems and access to multimedia information. The contribution of the dissertation lies in the following fields: scene analysis, fuzzy knowledge bases expansion, access to fuzzy knowledge-based information retrieval systems, description and recognition of composite objects.

Regarding scene analysis, (ch. 2), an improvement of a scene analysis mechanism, for encoded motion picture was proposed. Extensive experiments on movies - related material gave an optimal selection of parameters.

Results related to description and recognition of composite objects are included in ch. 3. An ontological framework, based on a description logic and compositional extension, is proposed, as well as a method to propagate uncertainty, based on evidence theory.

Ch. 4, refers to the expansion of fuzzy knowledge bases with algebraic rules, algebraic closure and elimination of small elements. Furthermore, theoretical results about the properties of the equivalence closure and preservation of the properties of fuzzy binary relation after elimination of small elements are given.

Results regarding access to fuzzy knowledge - based information retrieval systems are included in ch. 5. A method of estimation of the context of a query and for context - based query expansion is presented.

This dissertation was prepared with $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ of Donald Knuth, $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ of Leslie Lamport and Ω of Yannis Charalambous.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η παρούσα διατριβή αναφέρεται στα συστήματα ανάκτησης πολυμεσικής πληροφορίας. Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει ένα σύνολο από πολυμεσικά έγγραφα, δέχεται ερωτήσεις από το χρήστη και επιστρέφει τα έγγραφα εκείνα που ταιριάζουν με τις ερωτήσεις του.

Η λειτουργικότητα ενός συστήματος εξαρτάται από πολλές επιμέρους τεχνολογίες: ψηφιοποίηση πληροφορίας, ανάκτηση πληροφορίας, εννοιολογική περιγραφή πολυμεσικής πληροφορίας, αναπαράσταση γνώσης.

Η ψηφιοποίηση είναι απαραίτητο να προηγείται πριν από κάθε είδος ανάλυσης πληροφορίας, επειδή είναι πολύ πιο ισχυρά και ποικίλα τα φίλτρα που εξάγουν δεδομένα από ψηφιακή πληροφορία παρά από αναλογική. Το επόμενο βήμα είναι η ανάλυση πληροφορίας, η οποία συνίσταται στην κατάτμηση του σήματος σε επιμέρους οντότητες και την περιγραφή κάθε οντότητας. Η εννοιολογική περιγραφή πολυμεσικής πληροφορίας συνίσταται στην αντιστοίχιση κάθε οντότητας του πολυμεσικού εγγράφου σε μία λογική οντότητα και κάθε περιγραφής οντότητας σε ένα λογικό κατηγορήμα, που να είναι συμβατό με μία βάση γνώσης. Η γνώση αναπαρίσταται ως ένας αριθμός αξιωμάτων μίας λογικής. Τέλος, επειδή οι περιγραφές των οντοτήτων της πολυμεσικής πληροφορίας προέρχονται από αλγορίθμους αναγνώρισης προτύπων, συνήθως περιλαμβάνουν αβεβαιότητα. Αυτή η αβεβαιότητα πρέπει να αναπαρίσταται και στην εννοιολογική περιγραφή.

1.1 Ψηφιοποίηση πληροφορίας

Με τον όρο ψηφιοποίηση εννοείται η μετατροπή ενός σήματος από αναλογική μορφή σε ψηφιακή. Η ψηφιακή αρχειοθέτηση εγγράφων και τεκμηρίων έχει εδώ και μία δεκαετία αναγνωριστεί από τους δημιουργούς και κατόχους περιεχομένου ως μιά ώριμη επιλογή για τη διατήρηση, προβολή και διανομή του. Με τους όρους έγγραφα και τεκμήρια εννοούνται εικόνα, ήχος, κινούμενη εικόνα, κείμενο και πολυμέσα.

Την προηγούμενη δεκαετία σημειώθηκε μία επανάσταση στη διάδοση της ψηφιακής πληροφορίας. Σε αυτό συνετέλεσε κυρίως η πρόοδος της τεχνολογίας ψηφιακής καταγραφής, με συσκευές όπως σαρωτές, μετατροπείς αναλογικού - ψηφιακού, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, ψηφιακές βιντεοκάμερες. Ένας άλλος παράγοντας ήταν η διάδοση φτηνών κυκλωμάτων επεξεργασίας ψηφιακού σήματος VLSI.

Η τεχνολογία κωδικοποίησης ήταν επίσης ένας σημαντικός παράγοντας για τη διάδοση της ψηφιακής πληροφορίας, καθώς ο όγκος της θα ήταν σε αντίθετη περίπτωση απαγορευτικός.

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ήταν ένας ακόμα κρίσιμος παράγοντας, καθώς και μετά από συμπίεση ο όγκος της ψηφιακής πληροφορίας παραμένει υψηλός.

Τέλος, ένας σημαντικός παράγοντας ήταν η διάθεση άφθονης φτηνής υπολογιστικής ισχύος, μνήμης και εύρους ζώνης στους καταναλωτές.

1.1.1 Ψηφιοποίηση κειμένου

Το κείμενο ήταν το πρώτο που ψηφιοποιήθηκε, πρακτικά από τότε που υπάρχουν υπολογιστές, και τα σχετικά πρότυπα είναι τα **ASCII**, το οποίο είναι ένα σύνολο από χαρακτήρες και μία κωδικοποίηση χαρακτήρων, βασισμένη στο λατινικό αλφάβητο, όπως χρησιμοποιείται στα Αγγλικά και άλλες δυτικοευρωπαϊκές γλώσσες, **SGML**, το οποίο είναι μία μεταγλώσσα, με την οποία είναι δυνατό να οριστούν γλώσσες επισήμανσης για έγγραφα, **Unicode**, το οποίο είναι ένα διεθνές πρότυπο, του οποίου ο στόχος είναι να προδιαγράψει μία κωδικοποίηση για κάθε χαρακτήρα που χρειάζεται για κάθε γραπτή ανθρώπινη γλώσσα σε ένα μοναδικό ακέραιο αριθμό, **XML**, το οποίο είναι μία γλώσσα επισήμανσης γενικής χρήσης.

Στις δεκαετίες 1960 & 1970 αναπτύχθηκαν συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και, λίγο αργότερα, συστήματα ανάκτησης λεκτικής πληροφορίας, τα οποία ανακτούν ελεύθερο κείμενο. Στη δεκαετία 1980 εμφανίστηκε το υπερκείμενο, το οποίο προτυποποιήθηκε στη δεκαετία του 1990 με τη γλώσσα **HTML**. Σήμερα οι μηχανές αναζήτησης υπερκειμένου έχουν φτάσει σε ώριμο στάδιο και έχουν αρκετά ικανοποιητική επίδοση.

1.1.2 Ψηφιοποίηση ήχου

Τα πρώτα ευρέως διαδεδομένα συστήματα διαχείρισης ψηφιοποιημένου ήχου εμφανίστηκαν στη δεκαετία 1970, για την ψηφιακή τηλεφωνία. Το σχετικό πρότυπο, **PCM**, το οποίο είναι μία τεχνική διαμόρφωσης για την αναπαράσταση αναλογικού σήματος σε ψηφιακή μορφή, εφαρμόστηκε λίγο αργότερα στο **CD**, δηλαδή τον οπτικό δίσκο για αποθήκευση ψηφιακών δεδομένων. Η ανάγκη για μετάδοση μέσα από περιορισμένο εύρος ζώνης έδωσε την ώθηση για την συμπίεση του ψηφιακού σήματος. Ένα πρότυπο συμπίεσης ψηφιακού ήχου, το **MPEG audio**, εμφανίστηκε το 1992, ως μέρος του προτύπου **MPEG**, και διαδόθηκε ευρύτατα μερικά χρόνια αργότερα ως **MP3**, το οποίο είναι το τρίτο στρώμα κωδικοποίησης ήχου στα πρότυπα **MPEG-1/2**.

1.1.3 Ψηφιοποίηση εικόνων

Ψηφιοποιημένες φωτογραφίες υπάρχουν ευρέως από τη δεκαετία του 1980, και στη δεκαετία 2000 διαδόθηκαν ευρύτατα και προβλέπεται να υποσκελίσουν το φωτογραφικό φιλμ. Το πρώτο πρακτικό πρότυπο συμπίεσης, το **JPEG**, εμφανίστηκε το 1988, και αργότερα εμφανίστηκε το **JPEG2000**.

1.1.4 Ψηφιοποίηση κινούμενης εικόνας

Η ψηφιακή κινούμενη εικόνα με ήχο διαδόθηκε τη δεκαετία του 1990, με την ίδρυση του **MPEG**, που είναι μία ομάδα επιφορτισμένη με την ανάπτυξη προτύπων κωδικοποίησης κινούμενης εικόνας και ήχου. Εμφανίστηκαν τρία πρότυπα κωδικοποίησης, **MPEG-1**, για κωδικοποίηση κινούμενης εικόνας χαμηλής ανάλυσης (1992), **MPEG-2**,

για κωδικοποίηση τηλεοπτικού σήματος (1995) και MPEG-4, για κωδικοποίηση αλληλοδραστικών πολυμέσων (1998).

1.2 Ανάκτηση κειμένου

Ένα σύστημα ανάκτησης κειμένου περιέχει ένα σύνολο από κείμενα. Ένας χρήστης δίνει ένα ερώτημα υπό μορφή κειμένου, και το σύστημα επιστρέφει τα κείμενα εκείνα που ταιριάζουν με την ερώτησή του.

Η ανάλυση του ερωτήματος του χρήστη περιλαμβάνει την ερμηνεία του, δηλαδή την αντιστοίχιση των όρων που χρησιμοποιεί ο χρήστης σε έννοιες της βάσης γνώσης, και την επέκτασή του. Η ερμηνεία του ερωτήματος περιλαμβάνει την αντιστοίχιση των όρων του σε έννοιες της βάσης γνώσης και την αποσαφήνιση του νοήματός τους, μέσω του υπολογισμού των συμφραζομένων των όρων. Η επέκταση του ερωτήματος περιλαμβάνει τον εμπλουτισμό του με νέες έννοιες, λαμβάνοντας υπόψη τα συμφραζόμενα και σχέσεις που περιέχονται στη βάση γνώσης. Το κεφ. 5 αναφέρεται στην ερμηνεία του ερωτήματος του χρήστη. Μετρήσεις των προτεινόμενων μεθόδων, που βασίζονται στη συλλογή εγγράφων αναφοράς **CACM** παρουσιάζονται στην εν. 5.3.

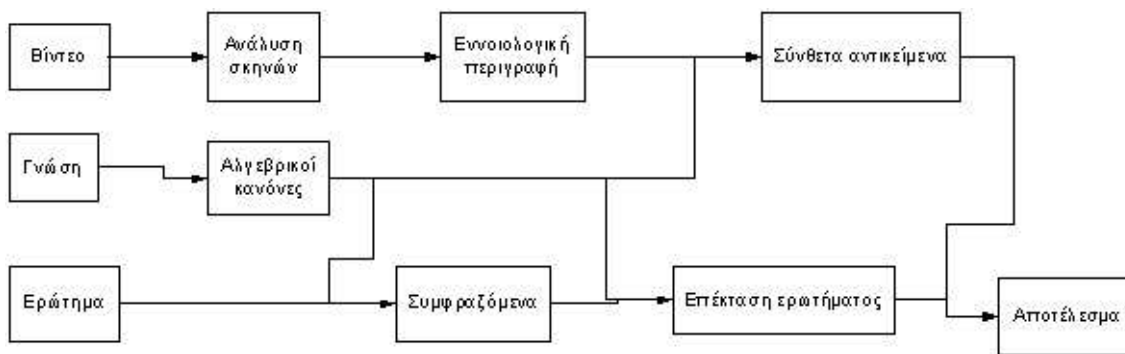
1.3 Εννοιολογική περιγραφή εγγράφων

Εννοιολογική περιγραφή ενός εγγράφου είναι η περιγραφή του με τη βοήθεια εννοιών και σχέσεων. Σε σχέση με την ανάκτηση λεκτικής πληροφορίας, τα αποτελέσματα στο πεδίο της αναγνώρισης και της σύνθεσης κειμένου, είναι περιορισμένα, όπως φαίνεται από τα πρώτα εμπορικά συστήματα αυτόματης μετάφρασης κειμένου, και γενικότερα στο πεδίο της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας.

Με βάση μία εννοιολογική περιγραφή, είναι δυνατό να γίνουν πιο σύνθετες ερωτήσεις, οι οποίες για να απαντηθούν προϋποθέτουν συλλογιστικές εργασίες. Ο σημασιολογικός ιστός είναι μία επέκταση του παγκόσμιου ιστού, στην οποία οι ιστοσελίδες διαθέτουν εννοιολογική περιγραφή. Η εννοιολογική περιγραφή βασίζεται στη γλώσσα **RDF**, η οποία είναι μία εφαρμογή της XML προσαρμοσμένη στον κατηγορηματικό λογισμό πρώτης τάξης. Οι πιο δημοφιλείς λογικές σήμερα είναι οι λογικές περιγραφής. Μία από αυτές, η *SHIQ(D)* μπορεί να παρασταθεί με τη γλώσσα **OWL**, η οποία είναι μία επέκταση της **RDF Schema**, η οποία με τη σειρά της είναι μία επέκταση της RDF.

1.4 Ανάκτηση πολυμεσικής πληροφορίας

Ανάγκες παρόμοιες με την αναζήτηση στο κείμενο εμφανίστηκαν και στα άλλα είδη ψηφιοποιημένης πληροφορίας. Η ανάκτηση είναι πιο εύκολη στο κείμενο, επειδή είναι εύκολη η κατάτμηση του κειμένου σε ατομικά αντικείμενα (λέξεις), και επίσης επειδή τα αντικείμενα ταυτίζονται με τους όρους που περιέχονται στην ερώτηση. Η απόσταση ανάμεσα στην ανάκτηση και την εννοιολογική περιγραφή είναι μικρότερη στην περίπτωση των μη λεκτικών εγγράφων, επειδή οι όροι της ερώτησης δεν είναι του ίδιου τύπου με τα αντικείμενα ενός πολυμεσικού εγγράφου. Σε ένα πολυμεσικό έγγραφο, η κατάτμηση σε αντικείμενα και η ταύτιση των αντικειμένων με λέξεις δεν είναι τετριμμένα θέματα (βλ. σχ. 1.1).



Σχήμα 1.1: Σχηματική αναπαράσταση φάσεων οπτικής ανάκτησης

Για το πρώτο βήμα (ανάλυση), έχει σημειωθεί κάποια πρόοδος, σε οπτικά σήματα (εικόνες και βίντεο), και πολλές από τις οντότητες που περιέχονται σε ένα οπτικό σήμα μπορούν σήμερα να απομονωθούν. Ιδιαίτερα πρόσφορο σε ανάλυση είναι η κινούμενη εικόνα, επειδή έχει επιπλέον πληροφορία (κίνηση), σε σχέση με την ακίνητη εικόνα. Η επιπλέον πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην χρονική κατάτμηση (ανάλυση σκηνών), όσο και στην χωροχρονική κατάτμηση (εξαγωγή και παρακολούθηση αντικειμένων που κινούνται σε σχέση με το περιβάλλον τους).

Αντίθετα, για το δεύτερο βήμα, η πρόοδος που έχει σημειωθεί είναι πολύ μικρότερη. Οι δημοσιευμένες τεχνικές συνήθως παρουσιάζουν επιτυχία μόνο σε αυστηρά ελεγχόμενα περιβάλλοντα, όπως αυτό μιας γραμμής παραγωγής. Επιπλέον μπορούν, σε αυτές τις περιπτώσεις, να αναγνωρίζουν έναν περιορισμένο αριθμό εννοιών, συχνά μόνο μία έννοια. Από την άλλη μεριά, τεχνικές που θεωρητικά μπορούν να προσαρμοστούν να αναγνωρίζουν οποιαδήποτε έννοια, παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά σφάλματος. Ορισμένες από τις αιτίες αυτού του προβλήματος σχετίζονται με τον τρόπο που περιγράφεται μία έννοια. Περαιτέρω πρόοδος αναμένεται στο προσεχές διάστημα στην περιγραφή των εννοιών και γενικότερα στον τρόπο αντιστοίχισής τους με τμήματα του σήματος. Για παράδειγμα, μία περιγραφή πρέπει να είναι αναλλοίωτη σε μεταβολή των συνθηκών φωτισμού, σε μεταβολή της θέσης, σε απόκρυψη.

Το κεφ. 3 αναφέρεται στην περιγραφή και αναγνώριση σύνθετων οντοτήτων, δηλ. οντοτήτων που αποτελούνται από συστατικά μέρη, η αναγνώριση των οποίων είναι ουσιώδης στην αναγνώριση του όλου. Θέματα που πραγματεύεται το κεφάλαιο είναι η έκφραση της γνώσης σε μία σύγχρονη περιγραφική λογική (*SHIQ*), το πώς ομαδοποιούνται οι οντότητες ενός σκηνικού σε (ενδεχομένως περισσότερες από μία) σύνθετες οντότητες, και πώς η αβεβαιότητα στην αναγνώριση μπορεί να οδηγήσει στην απόρριψη ή στη μη απόρριψη της σύνθεσης. Για την ομαδοποίηση των οντοτήτων χρησιμοποιείται η προσέγγιση της συνθετικής επέκτασης (Lambrix, εν. 3.4), ενώ για τη διάδοση της αβεβαιότητας χρησιμοποιείται η θεωρία Dempster - Shafer (εν. 3.6.1), σύμφωνα με τον Denpouex (εν. 3.6.2)

1.5 Ανάλυση σκηνών

Το κεφ. 2 αναφέρεται στην ανάλυση σκηνών. Το πρώτο μέρος του κεφαλαίου προσφέρει έναν τρόπο βελτίωσης της ακρίβειας της ανάλυσης σκηνών, όταν το βίντεο είναι συμπιεσμένο. Το δεύτερο μέρος του κεφαλαίου πραγματοποιεί μία σειρά από μετρήσεις που καταδειχνουν τη βελτιωμένη ακρίβεια της μεθόδου.

1.6 Ασαφείς βάσεις γνώσης

Μία βάση γνώσης περιγράφει τα σκηνικά που μπορούν να απεικονιστούν στα πολυμεσικά έγγραφα με όρους εννοιών και σχέσεων ανάμεσα στις έννοιες. Ορισμένες από τις έννοιες μπορούν να αντιστοιχιστούν με τμήματα του οπτικού σήματος. Με τη βοήθεια των σχέσεων, και κανόνων, αφενός μπορούν να αναλυθούν και να απαντηθούν οι ερωτήσεις του χρήστη, και αφετέρου να επεκταθεί η ίδια η βάση γνώσης με νέες σχέσεις.

Μία τεχνική αναγνώρισης προτύπων γενικά θα περιλαμβάνει αβεβαιότητα. Αυτή η αβεβαιότητα πρέπει να διαδοθεί τόσο στις νέες σχέσεις που συμπεραίνονται βάσει των κανόνων όσο και στις απαντήσεις των ερωτήσεων. Το κεφάλαιο 4 αναφέρεται στην επέκταση ασαφών βάσεων γνώσης. Η επέκταση γίνεται με εφαρμογή αλγεβρικών κανόνων, με εφαρμογή αλγεβρικών ιδιοτήτων και με την περικοπή μικρών στοιχείων. Ορισμένα θεωρητικά αποτελέσματα δίνονται στην εν. 4.3. Ένα σύστημα αυτόματης επέκτασης της βάσης γνώσης παρουσιάζεται στην εν. 4.5.

Κεφάλαιο 2

Ανάλυση σκηνών

Μία κινούμενη εικόνα παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες στην αναπαράσταση και στην επεξεργασία με μία ακίνητη εικόνα, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις προβάλλεται σε δύο διαστάσεις μία 3Δ σκηνή. Για παράδειγμα, και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να απομονωθούν αντικείμενα από το περιβάλλον τους, και να ταυτιστούν με πρότυπα. Παρουσιάζει όμως ορισμένες διαφορές, που οφείλονται στη χρονική διάσταση του σήματος. Μία διαφορά είναι ότι μία κινούμενη εικόνα αποτελείται από πολλές σκηνές, σε χρονική αλληλουχία, ενώ μία ακίνητη εικόνα παριστάνει μόνο μία σκηνή.

Ως **σκηνή** ορίζεται μία ακολουθία από πλαίσια που προέρχονται από μία αδιάσπαστη καταγραφή. Συνήθως αλλαγή σκηνής εισάγεται σε μία ακολουθία, μετά την καταγραφή, με λειτουργίες συναρμολόγησης πλάνων. Ανάλυση σκηνών είναι η εύρεση, από το οπτικοακουστικό σήμα, των σημείων αλλαγής σκηνής.

Με μία αλλαγή σκηνής μπορεί το σκηνικό να προβάλλεται από άλλη οπτική γωνία, ή αντικείμενα να αλλάζουν απότομα θέση, ή να εμφανίζονται ή να εξαφανίζονται, ή τέλος να αλλάζει εξολοκλήρου το σκηνικό. Ένας αλγόριθμος ανίχνευσης αλλαγής σκηνής πρέπει να ανιχνεύει αυτές τις αλλαγές.

Η ανάλυση σκηνών είναι προϋπόθεση για κάθε περαιτέρω ανάλυση του ψηφιακού βίντεο, πρώτον επειδή η αναγνώριση του περιβάλλοντος και ο διαχωρισμός του από τα κινούμενα αντικείμενα είναι απαραίτητος στις περισσότερες προσεγγίσεις, και δεύτερον επειδή τα περισσότερα αντικείμενα εξαφανίζονται ή αλλάζουν θέση (που δεν μπορεί να παρακολουθηθεί) μετά από αλλαγή σκηνής, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στο παρόν κεφάλαιο προτείνουμε μία βελτιωμένη μέθοδο ανάλυσης σκηνών σε συμπιεσμένο βίντεο.

2.1 Ανάλυση σκηνών σε συμπιεσμένο βίντεο

Στο [63] αναφέρεται μία μέθοδος ανάλυσης σκηνών από κινούμενη εικόνα κωδικοποιημένη κατά MPEG-1. Στην παρούσα ενότητα προτείνεται η βελτίωση της μεθόδου αυτής, με σκοπό τη βελτίωση της επίδοσής της υπό συνθήκες θορύβου.

2.1.1 Βασικές αρχές του προτύπου MPEG-1 για την συμπίεση κινούμενης εικόνας

Το πρότυπο MPEG κωδικοποιεί μία ακολουθία κατά ομάδες πλαισίων, που αποκαλούνται ομάδες εικόνων (Group Of Pictures, GOP). Ένα GOP έχει συνήθως μήκος περίπου 12 πλαίσια, και μία τυπική μορφή του είναι:

IBBPBBPBBPBB

όπου τα γράμματα χαρακτηρίζουν το πλαίσιο. Τα πλαίσια I (Intraframe) κωδικοποιούνται ως ακίνητες εικόνες, χωρίς αναφορά σε άλλα πλαίσια. Απαιτούν για την αποθήκευσή τους τον περισσότερο χώρο. Τα πλαίσια P (Predictive) κωδικοποιούνται αναφορικά με το προηγούμενο πλαίσιο I ή P και απαιτούν για την αποθήκευσή τους λιγότερο χώρο από τα πλαίσια I. Τέλος, τα πλαίσια B (Bidirectional) κωδικοποιούνται με τρόπο παρόμοιο με αυτόν των πλαισίων P, αλλά ως γραμμικός συνδυασμός του προηγούμενου και του επόμενου πλαισίου I ή P και απαιτούν για την αποθήκευσή τους λιγότερο χώρο από τα πλαίσια P.

Η κωδικοποίηση των πλαισίων I βασίζεται στον μετασχηματισμό DCT κατά τετράγωνα 8×8 . Κάθε συντελεστής DCT κβαντίζεται, με στόχο την προσέγγισή του από έναν αριθμό που απαιτεί λιγότερο χώρο στην αποθήκευσή του. Οι συντελεστές υψηλών χωρικών συχνοτήτων κβαντίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό, γιατί η ανθρώπινη όραση είναι λιγότερο ευαίσθητη στις μεταβολές υψηλών χωρικών συχνοτήτων. Οι κβαντισμένοι συντελεστές κωδικοποιούνται σύμφωνα με έναν κώδικα Huffman.

Η κωδικοποίηση των πλαισίων P βασίζεται στον τετραγωνισμό του πλαισίου σε τετράγωνα 8×8 και στην εύρεση, για κάθε τετράγωνο, του διανύσματος κίνησης του προηγούμενου πλαισίου I ή P που προσεγγίζει καλύτερα το τετράγωνο. Η διαφορά μεταξύ του μετακινημένου προηγούμενου τετραγώνου και του κωδικοποιούμενου τετραγώνου κωδικοποιείται με τον ίδιο τρόπο που κωδικοποιούνται τα τετράγωνα του πλαισίου I.

Η κωδικοποίηση των πλαισίων B γίνεται σε δύο κατευθύνσεις, με παρόμοιο τρόπο με αυτήν των πλαισίων P.

Ένα πλαίσιο I ή P μπορεί, αν χρειάζεται, να μπει οπουδήποτε, παραβιάζοντας την ακολουθία πλαισίων του GOP. Επίσης, ένα τετράγωνο ενός πλαισίου P μπορεί, αν χρειάζεται, να κωδικοποιηθεί ως τετράγωνο τύπου I, και ομοίως ένα τετράγωνο ενός πλαισίου B μπορεί, αν χρειάζεται, να κωδικοποιηθεί ως τετράγωνο τύπου P ή I.

Ο ρυθμός κωδικοποίησης μπορεί να ελεγχθεί αυξομειώνοντας το συντελεστή κβαντισμού και επίσης παρεμβάλλοντας πλαίσια ή τετράγωνα I και P. Επίσης, είναι δυνατό ο ρυθμός κωδικοποίησης να αυξομειώνεται, ανάλογα με το επίπεδο δραστηριότητας της σκηνής.

2.1.2 Ανάλυση σκηνών χωρίς αντίστροφο μετασχηματισμό DCT

Η αποκωδικοποίηση ενός σήματος κωδικοποιημένου κατά MPEG-1 περιλαμβάνει:

1. αποσυμπίεση, δηλαδή αντίστροφη της κωδικοποίησης Huffman
2. αντίστροφο μετασχηματισμό DCT
3. εφαρμογή της κίνησης

Ο αντίστροφος μετασχηματισμός DCT απαιτεί τους περισσότερους υπολογισμούς. Παρουσιάζει ενδιαφέρον ένας αλγόριθμος που να δέχεται ως είσοδο το κωδικοποιημένο σήμα, επειδή αυτό επιταχύνει πολύ τους υπολογισμούς. Επιπλέον, το συμπιεσμένο σήμα είναι σήμερα πολύ πιο διαδεδομένο, και λόγω της ύπαρξης ενός ευρέως διαδεδομένου προτύπου κωδικοποίησης, και λόγω της σημαντικότητας οικονομίας υπολογιστικών πόρων που επιτυγχάνεται.

Στο [63] αναφέρεται μία μέθοδος ανάλυσης σκηνών από κινούμενη εικόνα κωδικοποιημένη κατά MPEG-1. Η μέθοδος λαμβάνει ως είσοδο τους συντελεστές dc κάθε πλαισίου. Οι συντελεστές dc υπολογίζονται κατευθεία από τα πλαίσια I, ενώ στα πλαίσια P & B υπολογίζονται προσεγγιστικά ως γραμμικός συνδυασμός ενός έως τεσσάρων συντελεστών του προηγούμενου πλαισίου. Το διάγραμμα κίνησης αντιστοιχίζει το κωδικοποιούμενο τετράγωνο με 1 έως 4 τετράγωνα με τη βοήθεια των διανυσμάτων κίνησης, και τα εμβαδά της τομής δίνουν τους συντελεστές του γραμμικού μετασχηματισμού.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι:

- αποφεύγεται το υπολογιστικό κόστος του αντίστροφου μετασχηματισμού DCT
- η χρήση των συντελεστών dc μόνο έχει ως αποτέλεσμα τη μερική εξομάλυνση της κίνησης, η οποία δυσκολεύει την ανάλυση σκηνής σε πλήρη πλαίσια
- ο όγκος των δεδομένων προς επεξεργασία είναι 64 φορές μικρότερος συγκρινόμενος με τον όγκο των πλήρων πλαισίων

Η μέθοδος λαμβάνει την απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές εικόνες dc και ανιχνεύει τις αλλαγές σκηνής ως αιχμές στο σήμα απόστασης. Στο [63] προτείνονται τα εξής δύο μέτρα απόστασης πλαισίων:

- Άθροισμα της απόλυτης διαφοράς των αντίστοιχων σημείων των πλαισίων dc. Αυτό το μέτρο απόστασης έχει το μειονέκτημα ότι ενδέχεται να ανιχνεύει ανύπαρκτες αλλαγές σκηνής λόγω ισχυρής κίνησης
- Απόλυτη διαφορά των ιστογραμμάτων. Αυτό το μέτρο έχει το μειονέκτημα ότι ενδέχεται να μην ανιχνεύει αλλαγές σκηνής όπου δύο διαδοχικές σκηνές έχουν παρόμοια ιστογράμματα.

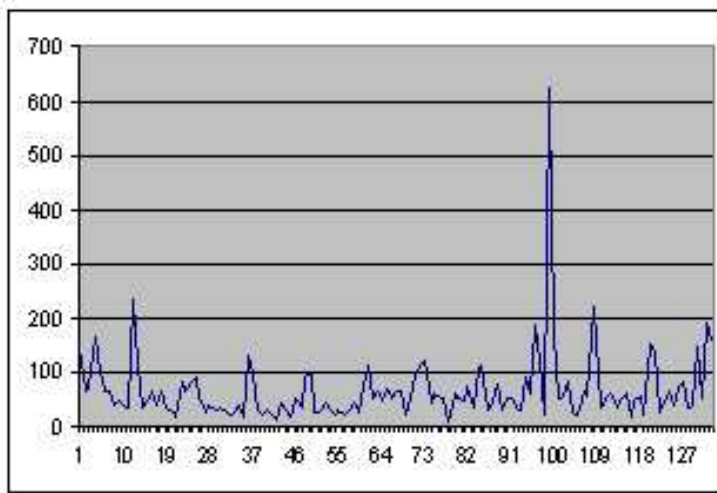
Κριτήριο για την ανίχνευση αιχμής είναι:

- η αιχμή να είναι η μέγιστη τιμή σε περιοχή ακτίνας m
- η αιχμή να είναι τουλάχιστον n φορές μεγαλύτερη από τη δεύτερη μεγαλύτερη τιμή αυτής

2.2 Βελτιωμένη ανάλυση σκηνών σε συμπιεσμένο βίντεο

Στην παρούσα ενότητα προτείνεται μία βελτίωση της μεθόδου που παρουσιάστηκε στην εν. 2.1

Στο σχ. 2.1 φαίνεται το σήμα της διαφοράς διαδοχικών πλαισίων, με αλλαγή σκηνής στα πλαίσια 12 και 102. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι:



Σχήμα 2.1: Απόσταση διαδοχικών πλαισίων και αλλαγή σκηνής

- το ύψος των αιχμών λόγω αλλαγής σκηνής ποικίλλει
- υπάρχουν μικρές αιχμές με περίοδο 3 πλαισίων, όσο και η περίοδος κωδικοποίησης των πλαισίων P.
- υπάρχουν κάπως μεγαλύτερες αιχμές με περίοδο 12 πλαισίων, όσο και η περίοδος κωδικοποίησης των πλαισίων I.
- το ύψος των ψευδοαιχμών είναι αρκετά σταθερό

Οι ψευδοαιχμές αυτές πρέπει να διακρίνονται από τις αιχμές λόγω αλλαγής σκηνής. Στην παρούσα ενότητα προτείνουμε η διάκριση να βασίζεται στο γεγονός ότι το ύψος των ψευδοαιχμών είναι σταθερό, και άρα μπορούν να διακριθούν με την εισαγωγή ενός επιπλέον απόλυτου κριτηρίου:

- η αιχμή να είναι μεγαλύτερη από $t = d \times M \times N$, όπου M, N οι διαστάσεις του πλαισίου

Το ύψος των ψευδοαιχμών εξαρτάται από τον αλγόριθμο κωδικοποίησης, καθώς και επίσης από το ρυθμό κωδικοποίησης. Επομένως, είναι απαραίτητο η τιμή του κατωφλίου d να εκτιμηθεί πειραματικά.

2.2.1 Μετρήσεις

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, όπως προσαρμόστηκε στην ενότητα 2.2 ώστε να αποφεύγει τις ψευδοαιχμές, εφαρμόστηκε η μέθοδος σε ένα απόσπασμα 20 λεπτών από δύο κινηματογραφικές ταινίες. Το απόσπασμα περιείχε 231 αλλαγές σκηνής. Μετρήθηκαν τα συνήθη δύο μέτρα αποτελεσματικότητας, η ανάκληση και η ακρίβεια. Η ανάκληση είναι το ποσοστό των αλλαγών σκηνής που ανιχνεύθηκαν, και η ακρίβεια είναι το ποσοστό των ανιχνευμένων αλλαγών σκηνής που είναι πραγματικές αλλαγές σκηνής. Τα δύο μέτρα παριστάνονται με τα συμπληρωματικά τους σφάλματα, λανθασμένη ανίχνευση και αποτυχημένη ανίχνευση σκηνής [3, 19, 10].

Σκοπός των μετρήσεων ήταν η μελέτη της επίδρασης των παρακάτω παραμέτρων στην επίδοση της μεθόδου:

Πίνακας 2.1: Απόλυτη διαφορά, SIF

| Ρυθμός μετάδοσης (kbps) | Λάθος (%) | Αποτυχία (%) |
|-------------------------|-----------|--------------|
| 600 | 1,7 | 0,9 |
| 900 | 1,7 | 0,9 |
| 1200 | 1,7 | 0,9 |
| 1500 | 1,3 | 0,9 |
| 1800 | 1,3 | 0,9 |

Πίνακας 2.2: Απόλυτη διαφορά, QSIF

| Ρυθμός μετάδοσης (kbps) | Λάθος (%) | Αποτυχία (%) |
|-------------------------|-----------|--------------|
| 150 | 2,6 | 1,7 |
| 225 | 2,6 | 1,7 |
| 300 | 2,6 | 1,7 |
| 375 | 2,6 | 1,7 |
| 450 | 2,6 | 1,7 |

- μέτρο απόστασης πλαισίων
- χρήση του σήματος χρωματικότητας, δηλαδή αν τα σφάλματα αυξάνονται ή μειώνονται αν στο σήμα διαφοράς συνυπολογιστεί η χρωματικότητα
- ανάλυση του σήματος, δηλαδή το αν ένα σήμα με μικρότερη ανάλυση μπορεί να αναλυθεί με υψηλότερα ή χαμηλότερα σφάλματα
- ρυθμός κωδικοποίησης του σήματος
- ύψος απόλυτου κατωφλίου

Σε όλες τις μετρήσεις εφαρμόστηκε κατώφλι $d = 0.03$ για ανάλυση SIF (352×288) και $d = 0.045$ για ανάλυση QSIF (176×144).

Στους πιν. 2.1,2.2 φαίνεται η αποτελεσματικότητα του μέτρου απόλυτης διαφοράς, σε ανάλυση SIF και QSIF αντίστοιχα για διάφορους ρυθμούς κωδικοποίησης.

Στους πιν. 2.3,2.4 φαίνονται οι αντίστοιχες μετρήσεις για το μέτρο της διαφοράς ιστογραμμάτων.

Στο σχ. 2.3 φαίνεται η αποτελεσματικότητα συναρτήσεως της ακτίνας m της περιοχής, όπου φαίνεται ότι ακτίνες της τάξης των 2-4 πλαισίων, που αντιστοιχούν σε χρονικά διαστήματα της τάξης των 50-150 ms, δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα, με αρκετά μεγάλη όμως ευαισθησία. Στο [63] αναφέρονται καλά αποτελέσματα για ακτίνες της τάξης των 10 πλαισίων.

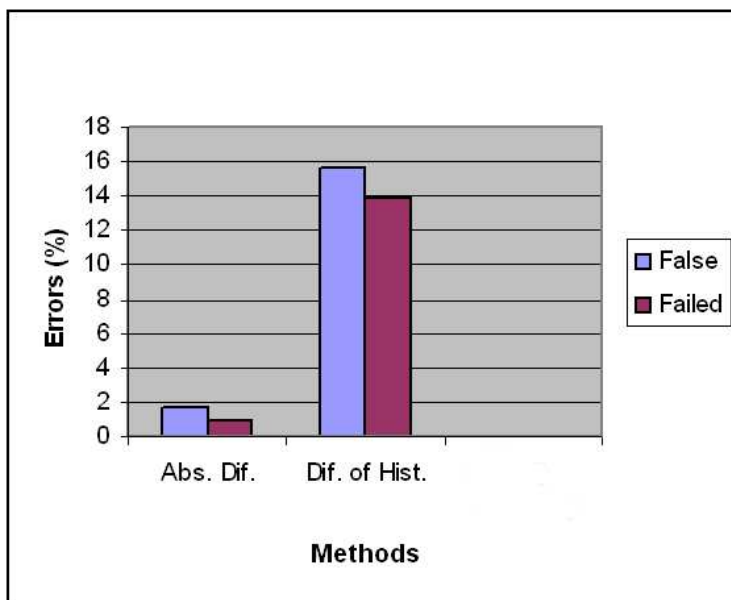
Στο σχ. 2.4 φαίνεται η αποτελεσματικότητα συναρτήσεως της τιμής του n . Παρατηρείται βέλτιστη αποτελεσματικότητα για $n = 1.5, 2$, σε συμφωνία με το [63].

Πίνακας 2.3: Διαφορά ιστογραμμάτων, SIF

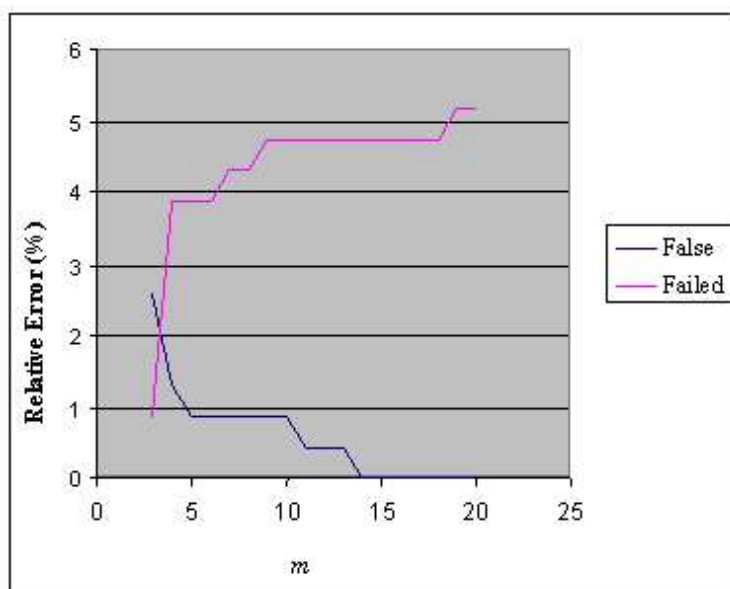
| Ρυθμός μετάδοσης (kbps) | Λάθος (%) | Αποτυχία (%) |
|-------------------------|-----------|--------------|
| 600 | 5,2 | 17 |
| 900 | 14 | 14 |
| 1200 | 16 | 14 |
| 1500 | 9,5 | 16 |
| 1800 | 7,4 | 16 |

Πίνακας 2.4: Διαφορά ιστογραμμάτων, QSIF

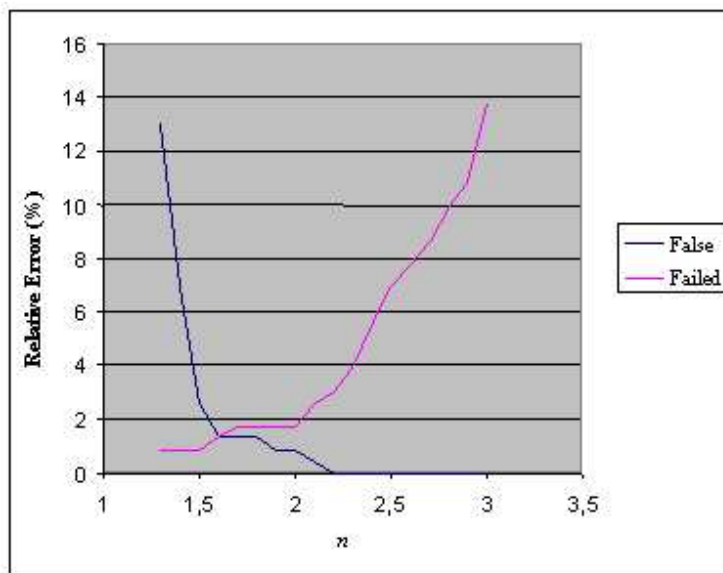
| Ρυθμός μετάδοσης (kbps) | Λάθος (%) | Αποτυχία (%) |
|-------------------------|-----------|--------------|
| 150 | 42 | 19 |
| 225 | 44 | 20 |
| 300 | 47 | 21 |
| 375 | 43 | 20 |
| 450 | 40 | 19 |



Σχήμα 2.2: Απόλυτη διαφορά και διαφορά ιστογραμμάτων



Σχήμα 2.3: Ακτίνα περιοχής



Σχήμα 2.4: Σχετικό ύψος αιχμής

Για τη μέτρηση της επίδρασης της χρωματικότητας, υπολογίστηκε το ολικό σήμα διαφοράς ως ένας γραμμικός συνδυασμός του σήματος της φωτεινότητας και του σήματος της χρωματικότητας, που υπολογίστηκε ως το άθροισμα των μέτρων απόστασης των επιμέρους χρωματικοτήτων:

$$s = (1 - c)l + c(r + b) \quad (2.1)$$

Στο σχ. 2.5 φαίνεται η αποτελεσματικότητα συναρτήσει του σχετικού βάρους c του σήματος χρωματικότητας. Φαίνεται ότι τιμές $c = 0,5 - 0,6$ δίνουν μια μικρή βελτίωση, σε σχέση με τη χρήση του σήματος φωτεινότητας μόνο.

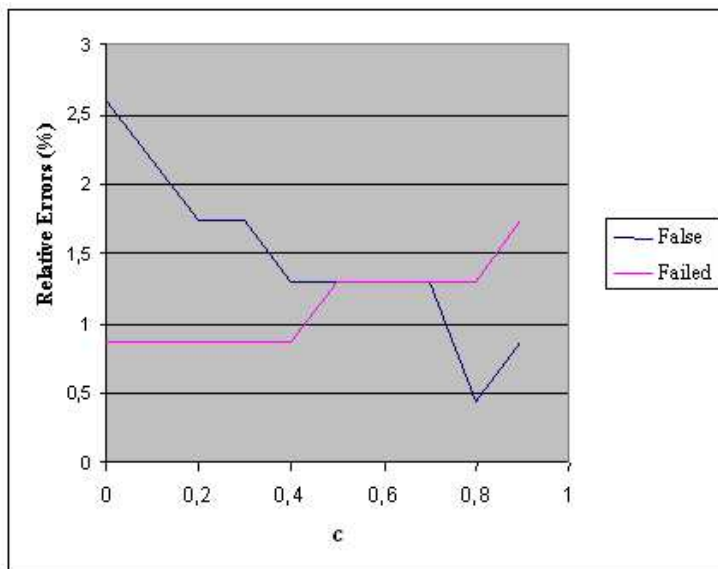
Τέλος, όσον αφορά την παράμετρο d , τιμές $d = 0.01 - 0.05$ δίνουν καλά αποτελέσματα.

2.2.2 Συμπεράσματα

Μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι το μέτρο της απόλυτης διαφοράς είναι κατά πολύ ανώτερο από το μέτρο της διαφοράς ιστογραμμάτων (βλ. σχ. 2.2). Αντίθετα, στο [63] αναφέρεται ότι το μέτρο της διαφοράς ιστογραμμάτων αποδίδει καλύτερα.

Είναι δυνατό αυτή η απόκλιση να οφείλεται στη φύση των σημάτων αναφοράς. Στο [63], τα σήματα αναφοράς προερχόντουσαν από δελτίο ειδήσεων, ενώ αντίθετα στα πειράματα που αναφέρθηκαν παραπάνω τα σήματα αναφοράς προερχόντουσαν από κινηματογραφικές ταινίες. Η διαφορά είναι ότι μία κινηματογραφική ταινία περιέχει συχνά σκηνές που κινηματογραφούνται στον ίδιο χώρο, π.χ. από διαφορετική κάμερα, ενώ ένα δελτίο ειδήσεων συνήθως περιλαμβάνει μόνο μία σκηνή ανά περιβάλλον. Στην πρώτη περίπτωση, συχνά δύο διαδοχικές σκηνές θα έχουν παρόμοιο ιστόγραμμα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση τα ιστογράμματα θα είναι συνήθως αρκούντως διαφορετικά.

Συμπεραίνουμε ακόμα ότι η αποτελεσματικότητα είναι αρκετά αδιάφορη στο ρυθμό μετάδοσης, στην περίπτωση της απόλυτης διαφοράς, ενώ είναι αρκετά ευαίσθητη στο ρυθμό μετάδοσης, στην περίπτωση της διαφοράς ιστογραμμάτων. Επίσης, ότι η χρήση της ανάλυσης QSIF υστερεί ελαφρά σε σύγκριση με αυτήν της ανάλυσης



Σχήμα 2.5: Σχετικό βάρος χρωματικότητας

SIF.

Επιγραμματικά, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα:

- Το μέτρο απόλυτης διαφοράς είναι αποτελεσματικότερο από το μέτρο διαφοράς ιστογραμμάτων
- Η αποτελεσματικότητα είναι σε μεγάλο βαθμό αδιάφορη στο ρυθμό μετάδοσης και την ανάλυση
- Η αποτελεσματικότητα βελτιώνεται όταν η χρωματικότητα λαμβάνεται υπόψη
- η εισαγωγή του απόλυτου κατωφλίου είναι σκόπιμη

Κεφάλαιο 3

Σύνθετα αντικείμενα

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, η ανάλυση ενός πολυμεσικού εγγράφου περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την απομόνωση αντικειμένων, δηλαδή περιοχών του σήματος και την περιγραφή τους, με την βοήθεια περιγραφέων. Με τη βοήθεια της περιγραφής είναι δυνατή η μετάδοση στην εννοιολογική περιγραφή, δηλαδή την περιγραφή των αντικειμένων με τη βοήθεια κατηγορημάτων μιας λογικής, σύμφωνα με μία βάση γνώσης.

Το προηγούμενο κεφάλαιο πραγματεύθηκε την ανάλυση σκηνών, που είναι το πρώτο στάδιο στην ανάλυση ενός βίντεο. Στη συνέχεια πρέπει, από μία σκηνή, να απομονωθούν και να αναγνωριστούν αντικείμενα. Αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου είναι η ομαδοποίηση των αντικειμένων, που έχουν περιγραφεί εννοιολογικά, σε σύνθετα αντικείμενα. Η σχέση ανάμεσα σε ένα σύνθετο αντικείμενο και τα μέρη του ονομάζεται **μερονομία**. Η αναγνώριση των σύνθετων αντικειμένων συχνά, αν και όχι πάντα, προϋποθέτει προηγουμένως την αναγνώριση των μερών τους, και επίσης ορισμένων σχέσεων ανάμεσα στα μέρη, που καλούνται **οριζόντιες** σχέσεις. Ο ορισμός των κλάσεων, στις οποίες πρέπει να ανήκουν τα μέρη μιας σύνθετης οντότητας, και επίσης των οριζόντιων σχέσεων, βρίσκεται στη βάση γνώσης.

Στο κεφάλαιο αυτό, δίνουμε πρώτα μία εισαγωγή στις περιγραφικές λογικές. Οι περιγραφικές λογικές, αποκρίσιμα υποσύνολα της κατηγορηματικής λογικής πρώτης τάξης, βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογίας για την περιγραφή της οντολογικής συνιστώσας του σημασιολογικού ιστού, επειδή προσφέρουν τυπική σημασιολογία και ορθές και πλήρεις συλλογιστικές εργασίες.

Στη συνέχεια κάνουμε μία αναδρομή στις διάφορες προσεγγίσεις που έχουν εμφανιστεί στην αντιμετώπιση της μερονομικής σχέσης.

Η συνέχεια του κεφαλαίου βασίζεται στην περιγραφή των προβλημάτων της μερονομίας με όρους μιας μερονομικής περιγραφικής λογικής που ονομάζεται συνθετική επέκταση [48, 38]. Το πλαίσιο της συνθετικής επέκτασης προσαρμόζεται σε μία σύγχρονη λογική περιγραφής, ξεπερνώντας ορισμένους από τους περιορισμούς της αρχικής προσέγγισης.

Τέλος, στο παρόν κεφάλαιο, αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της ανάλυσης της απόφασης για τη σύνθεση ή την απόρριψη μιας σύνθετης οντότητας υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

3.1 Εφαρμογές της μερονομικής σχέσης σε πολυμεσι- κά έγγραφα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε ορισμένες από τις περιπτώσεις, στις οποίες η περιγραφή και η αναγνώριση σύνθετων αντικειμένων μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των πολυμεσικών εγγράφων.

Μία κατηγορία αντικειμένων που πρέπει να περιγραφούν ως σύνθετα αντικείμενα είναι αυτά που περιλαμβάνουν απροσδιόριστο αριθμό μερών. Περιπτώσεις τέτοιων αντικειμένων είναι για παράδειγμα τα ράφια σε μία βιβλιοθήκη, μία συνάθροιση ανθρώπων, τα πλήκτρα σε μία μηχανή, οι βλεφαρίδες σε ένα μάτι και πολλά άλλα. Συχνά τα επιμέρους αντικείμενα δεν είναι δυνατό να περιγραφούν και να αναγνωριστούν απομονωμένα από το περιβάλλον τους επειδή δεν διαθέτουν αρκετά ευδιάκριτα χαρακτηριστικά, ενώ από την άλλη μεριά ούτε το σύνθετο αντικείμενο διαθέτει κάποιο χαρακτηριστικό που να το διακρίνει, ακριβώς επειδή τα μέρη του έχουν απροσδιόριστο αριθμό. Η σωστή προσέγγιση είναι να αναγνωριστούν οι σχέσεις ανάμεσα στα μέρη, δηλαδή η θέση, ο προσανατολισμός και το σχετικό τους μέγεθος, και επίσης η σχέση ανάμεσα στα μέρη και στο όλο.

Μια άλλη κατηγορία αντικειμένων είναι τα γεγονότα που μπορεί να συμβαίνουν σε μία σκηνή. Ένα παράδειγμα γεγονότος είναι η χειραψία δύο ανθρώπων. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αναγνωριστεί μία γεωμετρική σχέση, η επαφή των χεριών, ανάμεσα σε δύο ανθρώπους. Το ενδιαφέρον στην περίπτωση αυτή είναι ότι δεν μπορεί να αναγνωριστεί η χειραψία μόνο από την αναγνώριση των επιμέρους ανθρώπων, αλλά ούτε και μπορεί πρακτικά να περιγραφεί η χειραψία δύο ανθρώπων ως ένα μεγάλο αντικείμενο.

Επιπλέον, μετά την αναγνώριση της χειραψίας, είναι δυνατό να αναγνωριστούν τμήματα των ανθρώπων, τα χέρια, χωρίς να είναι αυτό δυνατό εξαιτίας των χαρακτηριστικών τους, αλλά μόνο λόγω του ρόλου τους (της θέσης τους) στο σύνθετο αντικείμενο. Γενικότερα, ένα αντικείμενο είναι δυνατό να αναγνωριστεί πρώτα ως μέρος σύνθετου αντικειμένου και στη συνέχεια να αναγνωριστεί η κλάση του από το ρόλο του στο σύνθετο αντικείμενο,

3.2 Περιγραφικές λογικές

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία εισαγωγή στις περιγραφικές λογικές [15, 44].

Οι *περιγραφικές λογικές* (*description logics*) εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1980 για δώσουν σημασιολογία σε γνωσιακά συστήματα που βασίζονται στα *σημασιολογικά δίκτυα* (*semantic networks*) και τα *πλαίσια* (*frames*). Αρχικά ονομάστηκαν *ορολογικά συστήματα* (*terminological systems*) και αργότερα τους δόθηκε το όνομα *γλώσσες εννοιών* (*concept languages*). Αρχικά χρησιμοποιήθηκε επίσης η ονομασία *γλώσσες τύπου KL-ONE*, από το πρώτο σχετικό σύστημα που υλοποιήθηκε. Η ονομασία περιγραφικές λογικές εμφανίστηκε στη δεκαετία του 1990.

Παρακάτω δίνονται οι κυριότερες έννοιες της θεωρίας.

3.2.1 Βάσεις γνώσης

Ένα *γνωσιακό σύστημα* (*knowledge – based system*) περιλαμβάνει μία βάση γνώσης, και επιτελεί *συλλογιστικές εργασίες* (*reasoning tasks*), απαντώντας σε ερωτήσεις

πάνω σε αυτήν. Μία **βάση γνώσης** αποτελείται από αξιώματα, που ορίζουν τι ισχυρισμοί (κατηγορήματα) είναι δυνατό να διατυπωθούν για **οντότητες (individuals)** ενός κόσμου και ποιες σχέσεις πρέπει να υπάρχουν μεταξύ τους. Τα μοναδιαία κατηγορήματα ονομάζονται **έννοιες (concepts)**, ενώ τα διμελή κατηγορήματα ονομάζονται **ρόλοι (roles)**. Επίσης, μία βάση γνώσης είναι δυνατό να ορίζει και έναν συγκεκριμένο κόσμο, ορίζοντας οντότητες, και περιλαμβάνοντας ισχυρισμούς, που δηλώνουν σε ποιες έννοιες και με ποιους ρόλους συμμετέχουν οι οντότητες.

Παράδειγμα 3.2.1 Ένα παράδειγμα μιας βάσης γνώσης, που αφορά μέλη μιας οικογένειας και τις συγγενικές τους σχέσεις δίνεται παρακάτω.

$$\text{Mother} \sqsubseteq \text{Female} \sqcap \text{Parent} \quad (3.1)$$

$$\text{Parent} \sqsubseteq \exists \text{hasChild} \quad (3.2)$$

$$\text{hasChild}(\text{Mary}, \text{Helen}) \quad (3.3)$$

$$\text{Female}(\text{Mary}) \quad (3.4)$$

Η παραπάνω βάση γνώσης ορίζει δύο έννοιες, την έννοια *Mother* και την έννοια *Parent*, με τη βοήθεια της έννοιας *Female* και του ρόλου *hasChild*. Επίσης ορίζει δύο οντότητες, τις *Mary* και *Helen*, και δίνει για αυτές δύο ισχυρισμούς. ■

3.2.2 Ερμηνεία βάσεων γνώσης

Η συνεισφορά των περιγραφικών λογικών είναι ότι έδωσαν στα γνωσιακά συστήματα μία **τυπική σημασιολογία (formal semantics)**, προκειμένου η σημασία της γνώσης να οριστεί με αυστηρότητα. Το είδος της σημασιολογίας των περιγραφικών λογικών οφείλεται στον Tarski και ονομάζεται **μοντελοθεωρητική ή συνολοθεωρητική σημασιολογία (model - theoretic or set-theoretic)**. Σε αυτήν, μία έννοια ερμηνεύεται ως ένα σύνολο από οντότητες, ενώ ένας ρόλος ερμηνεύεται ως μία διμελής σχέση ανάμεσα σε σύνολα οντοτήτων. Τυπικά, η **ερμηνεία (interpretation)** μιας βάσης γνώσης είναι ένα μη κενό σύνολο Δ^I (το **πεδίο** της ερμηνείας) και μία **συνάρτηση ερμηνείας** I που απεικονίζει κάθε οντότητα a σε ένα (αποκλειστικό) στοιχείο $a^I \in \Delta^I$ του πεδίου, κάθε έννοια A σε ένα σύνολο $A^I \subseteq \Delta^I$ και κάθε ρόλο R σε μία διμελή σχέση $R^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$. Όταν η ερμηνεία μιας οντότητας ανήκει στην ερμηνεία μιας έννοιας, ονομάζεται **στιγμιότυπο (instance)** αυτής.

Δύο παραδοχές, που γίνονται σε μία ερμηνεία μιας βάσης γνώσης ονομάζονται **παραδοχή των μοναδικών ονομάτων** και **παραδοχή του ανοιχτού κόσμου**. Η πρώτη παραδοχή εννοεί ότι δεν είναι δυνατό δύο ονόματα μιας βάσης γνώσης να αντιστοιχίζονται στο ίδιο μαθηματικό αντικείμενο, δηλαδή η συνάρτηση ερμηνείας είναι 1-1. Η δεύτερη παραδοχή εννοεί ότι αν ένας ισχυρισμός δεν είναι δυνατό να αποδειχτεί, δεν συνεπάγεται ότι ο ισχυρισμός δεν ισχύει. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι, ενώ πολλοί άνθρωποι θεωρούν απαραίτητη και φυσική την παραδοχή των μοναδικών ονομάτων, εκπλήσονται και θεωρούν ανεπιθύμητη την παραδοχή του ανοιχτού κόσμου, λόγω της αντίθετης παραδοχής, η οποία γίνεται στη γλώσσα Prolog.

Τα αξιώματα ενός συστήματος βασισμένο σε μία περιγραφική λογική χωρίζονται στο **σώμα όρων (T-box)** και το **σώμα ισχυρισμών (A-box)**. Μία ερμηνεία που ικανοποιεί τα αξιώματα ονομάζεται **μοντέλο (model)** της βάσης γνώσης.

Πίνακας 3.1: Κατασκευαστές εννοιών

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη | Συγκεκριμένη σύνταξη | Σημασιολογία | Σύμβολο |
|--|-----------------------------|---|--|----------------|
| Κορυφή | \top | TOP | Δ^I | \mathcal{AL} |
| Βάση | \perp | BOTTOM | \emptyset | \mathcal{AL} |
| Τομή | $C \sqcap D$ | (and C D) | $C^I \cap D^I$ | \mathcal{AL} |
| Ένωση | $C \sqcup D$ | (or C D) | $C^I \cup D^I$ | \mathcal{U} |
| Άρνηση | $\neg C$ | (not C) | $\Delta^I \setminus C^I$ | \mathcal{C} |
| Ποιοτ. πε- ριορισμός | $\forall R.C$ | (all R C) | $\{a \forall b.(a,b) \in R^I \rightarrow b \in C^I\}$ | \mathcal{AL} |
| Υπαρξιακός ποσοδεί- κτης | $\exists R.C$ | (some R C) | $\{a \exists b.(a,b) \in R^I \wedge b \in C^I\}$ | \mathcal{E} |
| Ποσοτικός περιορι- σμός | $\stackrel{\leq}{\geq} nR$ | (at least at most exactly n R) | $\{a \{b (a,b) \in R^I\} \stackrel{\leq}{\geq} n\}$ | \mathcal{N} |
| Ποιοτικο- ποσοτικός περιορι- σμός | $\stackrel{\leq}{\geq} nRC$ | (at least at most exactly n R C) | $\{a \{b (a,b) \in R^I \wedge b \in C^I\} \stackrel{\leq}{\geq} n\}$ | \mathcal{Q} |
| Ταύτιση | $u_1 \doteq u_2$ | (same-as u1 u2) | $\{a \forall b.(a,b) \in R^I \rightarrow (a,b) \in R^I\}$ | \mathcal{F} |
| Απεικόνιση τιμών ρό- λου | $R \subseteq S$ | (subset R S) | $\{a \exists b.u_i^I(a) = b = u_i^I(a)\}$ | $=$ |
| Ονομαστικό | $I_1 \sqcup I_2$ | (one-of I1 I2) | $ I_1^I = I_2^I = 1$ | \mathcal{O} |

3.2.3 Κατασκευαστές περιγραφικών λογικών

Σε ένα σώμα όρων, **σύνθετες (complex)** έννοιες (ρόλοι) κατασκευάζονται από **ατομικές (atomic)** έννοιες (ρόλους) μέσω **κατασκευαστών** εννοιών (ρόλων).

3.2.3.1 Κατασκευαστές εννοιών

Η σύνταξη και η σημασιολογία των κατασκευαστών εννοιών ορίζονται στον πίνακα 3.1.

Στον πίνακα, ορίζονται δύο είδη σύνταξης, η **αφηρημένη σύνταξη**, η οποία, χάρι στη συνοπτικότητά της εμφανίζεται συνήθως σε μαθηματικά κείμενα, και η **συγκεκριμένη σύνταξη** (Krss), η οποία είναι μία εφαρμογή της γλώσσας **LISP**. Η Krss παρέχει επίσης τη δυνατότητα ορισμού αξιωμάτων, που παρέχεται και από την αφηρημένη σύνταξη και συλλογιστικών εργασιών, που δεν παρέχεται από την αφηρημένη σύνταξη. Δύο άλλες γλώσσες που χρησιμοποιούνται στις λογικές περιγραφές είναι η **DIG**, η οποία έχει οριστεί με τη βοήθεια της **XML Schema**, και η **OWL**, η οποία έχει οριστεί με τη βοήθεια της **RDF Schema**. Και οι δύο παρέχουν τη δυνατότητα ορισμού αξιωμάτων, ενώ η DIG παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα ενός περιορισμένου αριθμού

Πίνακας 3.2: Κατασκευαστές ρόλων

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη | Συγκεκριμένη σύνταξη | Σημασιολογία | Σύμβολο |
|--|----------------------|--|--|----------|
| Καθολικός ρόλος | U | top | $\Delta^I \times \Delta^I$ | U |
| Τομή | $R \sqcap S$ | (and R S) | $R^I \cap S^I$ | \sqcap |
| Ένωση | $R \sqcup S$ | (or R S) | $R^I \cup S^I$ | \sqcup |
| Συμπλήρωμα | $\neg R$ | (not R) | $\Delta^I \times \Delta^I \setminus C^I$ | \neg |
| Αντίστροφος | R^- | (inverse R) | $\{(b, a) (a, b) \in R^I\}$ | -1 |
| Σύνθεση | $R \circ S$ | (compose R S) | $R^I \circ S^I$ | \circ |
| Μεταβατικό κλείσιμο | R^+ | (transitive- closure R) | $\bigcup_{n \geq 1} (R^I)^n$ | $+$ |
| Ανακλαστικό- μεταβατικό κλείσιμο | R^* | (transitive- reflexive- closure R) | $\bigcup_{n \geq 0} (R^I)^n$ | $*$ |
| Περιορισμός ρόλου | $R _C$ | (restrict R C) | $R^I \cap (\Delta^I \times R^I)$ | r |
| Ταυτοτικός ρόλος | $id(C)$ | (identity C) | $\{(d, d) d \in C^I\}$ | id |

συλλογιστικών εργασιών.

Στον πίνακα 3.1 δίνεται επίσης η σημασιολογία κάθε κατασκευαστή εννοιών. Όπως προαναφέρθηκε, η σημασιολογία βασίζεται στη συνάρτηση ερμηνείας.

Με τους κατασκευαστές **ένωσης**, **τομής** και **συμπληρώματος** εισάγονται οι συνήθειες εργασίες συνόλων:

$$A \sqsubseteq B \sqcap C \quad (3.5)$$

$$A \sqsubseteq B \sqcup C \quad (3.6)$$

$$A \sqsubseteq \neg B \quad (3.7)$$

Οι πρωταρχικές έννοιες **κορυφή** (\top) και **βάση** (\perp) ερμηνεύονται με το καθολικό και το κενό σύνολο αντίστοιχα. Η χρήση τους είναι για να δηλώσουν ότι κάτι συμβαίνει πάντοτε ή ότι κάτι είναι αδύνατο. Συχνά αυτό γίνεται για να οριστούν σύνολα αφετηρίας και αφίξεως για ρόλους:

Ένα **σύνολο αφετηρίας** ορίζεται για ένα ρόλο R ως εξής:

$$\exists R. \top \sqsubseteq A \quad (3.8)$$

Ένα **σύνολο αφίξεως** ορίζεται για ένα ρόλο R ως εξής:

$$\top \sqsubseteq \forall R. A \quad (3.9)$$

Μία άλλη χρήση της έννοιας βάση είναι για να δηλώσει ότι δύο έννοιες είναι **ξένες** μεταξύ τους:

$$A \sqcap B \sqsubseteq \perp \quad (3.10)$$

Οι **ποσοδείκτες**, **υπαρξιακός** (\exists) και **καθολικός** (\forall) ερμηνεύονται όπως στον κατηγορηματικό λογισμό πρώτης τάξης. Για παράδειγμα, ο υπαρξιακός ποσοδείκτης

Πίνακας 3.3: Ορολογικά και ισχυρισμικά αξιώματα

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη | Συγκεκριμένη σύνταξη | Σημασιολογία |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---|
| Ατομικές έννοιες | $C = \{A, B\}$ | atomic-concepts (A, B) | $C^I = \{A^I, B^I\} \subseteq 2^{\Delta^I}$ |
| Ατομικοί ρόλοι | $\mathcal{R} = \{R, S\}$ | atomic-roles (R, S) | $\mathcal{R}^I = \{R^I, S^I\} \subseteq 2^{\Delta^I \times \Delta^I}$ |
| Οντότητες | $\Delta = \{a, b\}$ | individuals (a, b) | $\Delta^I = \{a^I, b^I\}$ |
| Εισαγωγή πρωταρχικής έννοιας | $A \sqsubseteq C$ | (define-primitive-concept A C) | $A^I \subseteq C^I$ |
| Γενική συμπερίληψη έννοιας | $C \sqsubseteq D$ | (implies C D) | $C^I \subseteq D^I$ |
| Εισαγωγή πρωταρχικού ρόλου | $R \sqsubseteq S$ | (define-primitive-role R S) | $R^I \subseteq S^I$ |
| Ισότητα εννοιών | $C \equiv D$ | (define-concept A C) | $A^I = C^I$ |
| Ισότητα ρόλων | $R \equiv S$ | (define-role A C) | $R^I = S^I$ |
| Ισχυρισμός έννοιας | $C(a)$ | (instance a C) | $a^I \in C^I$ |
| Ισχυρισμός ρόλου | $R(a, b)$ | (related a b R) | $(a^I, b^I) \in R^I$ |

Πίνακας 3.4: Συλλογιστικές εργασίες

| Όνομα | Σύνταξη | Σημασιολογία |
|---------------------------|-----------------------------|---|
| Υπαγωγή εννοιών | (concept-subsumes? C D) | $C \sqsubseteq D?$ |
| Ικανοποιησιμότητα έννοιας | (concept-satisfiable? C) | $C \sqsubseteq \perp?$ |
| Υπαγωγή ρόλων | (role-subsumes? R S) | $R \sqsubseteq S?$ |
| Εξακρίβωση στιγμιοτύπου | (individual-instance? a C) | $a^I \in C^I?$ |
| Εξακρίβωση συσχέτισης | (individual-related? a b R) | $(a^I, b^I) \in R^I?$ |
| Απόγονοι έννοιας | (concept-descendants C) | $\{A \in C A \sqsubseteq C\}$ |
| Παιδιά έννοιας | (concept-offspring C) | $\{A \in C A \sqsubseteq C\} \wedge \nexists B \in C. (A \sqsubseteq B \wedge B \sqsubseteq C)$ |
| Πρόγονοι έννοιας | (concept-ancestors C) | $\{A \in C C \sqsubseteq A\}$ |
| Γονείς έννοιας | (concept-parents C) | $\{A \in C C \sqsubseteq A\} \wedge \nexists B \in C. (C \sqsubseteq B \wedge B \sqsubseteq A)$ |
| Ανάκτηση έννοιας | (concept-instances C) | $\{a \in \Delta a^I \in C^I\}$ |
| Απόγονοι ρόλου | (role-descendants R) | $\{S \in \mathcal{R} S \sqsubseteq R\}$ |
| Παιδιά ρόλου | (role-offspring R) | $\{S \in \mathcal{R} S \sqsubseteq R\} \wedge \nexists P \in \mathcal{R}. (S \sqsubseteq P \wedge P \sqsubseteq R)$ |
| Πρόγονοι ρόλου | (role-ancestors R) | $\{S \in \mathcal{R} R \sqsubseteq S\}$ |
| Γονείς ρόλου | (role-parents R) | $\{S \in \mathcal{R} R \sqsubseteq S\} \wedge \nexists P \in \mathcal{R}. (R \sqsubseteq P \wedge P \sqsubseteq S)$ |
| Πραγμάτωση οντότητας | (individual-types a) | $\{A \in C a^I \in A^I \wedge \nexists B \in C. (a^I \in B^I \wedge B \sqsubseteq A)\}$ |
| Συσχετιζόμενες οντότητες | (individual-fillers a R) | $\{b \in \Delta (a^I, b^I) \in R^I\}$ |

$\exists R.C$, η ερμηνεία ($\exists R.C$) του οποίου είναι $\{a | \exists b.(a, b) \in R^I \wedge b \in C^I\}$, ερμηνεύεται ως το σύνολο των αντικειμένων $a \in \Delta^I$, για τα οποία υπάρχει $\in \Delta^I$, τέτοιο ώστε τα (a, b) να συνδέονται με το ρόλο R και επιπλέον το b να είναι στιγμιότυπο της έννοιας C .

Ακόμα πιο εκφραστικοί είναι οι **ποσοτικοί** και οι **ποιοτικοποσοτικοί** περιορισμοί:

$$A \sqsubseteq \geq 4R \quad (3.11)$$

$$A \sqsubseteq = 2R.B \quad (3.12)$$

Η ερμηνεία της εξ. 3.11 είναι το σύνολο των αντικειμένων που έχουν τουλάχιστον $4R$. Η ερμηνεία της εξ. 3.12 είναι το σύνολο των αντικειμένων που έχουν ακριβώς $2R$ τύπου B .

Επίσης, όπως στον κατηγορηματικό λογισμό πρώτης τάξης, ισχύει ο νόμος της **αντιθετοαντιστροφής**. Για παράδειγμα, το σύνολο αφετηρίας ενός ρόλου μπορεί, ισοδύναμα, να οριστεί ως:

$$\neg A \sqsubseteq \forall R.\perp \quad (3.13)$$

όπου η σειρά των παραστάσεων αντιστράφηκε, κάθε έννοια αντικαταστάθηκε με το συμπλήρωμά της και οι ποσοδείκτες αντικαταστάθηκαν με τους συμπληρωματικούς τους.

Στον πίνακα 3.1, δίνεται επίσης το σύμβολο της περιγραφικής λογικής που συμπεριλαμβάνει τον κατασκευαστή. Για παράδειγμα, η περιγραφική λογική που συμπεριλαμβάνει τον υπαρξιακό ποσοδείκτη συμβολίζεται με το γράμμα \mathcal{E} .

3.2.3.2 Κατασκευαστές ρόλων

Παρομοίως με τις έννοιες, σύνθετοι ρόλοι κατασκευάζονται από ατομικούς ρόλους μέσω κατασκευαστών ρόλων, των οποίων η σύνταξη και η σημασιολογία ορίζονται στον πίνακα 3.2. Μπορεί να οριστεί η **τομή**, η **ένωση** και το **συμπλήρωμα** ρόλων, όπως και στις έννοιες:

$$R_1 \sqsubseteq R_2 \sqcap R_3 \quad (3.14)$$

$$R_1 \sqsubseteq R_2 \sqcup R_3 \quad (3.15)$$

$$R_1 \sqsubseteq \neg R_2 \quad (3.16)$$

Ο κατασκευαστής **αντιστροφής** (\neg) αντιστρέφει ένα ρόλο:

$$R_1 \sqsubseteq R_2^- \quad (3.17)$$

Η **σύνθεση** είναι επίσης ένας ισχυρότατος κατασκευαστής ρόλων:

$$R_1 \sqsubseteq R_2 \circ R_3 \quad (3.18)$$

Τέλος, ένας κατασκευαστής ρόλων είναι το **μεταβατικό** και το **ανακλαστικομεταβατικό** κλείσιμο:

$$R_1 \sqsubseteq R_2^+ \quad (3.19)$$

$$R_1 \sqsubseteq R_2^* \quad (3.20)$$

όπου το R_2^+ συμβολίζει το μεταβατικό κλείσιμο του ρόλου R_2 και το R_2^* συμβολίζει το ανακλαστικό - μεταβατικό κλείσιμο του ρόλου R_2 .

3.2.4 Σώμα όρων

Ένα σώμα όρων αποτελείται από ένα ή περισσότερα **ορολογικά αξιώματα (terminological axioms)**. Ένα ορολογικό αξίωμα είναι μία δήλωση ότι δύο ατομικές ή σύνθετες έννοιες (ρόλοι) βρίσκονται μεταξύ τους σε σχέση **συμπερίληψης (inclusion)** ή σε σχέση **ισότητας (equality)**. Στην πρώτη περίπτωση, μία έννοια **υπάγεται (is subsumed)** αξιωματικά σε μία άλλη έννοια, δηλ. η ερμηνεία μιας έννοιας (ρόλου) είναι υποσύνολο της ερμηνείας μιας άλλης έννοιας (ρόλου), ενώ στη δεύτερη περίπτωση, οι έννοιες (ρόλοι) υπάγονται η μία (ένας) στην άλλη (άλλο). Η σύνταξη και η σημασιολογία των ορολογικών αξιωμάτων ορίζονται στον πίνακα 3.3.

Για παράδειγμα, το ορολογικό αξίωμα $C \sqsubseteq D$, που ερμηνεύεται ως $C^I \subseteq D^I$, ερμηνεύεται ότι η ερμηνεία της έννοιας C είναι αξιωματικά υποσύνολο της ερμηνείας της έννοιας D .

Ένα ορολογικό αξίωμα που η αριστερή του πλευρά είναι ατομική έννοια (ρόλος) ονομάζεται **ορισμός (definition)** αυτής (αυτού), ενώ στην αντίθετη περίπτωση ονομάζεται **γενικευμένο (generalized)**. Μία **ορολογία (terminology)** είναι ένα σώμα όρων που δεν περιέχει γενικευμένα ορολογικά αξιώματα, και που δεν περιέχει κυκλικούς ορισμούς. Μία έννοια (ρόλος) που δεν ορίζεται ονομάζεται **πρωταρχική (πρωταρχικός) (primitive)**.

3.2.5 Σώμα ισχυρισμών

Ένα σώμα ισχυρισμών αποτελείται από **ισχυρισμούς (assertions)**, ή **ισχυρισμικά αξιώματα (assertional axioms)**, δηλαδή δηλώσεις ότι μία οντότητα ανήκει σε μία έννοια, ή ότι ένα ζεύγος οντοτήτων σχετίζονται με ένα ρόλο.

3.2.6 Συλλογιστικές εργασίες για γνωσιακά συστήματα με περιγραφική λογική

Μία σχέση **συμπεραίνεται (is entailed)** από μία βάση γνώσης αν ισχύει για κάθε μοντέλο αυτής. Αν η σχέση A συμπεραίνεται από τη βάση γνώσης \mathcal{T} , αυτό συμβολίζεται $\mathcal{T} \models A$.

Ένα γνωσιακό σύστημα που βασίζεται σε μία περιγραφική λογική μπορεί, από τη βάση γνώσης να εξάγει σχέσεις, που δεν περιέχονται στα αξιώματα. Οι συλλογιστικές εργασίες που επιτελεί μία τυπική βάση γνώσης και η σημασιολογία τους αναφέρονται στον πίνακα 3.4.

Η βασική εργασία είναι η **κατάταξη (classification)** μιας έννοιας, δηλαδή η εύρεση των πιο ειδικών υπαγουσών και των πιο γενικών υπαγόμενων εννοιών αυτής. Η κατάταξη όλων των εννοιών παράγει την **ταξινομία (taxonomy)**, η οποία είναι μία σχέση πλέγματος (lattice) ανάμεσα στις έννοιες.

Μία πολύ βασική συλλογιστική εργασία είναι η **υπαγωγή (inference)** εννοιών και ρόλων, όπου ελέγχεται αν μπορεί να αποδειχτεί ότι μία έννοια υπάγεται σε μία άλλη, και ένας ρόλος υπάγεται σε έναν άλλον. Η **ικανοποιησιμότητα**, που είναι μία ειδική περίπτωση υπαγωγής, ελέγχει αν μία έννοια υπάγεται στην έννοια βάση.

Μία άλλη συλλογιστική εργασία είναι η **εξακρίδωση στιγμιότυπου**, όπου ελέγχεται αν μία οντότητα είναι στιγμιότυπο μιας ατομικής έννοιας, και η **εξακρίδωση συσχέτισης**, όπου ελέγχεται αν δύο οντότητες συσχετίζονται μέσω ενός ρόλου.

Μία ακόμα εργασία είναι η **απαρίθμηση των απογόνων** μιας έννοιας (ρόλου), όπου επιστρέφονται όλες οι ατομικές έννοιες που υπάγονται σε μία έννοια (ρόλο), και των **προγόνων**, όπου επιστρέφονται όλες οι ατομικές έννοιες (ρόλοι) που υπάγουν μία έννοια (ρόλο).

Επίσης, μία εργασία είναι η **ανάκτηση έννοιας**, όπου επιστρέφονται όλες οι οντότητες που είναι στιγμιότυπα μιας έννοιας και η **πραγμάτωση οντότητας**, όπου επιστρέφονται όλες οι ατομικές έννοιες, στιγμιότυπο των οποίων είναι μία οντότητα.

Τέλος, μία εργασία είναι οι **συσχετιζόμενες οντότητες** μιας οντότητας, όπου επιστρέφονται όλες οι οντότητες που συσχετίζονται με μία οντότητα μέσω ενός ρόλου.

Αν η σχέση A εξάγεται από μία βάση γνώσης \mathcal{T} , συμβολίζεται $\mathcal{T} \vdash A$. Ένας αλγόριθμος που επιτελεί μία συλλογιστική εργασία ονομάζεται **ορθός (sound)** αν $\mathcal{T} \vdash A \implies \mathcal{T} \models A$ και **πλήρης (complete)** αν $\mathcal{T} \models A \implies \mathcal{T} \vdash A$.

3.2.7 Ονοματολογία για Περιγραφικές Λογικές

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα της θεωρίας των περιγραφικών λογικών είναι ότι όταν μία γλώσσα εμπλουτίζεται με περισσότερους κατασκευαστές, οι συλλογιστικές εργασίες αποκτούν υψηλότερη πολυπλοκότητα, συχνά μέχρι το σημείο της μη αποκρισιμότητας. Διάφορες γλώσσες έχουν μελετηθεί, από τη σκοπιά της υπολογιστικής πολυπλοκότητας των συλλογισμών, και διακρίνονται από τους κατασκευαστές που περιλαμβάνουν για έννοιες και ρόλους. Στους πίνακες 3.1 και 3.2 αναφέρονται τα σύμβολα της ονοματολογίας των γλωσσών που περιλαμβάνουν κάθε κατασκευαστή. Έχει επικρατήσει το σύμβολο της γλώσσας που αντιστοιχεί σε κατασκευαστές εννοιών να παριστάνεται με καλλιγραφικά γράμματα, τα σύμβολα των κατασκευαστών ρόλων να παριστάνονται στο τέλος με εκθέτες, και οι ιδιότητες των ρόλων, π.χ. μεταβατικότητα να παριστάνονται με δείκτες. Για παράδειγμα, η περιγραφική λογική που περιλαμβάνει τομή (\mathcal{AL}), συμπλήρωμα (\mathcal{C}), ποιοτικοποσοτικούς περιορισμούς (\mathcal{Q}), αντίστροφους ρόλους (-1) και μεταβατικό κλείσιμο (\mathcal{R}^+) ονομάζεται $\mathcal{ALCQ}_{\mathcal{R}^+}^{-1}$.

Συναντώνται επίσης σύμβολα για αντίστροφους ρόλους (\mathcal{I}), συμπερίληψη ρόλων (\mathcal{H}), τομή ρόλων (\mathcal{R}), n -αδικές σχέσεις (\mathcal{D} , βλ. πίνακα 3.5), σταθερά σημεία (μ , βλ. πίνακα 3.6), συγκεκριμένα πεδία (\mathcal{D}), βλ. ενότητα 3.2.8) καθώς επίσης η συντομογραφία (\mathcal{S}) αντί για $\mathcal{ALC}_{\mathcal{R}^+}$.

3.2.8 Συγκεκριμένα πεδία

Ένα **συγκεκριμένο πεδίο (concrete domain)** είναι ένα σύνολο εφοδιασμένο με σχέσεις, πάνω στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί συλλογιστική άσχετη με αυτήν μιας περιγραφικής λογικής. Μία περιγραφική λογική εφοδιασμένη με ένα συγκεκριμένο πεδίο μπορεί να έχει ρόλους που να συσχετίζουν το πεδίο της ερμηνείας (αφηρημένο πεδίο) με το συγκεκριμένο πεδίο. Επίσης, η τυπική του σημασιολογία παραμένει κοντά στη συνήθη για περιγραφικές λογικές.

Τυπικά, ένα συγκεκριμένο πεδίο \mathcal{D} αποτελείται από ένα σύνολο $\Delta^{\mathcal{D}}$, το πεδίο του \mathcal{D} και από ένα σύνολο $pred(\mathcal{D})$, τα ονόματα κατηγορημάτων του \mathcal{D} . Σε κάθε όνομα κατηγορήματος $P \in pred(\mathcal{D})$ αντιστοιχεί μία πολλαπλότητα n , και ένα n -μελές κατηγορημα $P^{\mathcal{D}} \subseteq (\Delta^{\mathcal{D}})^n$. Βλ. επίσης 3.7.

Πίνακας 3.5: Κατασκευαστές για n -αδικές σχέσεις

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη, Σημασιολογία |
|------------------------|---|
| Διατ. άδες | n - $\top_n^I \subseteq (\Delta^I)^n$ |
| Ατομική σχέση | $\mathbf{P}^I \subseteq \top_n^I$ |
| Άρνηση σχέσης | $(\neg \mathbf{R})^I = \top_n^I \setminus \mathbf{R}^I$ |
| Επιλογή | $(i/n : C)^I = \{(d_1, \dots, d_n) \in \top_n^I \mid d_i \in C^I\}$ |
| Πεδίο | $\top_1^I = (\Delta^I)$ |
| Υπαρξιακός ποσοδείκτης | $(\exists [i] \mathbf{R})^I = \{d \mid \exists (d_1, \dots, d_n) \in \mathbf{R}^I . d_i = d\}$ |
| Ποσοτικός περιορισμός | $(\leq k [i] \mathbf{R})^I = \{d \mid \exists (d_1, \dots, d_n) \in \mathbf{R}^I . d_i = d \mid \leq k\}$ |

Πίνακας 3.6: Κατασκευαστές για σταθερά σημεία

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη, Σημασιολογία |
|-------------------------|---|
| Αποτίμηση μεταβλητής | $X_\rho^I = \rho(X) \subseteq \Delta^I$ |
| Ελάχιστο σταθερό σημείο | $(\mu X . C)_\rho^I = \bigcap \{ \mathcal{E} \subseteq \Delta^I \mid C_{X/\mathcal{E}}^I \subseteq \mathcal{E} \}$ |
| Μέγιστο σταθερό σημείο | $(\nu X . C)_\rho^I = (\neg \mu X . \neg C[X/\neg X])_\rho^I = \bigcup \{ \mathcal{E} \supseteq \Delta^I \mid C_{X/\mathcal{E}}^I \subseteq \mathcal{E} \}$ |
| Καλά σχηματισμένο | $(wf(R))_\rho^I = (\mu X . (\forall R . X))_\rho^I$ |

Πίνακας 3.7: Συγκεκριμένα πεδία

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη, Σημασιολογία |
|--------------------------------------|---|
| Υπαρξιακός περιορισμός κατηγορήματος | $(\exists (u_1, \dots, u_n) . P)^I = \{x \in \Delta^I \mid \exists r_1, \dots, r_n \in \Delta^D . u_1^I(x) = r_1, \dots, u_n^I(x) = r_n \wedge (r_1, \dots, r_n) \in P^D\}$ |

Έστω k όχι απαραίτητα διακριτά ονόματα κατηγορημάτων $P_i \in \text{pred}(\mathcal{D})$. Η παράσταση $\bigwedge_i P_i(\mathbf{x}_i)$, ονομάζεται **ικανοποιήσιμη (satisfiable)** αν υπάρχουν διανύσματα \mathbf{x}_i , τέτοια ώστε να είναι αληθής.

Ένα συγκεκριμένο πεδίο ονομάζεται **επιτρεπτό (admissible)** ανν

1. το σύνολο των ονομάτων κατηγορημάτων είναι κλειστό υπό την άρνηση και περιέχει ένα όνομα $\top_{\mathcal{D}}$ για το $\Delta^{\mathcal{D}}$, και
2. το πρόβλημα της ικανοποιησιμότητας του \mathcal{D} είναι αποκρίσιμο.

Η σημασιολογία αποτελείται από το πεδίο Δ^I και τη συνάρτηση ερμηνείας I . Το αφηρημένο και το συγκεκριμένο πεδίο είναι ξένα μεταξύ τους. Οι συναρτησιακοί ρόλοι ερμηνεύονται ως μερικές συναρτήσεις από το Δ^I στο $\Delta^I \cup \Delta^{\mathcal{D}}$. Αν $u = f_1 \circ \dots \circ f_n$ είναι μια αλυσίδα συναρτησιακών ρόλων, τότε $u^I = f_1^I \circ \dots \circ f_n^I$. Βλ. επίσης πίνακα 3.7.

3.2.9 Αναπαράσταση της αβεβαιότητας

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται επεκτάσεις της θεωρίας των περιγραφικών λογικών, οι οποίες τους δίνουν τη δυνατότητα να αναπαριστούν αδέδαιη γνώση, συγκεκριμένα πιθανότητα, δυνατότητα και ασάφεια.

3.2.9.1 Πιθανοτικές περιγραφικές λογικές

Στο [35] προτείνεται μία επέκταση της περιγραφικής λογικής \mathcal{ALC} με πιθανοτικά ορολογικά αξιώματα της μορφής $P(C|D) = p, p \in (0, 1)$, που ερμηνεύεται στατιστικά, ως $\frac{|(C \cap D)^I|}{|D^I|}$. Υποστηρίζει ακόμα ισχυρισμούς της μορφής $P(C(a)) = p, p \in [0, 1]$. Η σημασιολογία στην περίπτωση αυτή δεν είναι στατιστική αλλά υποκειμενική, δηλ. εκφράζει το βαθμό πίστης ότι μία οντότητα ανήκει σε μία έννοια. Για να συνδυαστούν οι δύο πιθανοτικές γνώσεις (και να γίνουν συλλογισμοί) εφαρμόζεται ελαχιστοποίηση της εντροπίας (cross-entropy minimization).

Στο [28] επεκτείνεται η εκφραστική γλώσσα $\mathcal{SHOQ}(D)$, που αντιστοιχεί στη γλώσσα OIL χωρίς αντίστροφους ρόλους. Υποστηρίζει πιθανοτικά ορολογικά και ισχυρισμικά αξιώματα (και για ρόλους), της μορφής $(D|C)[l, u]$. Η σημασιολογία του βασίζεται στο πιθανοτικό λεξικογραφικό συμπέρασμα (probabilistic lexicographical entailment). Η σημασιολογία αυτή, που ανήκει στις πιθανοτικές λογικές με εξαιρέσεις (probabilistic default logics [43]) επιτρέπει τον ορισμό εξαιρέσεων, δηλ. χαρακτηριστικών που παρακάμπτουν χαρακτηριστικά ανώτερης ταξινόμιας. Δεν απαιτείται ξεχωριστή σημασιολογία για τους δύο τύπους αξιωμάτων.

3.2.9.2 Περιγραφικές λογικές για τη λογική της θεωρίας δυνατοτήτων

Στο [32] αναφέρεται μία περιγραφική λογική, που χρησιμοποιεί τη λογική της θεωρίας δυνατοτήτων [40] για να αναπαραστήσει αδέδαια αξιώματα. Η σημασιολογία βασίζεται σε ασαφή σύνολα μοντέλων. Κάθε αξίωμα περιέχει ένα βαθμό δυνατότητας ή αναγκαιότητας, και δείχνεται ότι για τη περιγραφική λογική \mathcal{ALCN} το πρόβλημα της υπαγωγής και του ελέγχου στιγμιοτύπου είναι επιλύσιμο.

Στο [42] αναφέρεται μία περιγραφική λογική, με εφαρμογή στην ασαφή ανάκτηση πληροφορίας, που χρησιμοποιεί μία σχέση συμβατότητας (ανακλαστική και συμμετρική) για να ορίσει ασαφείς έννοιες ως το σύνολο των οντοτήτων που μοιάζουν με μία έννοια.

3.2.9.3 Ασαφείς περιγραφικές λογικές

Σε μία ασαφή περιγραφική λογική, οι έννοιες ερμηνεύονται ως ασαφή υποσύνολα του πεδίου της ερμηνείας, με συναρτήσεις συμμετοχής της μορφής $A^I : \Delta^I \rightarrow [0, 1]$ και οι ρόλοι ερμηνεύονται ως ασαφείς διμελείς σχέσεις στο πεδίο της ερμηνείας, με συναρτήσεις συμμετοχής της μορφής $R^I : \Delta^I \times \Delta^I \rightarrow [0, 1]$. Οι ασαφείς λογικές παρέχουν πολλές επιλογές για τους ποσοδείκτες και τις λογικές πράξεις, αλλά η συνήθης επιλογή είναι \min για την τομή, \max για την ένωση, $\lambda x.(1 - x)$ για την άρνηση, \inf για τον καθολικό ποσοδείκτη και \sup για τον υπαρξιακό ποσοδείκτη.

Στο [54], η γλώσσα \mathcal{ALC} ερμηνεύεται όπως παραπάνω, και επιτρέπονται ισχυρισμοί της μορφής $\langle \alpha \lesseqgtr n \rangle$ και επίσης ορολογικά αξιώματα της μορφής $\langle A \sqsubseteq C \geq n \rangle$, όπου το $A \sqsubseteq C$ ερμηνεύεται ως $\min_{d \in \Delta^I} \{ \max(1 - A^I(d), C^I(d)) \}$. Αντίθετα στο [55] δεν υπάρχει ασαφής υπαγωγή, και η υπαγωγή, $A \prec C$, ερμηνεύεται ως υποσύνολο ασαφών συνόλων.

Στο [57] ορίζεται ένας βαθμός υπαγωγής ανάμεσα σε έννοιες, αλλά η δικαιολόγησή του είναι αμφιλεγόμενη [56].

3.3 Μερονομία

Η σχέση που έχει το όλο με το μέρος (που ορισμένες φορές καλείται **μερονομία (partonomy)**) έχει αρχίσει την τελευταία δεκαετία να αποκτά ιδιαίτερη σημασία [14]. Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται μία ανασκόπηση των διαφόρων προσεγγίσεων που έχουν εμφανιστεί.

Πολλά γνωσιακά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων αυτών που βασίζονται σε περιγραφικές λογικές, αντιμετωπίζουν τη μερονομική σχέση όμοια με τις άλλες σχέσεις. Η μερονομική σχέση όμως παρουσιάζει πολλά ειδικά χαρακτηριστικά, που επιβάλλουν την αντιμετώπισή τους ως ξεχωριστή περίπτωση, ακριβώς όπως η σχέση υπαγωγής, και η σχέση στιγμιοτύπου αντιμετωπίζονται ξεχωριστά από τις υπόλοιπες σχέσεις σε πολλά γνωσιακά συστήματα.

Ορισμένα ιδιάζοντα χαρακτηριστικά, που ξεχωρίζουν τις μερονομικές σχέσεις από άλλες οντολογικές σχέσεις είναι:

Σύνθεση οντοτήτων: με αυτόν τον όρο εννοούμε μία ιδιαίτερη συλλογιστική εργασία, παρόμοια με την εξακρίδωση στιγμιοτύπου. Αφού αναγνωρισθεί ότι ορισμένες οντότητες μπορούν να είναι μέρη μιας σύνθετης οντότητας, πρέπει να δημιουργηθεί μίας νέα οντότητας, που δεν υπάρχει στο σώμα ισχυρισμών. Τα περισσότερα γνωσιακά συστήματα μπορούν να πραγματοποιήσουν το πρώτο βήμα, την αναγνώριση ότι ορισμένες οντότητες είναι εν δυνάμει μέρη, αλλά δεν μπορούν να δημιουργήσουν νέες οντότητες.

Οριζόντια - κατακόρυφη συσχέτιση: η κλάση και το πλήθος των μερών συχνά χαρακτηρίζεται ως κατακόρυφη συσχέτιση, γιατί συσχετίζει τα μέρη με τη σύνθετη οντότητα. Από την άλλη μεριά, συχνά τα μέρη μιας σύνθετης οντότητας έ-

χουν και σχέσεις μεταξύ τους. Οι σχέσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως οριζόντιες συσχετίσεις. Τα περισσότερα γνωσιακά συστήματα δεν υποστηρίζουν οριζόντιες συσχετίσεις στην εξακρίβωση στιγμιοτύπου

Ουσιώδες μέρος: ένα μέρος είναι ουσιώδες όταν το σύνθετο αντικείμενο δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς την ύπαρξη του μέρους. Αυτό το είδος μέρους μπορεί να κατασκευαστεί με υπαρξιακό ποσοδείκτη:

$$A \sqsubseteq \exists R.B \quad (3.21)$$

όπου το R είναι ουσιώδες μέρος της σύνθετης έννοιας A και B είναι η κλάση του.

Εξαρτώμενο μέρος: ένα μέρος είναι εξαρτώμενο όταν δεν μπορεί να υπάρχει ανεξάρτητα από μία σύνθετη οντότητα που να το περιέχει. Αυτό το είδος μέρους μπορεί να κατασκευαστεί με αντίστροφο ρόλο και υπαρξιακό ποσοδείκτη:

$$B \sqsubseteq \exists R^{-}.A \quad (3.22)$$

όπου το B είναι εξαρτώμενο μέρος της σύνθετης έννοιας A .

Αποκλειστικό μέρος: Ένα μέρος είναι αποκλειστικό όταν δεν μπορεί να είναι συγχρόνως μέρος δύο σύνθετων οντοτήτων. Αυτό το είδος μέρους μπορεί να κατασκευαστεί με αντίστροφο ρόλο και ποιοτικοποσοτικό περιορισμό:

$$B \sqsubseteq \leq 1R^{-}.A \quad (3.23)$$

όπου το B είναι αποκλειστικό μέρος της σύνθετης έννοιας A .

Διάδοση ρόλων: κάποια χαρακτηριστικά του όλου μπορεί να εξαρτώνται από χαρακτηριστικά των μερών, και αντιστρόφως. Επίσης, είναι δυνατό να υπάρχει μία ορισμένη σχέση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του όλου και τα χαρακτηριστικά του μέρους.

Ονόματα μερών: ένα μέρος δεν έχει μόνο τύπο (έννοια στην οποία ανήκει), αλλά και όνομα, δηλ. το ρόλο τον οποίο παίζει στο σύνθετο αντικείμενο. Το όνομα του μέρους μπορεί να παρασταθεί από ένα ρόλο, ο οποίος να υπάγεται από τον καθολικό μερονομικό ρόλο

$$R \sqsubseteq \text{hasPart} \quad (3.24)$$

Η παρουσία αυτών των ιδιαιτεροτήτων επιβάλλει την «προαγωγή» των μερονομικών σχέσεων σε «πολίτες A' κατηγορίας», γιατί σε αντίθετη περίπτωση, το βάρος της ιδιαίτερης αντιμετώπισης το επωμίζεται ο χρήστης/μηχανικός γνώσης.

Πίνακας 3.8: Μερονομικές σχέσεις, Λ: λειτουργικότητα, Ο: ομοιομέρεια, Δ: διαχωρισιμότητα

| Λ | Ο | Δ | Σχέση | Παράδειγμα |
|---|---|---|--------------------|------------------|
| ✓ | | ✓ | εξάρτημα/ακέραιο | ρόδα/αυτοκίνητο |
| | | ✓ | μέλος/συλλογή | δέντρο/δάσος |
| | ✓ | ✓ | τμήμα/μάζα | φέτα/ψωμί |
| | | | υλικό/αντικείμενο | ατσάλι/ποδήλατο |
| ✓ | | | φάση/δραστηριότητα | πιάσιμο/τράδηγμα |
| | ✓ | | τόπος/περιοχή | πόλη/χώρα |

3.3.1 Μερολογία

Μία μερολογία είναι μία αυστηρή διάταξη (αντιανακλαστική, αντισυμμετρική και μεταβατική), με τις ακόλουθες ιδιότητες:

Εκτασιμότητα: δύο οντότητες είναι όμοιες (ανήκουν στην ίδια κλάση) αν τα μέρη τους είναι όμοια

Μερολογικό άθροισμα: υπάρχει πάντα η οντότητα που απαρτίζεται από δύο οποιεσδήποτε οντότητες – δηλ. το μερολογικό τους άθροισμα

Υπόλοιπο: αν μία οντότητα έχει ένα μέρος, τότε έχει τουλάχιστον δύο διακριτά μέρη

Στο πεδίο της αναπαράστασης γνώσης έχουν εμφανιστεί κριτικές όσον αφορά την καταλληλότητα των αρχών της μερολογίας.

Για την αρχή της εκτασιμότητας, στην περίπτωση που δύο οντότητες έχουν όμοια μέρη, αλλά τα μέρη έχουν διαφορετικές ιδιότητες, θα πρέπει να ανήκουν σε διαφορετικές κλάσεις. Στην περίπτωση των οπτικών αντικειμένων αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, εξαιτίας του ρόλου που παίζουν οι θέσεις των μερών. Επίσης, δεν δίνει τη δυνατότητα για ορισμό προαιρετικών (μη ουσιωδών) μερών.

Για την αρχή του μερολογικού άθροισματος, υπάρχει η κριτική ότι δεν είναι δυνατό να επιτρέπεται ο ορισμός αυθαίρετων μερών. Όμως, τουλάχιστον όσον αφορά τα οπτικά αντικείμενα, ο περιορισμός αυτός δεν είναι απαραίτητος.

Για την αρχή του υπολοίπου, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι στην περίπτωση προαιρετικών μερών είναι πολύ ισχυρή.

3.3.2 Μεταβατικότητα και είδη μερονομικών σχέσεων

Ένα παράδοξο σχετικό με τις μερονομικές σχέσεις αφορά τη *μεταβατικότητα*. Για παράδειγμα, εφόσον το δάχτυλο είναι μέρος του χεριού, και το χέρι μέρος του σώματος, τότε το δάχτυλο είναι μέρος του σώματος. Αλλά αν ένας μουσικός ανήκει σε μία ορχήστρα, τότε το χέρι δεν είναι μέρος της ορχήστρας.

Για τη λύση του παραδόξου, έχει προταθεί η διάκριση ανάμεσα σε είδη μερονομικών σχέσεων. Κάθε είδος είναι μεταβατικό, αλλά η σύνθεση διαφορετικών ειδών παύει να είναι μεταβατική. Τα είδη των μερών είναι:

Λειτουργικό: περιορίζεται, από τη λειτουργία του, σε ορισμένη θέση

Ομοιομερές: είναι από το ίδιο πράγμα με το όλο

Πίνακας 3.9: Κατασκευαστές συνθετικής επέκτασης

| Όνομα | Αφηρημένη σύνταξη | Συγκεκριμένη σύνταξη | Σημασιολογία |
|----------------------|----------------------------|---|---|
| Μερονομικός ρόλος | R | \triangleright_R | $\triangleright_R \sqsubseteq \triangleright$ |
| Ποιοτ. περιορισμός | (allp R A) | $\forall \triangleright_R .A$ | |
| Ποιοτικοποσοτικός π. | (atleastp n R A) | $\geq n \forall \triangleright_R .A$ | |
| Διαμερονομικός π. | (pp-constraint Q R1 R2) | $R(\triangleright_{R1}, \triangleright_{R2})$ | $\{a \forall b, c. (a, b) \in \triangleright_{R1}^I \wedge (a, c) \in \triangleright_{R2}^I \rightarrow (b, c) \in R^I\}$ |

Διαχωρίσιμο: μπορεί, καταρχήν, να διαχωριστεί από το όλο

Στον πίνακα 3.8 διακρίνονται 6 είδη μερονομικών σχέσεων ως προς τις τρεις παραπάνω ιδιότητες. Μία άλλη κατάταξη είναι εξάρτημα/όλο, τμήμα-όλο, μέλος/συλλογή, υποσύνολο/σύνολο. Επίσης ποσότητα/μάζα, μέλος/συλλογή, εξάρτημα/σύνθετο, με χαρακτηριστικά τη μερίδα και το τμήμα.

Στα οπτικά μέρη υπάρχει λειτουργικότητα, αφού υπάρχουν σε ορισμένες θέσεις. Δεν υπάρχει ομοιομέρεια, αφού μπορούν π.χ. να έχουν διαφορετικό χρώμα από άλλα μέρη, και υπάρχει διαχωρισιμότητα.

3.3.3 Προσεγγίσεις στη μερονομία

Στις επόμενες ενότητες αναφέρονται ορισμένες επεκτάσεις της θεωρίας περιγραφικών λογικών, που ενσωματώνουν τη μερονομική σχέση.

3.3.3.1 Συναρμολόγηση σύνθετων αντικειμένων

Στο [39, 48, 38] περιγράφεται μία μέθοδος μερονομικής συλλογιστικής, βασισμένη στην περιγραφική λογική CLASSIC, που συναρμολογεί αντικείμενα αναγνωρίζοντας τα μέρη τους. Οι κυριότερες ιδέες είναι:

Επώνυμες μερονομικές σχέσεις: μία πολύ βασική καινοτομία είναι ότι ένα αντικείμενο δεν είναι απλώς μέρος ενός σύνθετου αντικειμένου, αλλά είναι μέρος με κάποιο ρόλο. Για παράδειγμα, ένα μάτι δεν είναι απλώς μέρος ενός προσώπου αλλά είναι π.χ. το δεξί μάτι. Οι μερονομικές σχέσεις δηλαδή αντιμετωπίζονται ως ρόλοι που συμμετέχουν σε εξειδικευμένες συλλογιστικές εργασίες

Διαμερονομικός περιορισμός: είναι ένας κατασκευαστής σύνθετων εννοιών που πρέπει τα μέρη τους να συσχετίζονται με μία ορισμένη σχέση, είναι δηλαδή μία οριζόντια σχέση που ικανοποιούν τα μέρη μιας σύνθετης έννοιας, βλ. πίνακα 3.9

Εξάρτημα σύνθετου αντικειμένου: Ένα αντικείμενο x είναι εξάρτημα ενός αντικειμένου y , συμβ. $x \triangleleft_{mod} y$, ανν $(\forall z, R : z \triangleleft_R x \rightarrow z \triangleleft y) \wedge (\exists z, R : (z \triangleleft_R y \wedge \forall R' : \neg(z \triangleleft_{R'} x)))$.

Με απλά λόγια, ένα αντικείμενο είναι εξάρτημα ενός αντικειμένου αν όλα τα μέρη του είναι συγχρόνως μέρη του σύνθετου αντικειμένου που το περιέχει.

Το εξάρτημα είναι απαραίτητο ορίζεται επειδή συχνά τα μέρη είναι αποκλειστικά, δηλαδή δεν είναι δυνατό ένα αντικείμενο να είναι συγχρόνως μέρος πάνω από ενός σύνθετου αντικειμένου. Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα μάτι, που είναι μέρος ενός κεφαλιού, που είναι μέρος ενός σώματος. Αυτό σημαίνει ότι το μάτι είναι επίσης μέρος του σώματος, εξαιτίας της μεταδατικότητας της μερονομικής σχέσης. Άρα πρέπει το μάτι να είναι συγχρόνως μέρος του κεφαλιού και του σώματος, κάτι που φαινομενικά παραδιάζει την αποκλειστικότητα της μερονομικής σχέσης. Με την εισαγωγή της έννοιας του εξαρτήματος είναι δυνατό να εισαχθεί μία εξαίρεση στον ορισμό της αποκλειστικότητας, ούτως ώστε να μπορεί να είναι ένα αντικείμενο μέρος δύο σύνθετων οντοτήτων, υπό την προϋπόθεση ότι ή μία σύνθετη οντότητα είναι εξάρτημα της άλλης.

Σύνθεση σύνθετων αντικειμένων: είναι μία ερώτηση στο συλλογιστικό σύστημα για το κατά πόσον ένα σύνολο από οντότητες ικανοποιεί τον ορισμό μίας σύνθετης έννοιας. Για να δοθεί καταφατική απάντηση, πρέπει αφενός τα μέρη να ανήκουν στις σωστές έννοιες, αφετέρου να συσχετίζονται με τις σωστές σχέσεις μεταξύ τους. Επίσης, στην περίπτωση αποκλειστικών μερών, πρέπει τα αντικείμενα να μην είναι μέρη άλλου σύνθετου αντικειμένου, εκτός από την περίπτωση που είναι μέρη συγχρόνως σε σύνθετο αντικείμενο και σε εξάρτημά του.

Συνθετική συναρμολόγηση: δημιουργεί μία νέα οντότητα, αν τα μέρη της τη συνθέτουν (βλ. παραπάνω), επίσης εισάγει τους απαραίτητους ισχυρισμούς, δηλαδή τις μερονομικές συσχετίσεις ανάμεσα στη νέα οντότητα και τα μέρη της, και επίσης τις συσχετίσεις εξαρτήματος.

Συνθετική επέκταση: επαναλαμβανόμενες συνθετικές συναρμολογήσεις, έως ότου δεν είναι δυνατόν να συναρμολογηθούν άλλα σύνθετα αντικείμενα. Η συνθετική επέκταση μιας βάσης γνώσης υπάρχει πάντα αλλά γενικά δεν είναι μοναδική. Μία οντότητα δεν συμπεριλαμβάνεται σε περισσότερες από μία οντότητες, εκτός από την περίπτωση που είναι μέρος συγχρόνως ενός εξαρτήματος και του σύνθετου αντικειμένου του

Στο [48] δίνεται ένας αλγόριθμος ο οποίος αποδεικνύεται ότι παράγει τη συνθετική επέκταση μιας βάσης γνώσης.

3.3.3.2 Μερονομική συλλογιστική μέσω ταξινομικής συλλογιστικής: τριάδες SEP

Στο [30, 31] περιγράφεται μία μέθοδος μερονομικής συλλογιστικής, βασισμένη σε περιγραφική λογική, με εφαρμογή σε ιατρικά γνωσιακά συστήματα, η οποία δεν έχει ανάγκη από επιπλέον κατασκευαστές, γιατί χρησιμοποιεί τη μεταδατικότητα της υπαγωγής.

Ένα σύνθετο αντικείμενο αναπαριστάνεται από τρεις έννοιες: την έννοια S (“structure”), την έννοια E (“entity”) και την έννοια P (“part”). Υπάρχουν επίσης οι σχέσεις $E \sqsubseteq S$, και $P \equiv S \sqcap \exists \text{partOf}.E$

Όταν υπάρχουν οι έννοιες X, Y, Z , και η Y είναι μέρος της X και η Z μέρος της Y , τότε $Y_s \sqsubseteq X_p$. Με τον τρόπο αυτό αποδίδεται η μεταδατικότητα της μερονομίας, δηλαδή ότι τα μέρη του Y είναι και μέρη του X .

Μία μη μεταδατική υποσχέση του partOf ορίζεται συνδέοντας δύο έννοιες E μεταξύ τους.

Πίνακας 3.10: Κατασκευαστές \mathcal{CATS} . U : πρωταρχικοί ρόλοι, b : απλοί ρόλοι, L : σύνθετοι ρόλοι

| Έννοιες | | |
|-----------------------|----------------------------|---|
| Όνομα | Σύνταξη | Σημασιολογία |
| Διατεταγμένη n -άδα | $\tau(U_1, \dots, U_n)$ | $\{\langle U_1 : o_1, \dots, U_n : o_n \rangle \in \Delta^I \mid o_1, \dots, o_n \in \Delta^I\}$ |
| Ποιοτ. περιορισμός | $\chi(C, U_1, \dots, U_n)$ | $\chi(C, U_1, \dots, U_n)^I = S \subseteq \tau(U_1, \dots, U_n)^I \cap C^I, \forall s, s' \in S. s(U_i) = s'(U_i) \implies s = s', i = 1, \dots, n$ |
| Σύνολο | $\sigma(C)$ | $\{\{o_1, \dots, o_n\} \in \Delta^I \mid o_1, \dots, o_n \in \Delta^I\}$ |
| Απλοί ρόλοι | | |
| Περιέχει | \ni | $\ni^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I, \{\dots, o, \dots\} \in \Delta^I \implies (\{\dots, o, \dots\}, o) \in \ni^I$ |
| Διαφορά | $b_1 \setminus b_2$ | $b_1^I \setminus b_2^I$ |

Ένας ρόλος ενός μέρους μπορεί να υπαχθεί σε ρόλο του όλου, αν συνδεθεί με την έννοια S . Για παράδειγμα, αν $W \equiv \exists R_1.C_s, \equiv \exists R_1.D_s$ και $D_s \sqsubseteq C_s$, τότε συμπεραίνεται ότι $X \sqsubseteq W$. Για να μην υπάγεται ο ρόλος του μέρους σε ρόλο του όλου, συνδέεται με την έννοια E : αν $W \equiv \exists R_1.C_e$ και $\equiv \exists R_1.D_e$, τότε δε συμπεραίνεται ότι $X \sqsubseteq W$.

3.3.3.3 Δομημένα αντικείμενα: η γλώσσα περιγραφής \mathcal{CATS}

Στο [20] προτείνεται η περιγραφική λογική \mathcal{CATS} , η οποία υποστηρίζει δομημένα αντικείμενα, δηλαδή αντικείμενα που μπορεί να έχουν δομή συνόλου ή διατεταγμένης n -άδας. Η \mathcal{CATS} είναι γενίκευση της \mathcal{ALCQI}_{reg} , δηλ. υποστηρίζει ένωση, αντιστροφή, σύνθεση και μεταδατικό κλείσιμο ρόλων. Οι επιπλέον κατασκευαστές φαίνονται στον πίνακα 3.10. Οι ρόλοι διακρίνονται σε απλούς και σύνθετους. Οι απλοί ρόλοι υποστηρίζουν μόνο ένωση, διαφορά, αντιστροφή, ποιοτικοποσοτικούς περιορισμούς και απεικόνιση τιμών. Οι σύνθετοι ρόλοι υποστηρίζουν μόνο ένωση, σύνθεση, μεταδατικό κλείσιμο και αντιστροφή.

3.3.3.4 Χωρική συλλογιστική: σχέσεις RCC-8

Στο [29] αναφέρεται μία μέθοδος συλλογιστικής για χωρία, βασισμένη σε μία περιγραφική λογική με συγκεκριμένα πεδία, που ονομάζεται $\mathcal{ALCRP}(\mathcal{D})$. Το συγκεκριμένο πεδίο είναι το σύνολο των χωρίων του επιπέδου, και οι σχέσεις που περιλαμβάνει είναι οι σχέσεις RCC-8 [17]: ξένα (disconnected, DC), εξωτερικά επαφτόμενα (externally connected, EC), μερικά επικαλυπτόμενα (partially overlapping, PO), εσωτερικά επαφτόμενα (tangential proper part, TPP), ολικά επικαλυπτόμενα (non-tangential proper part, NTPP), ίσα (equal, EQ).

Εκτός από τον υπαρξιακό περιορισμό κατηγορήματος (βλ. ενότητα 3.2.8), η γλώσσα περιλαμβάνει και έναν κατασκευαστή για ρόλους, υπαρξιακό περιορισμό ρόλου, που συμβολίζεται $\exists(u_1, \dots, u_n)(v_1, \dots, v_m).P$, όπου $u_1, \dots, u_n, v_1, \dots, v_m$ είναι αλυσίδες συναρτησιακών ρόλων και το P είναι συγκεκριμένο κατηγορήμα με πολλαπλότητα $n + m$. Η σημασιολογία είναι: $(\exists(u_1, \dots, u_n)(v_1, \dots, v_m).P) = \{(a, b) \in \Delta \times \Delta \mid \exists x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m \in \Delta^{\mathcal{D}}. (a, x_1) \in u_1, \dots, (a, x_n) \in u_n, (b, y_1) \in v_1, \dots, (b, y_m) \in v_m, (x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m) \in P^{\mathcal{D}}\}$

3.4 Προτεινόμενη συνθετική επέκταση με την περιγραφική λογική \mathcal{SHIQ}

Σε αυτήν την ενότητα προτείνεται μία προσαρμογή του πλαισίου της συνθετικής επέκτασης (Lambrix, [48, 38]), που αναφέρεται στην ενότητα 3.3.3.1 [11], στη σύγχρονη περιγραφική λογική \mathcal{SHIQ} .

3.4.1 Νέες συλλογιστικές εργασίες

Το συλλογιστικό σύστημα βασίζεται σε μία υπάρχουσα συλλογιστική μηχανή (RACER), η οποία υποστηρίζει συλλογισμούς με βάση την περιγραφική λογική περιγραφής \mathcal{SHIQ} . Εκτός από τις συλλογιστικές εργασίες που υποστηρίζονται από το RACER (βλ. σελ. 21), υποστηρίζονται επιπλέον οι παρακάτω συλλογιστικές εργασίες:

- Συναγωγή της ύπαρξης ενός σύνθετου αντικειμένου από τα μέρη του. Αυτή η συλλογιστική εργασία είναι ανάλογη με την πραγμάτωση οντότητας, η οποία είναι προτυποποιημένη για τα γνωσιακά συστήματα που υποστηρίζονται από περιγραφικές λογικές.
- Ερωτήσεις σχετικά με τα μέρη ενός αντικειμένου και τις οντότητες που περιέχουν ένα αντικείμενο ως μέρος. Αυτή η συλλογιστική εργασία είναι ανάλογη με τις συσχετιζόμενες οντότητες μιας οντότητας.
- Ερωτήσεις σχετικά με τις κλάσεις που μπορούν να σχηματίσουν μέρη μιας δεδομένης κλάσης, και επίσης κλάσεις οι οποίες μπορούν να περιέχουν μια ορισμένη κλάση ως μέρος. Αυτή η συλλογιστική εργασία είναι ανάλογη με τους προγόνους και τους απογόνους μιας έννοιας.

Πολλές από τις συλλογιστικές εργασίες, στις οποίες βασίζεται η προτεινόμενη μέθοδος δεν είναι διαθέσιμες από το CLASSIC, στο οποίο βασίζεται το [48].

3.4.2 Νέοι ορισμοί

Για μία μερονομική σχέση ορίζεται ότι ένας ρόλος κατάγεται από έναν ειδικό ρόλο. Όταν μία κλάση A έχει ένα **μέρος** κλάσης B , με ρόλο R , αυτό αναπαρίσταται ως εξής:

$$A \sqsubseteq \forall R.B \quad (3.25)$$

$$R \sqsubseteq \text{hasPart} \quad (3.26)$$

Η υπαγωγή ρόλων, κανόνας που υποστηρίζεται από τη λογική \mathcal{SHIQ} , καθιστά περιττή την ύπαρξη ειδικών κατασκευαστών.

Όταν το μέρος R είναι **αποκλειστικό** (μη μοιραζόμενο), αυτό αναπαρίσταται με έναν συναρτησιακό ρόλο:

$$R \sqsubseteq \text{hasExclusivePart} \quad (3.27)$$

$$\text{hasExclusivePart} \in \text{Functional} \quad (3.28)$$

Ομοίως, η υποστήριξη συναρτησιακών ρόλων από τη \mathcal{SHIQ} καθιστά περιττό έναν ειδικό κατασκευαστή.

Όταν το μέρος R είναι **αδιάφορο**, δηλ. δεν ανήκει σε ορισμένη κλάση, αυτό αναπαρίσταται ως εξής:

$$\top \sqsubseteq B \quad (3.29)$$

Όταν το μέρος R είναι **υποχρεωτικό**, αυτό αναπαρίσταται ως εξής:

$$A \sqsubseteq \exists R.B \quad (3.30)$$

Για την υποστήριξη της συνθετικής επέκτασης, όπως ορίζεται στο [48], είναι ανάγκη να οριστούν ορισμένες ενδιαμέσες συλλογιστικές εργασίες, μέσω αυτών που υποστηρίζονται από το RACER.

Πολλαπλότητα μέρους έννοιας: Η πολλαπλότητα $N(R,A,B)$ του μέρους R κλάσης B της έννοιας A ορίζεται ως εξής:

- Αν υπάρχουν $l > 0, u > 0$, τ.ω. η έννοια $A \sqcap < lR.B$ δεν είναι ικανοποιήσιμη, η έννοια $A \sqcap < (l+1)R.B$ είναι ικανοποιήσιμη, η έννοια $A \sqcap > uR.B$ δεν είναι ικανοποιήσιμη και η έννοια $A \sqcap > (u-1)R.B$ είναι ικανοποιήσιμη, τότε $N(R,A,B) = [l, u]$
- Ειδάλλως, αν υπάρχει $l > 0$, τ.ω. η έννοια $A \sqcap < lR.B$ δεν είναι ικανοποιήσιμη και η έννοια $A \sqcap < (l+1)R.B$ είναι ικανοποιήσιμη, τότε $N(R,A,B) = [l, \infty]$
- Ειδάλλως, αν υπάρχει $u > 0$, τ.ω. η έννοια $A \sqcap > uR.B$ δεν είναι ικανοποιήσιμη και η έννοια $A \sqcap > (u-1)R.B$ είναι ικανοποιήσιμη, τότε $N(R,A,B) = [0, u]$
- Ειδάλλως, αν $A \sqsubseteq \forall R.B'$, για κάποια έννοια $' \sqsubseteq$, τότε $N(R,A,B) = [0, \infty]$
- Ειδάλλως δεν ορίζεται το $N(R,A,B)$

Ορίζεται ακόμα $N(R,A) = N(R,A, \top)$

Η πολλαπλότητα αποσκοπεί να ορίσει το πλήθος των μερών ορισμένης κλάσης και ορισμένου ρόλου που έχει μία έννοια, προκειμένου να οριστεί το εξάρτημα αντικειμένου με τρόπο ώστε όλα τα μέρη του εξαρτήματος να είναι μέρη του σύνθετου αντικειμένου που περιέχει το εξάρτημα.

Ο ορισμός διαφέρει από αυτόν του [48] στο ότι χρησιμοποιεί ποιοτικοποσοτικούς αντί για ποσοτικούς περιορισμούς. Σημειώνεται ότι η CLASSIC δεν υποστηρίζει συλλογιστικές εργασίες με ποιοτικοποσοτικούς περιορισμούς, με αποτέλεσμα ο Lambrix να καταφεύγει σε δομικούς (structural) αλγορίθμους για τον υπολογισμό της πολλαπλότητας.

Ορισμένο μέρος έννοιας: Η έννοια A , είναι ορισμένο μέρος R της έννοιας B , συμβ. $B \triangleright_R^d A$ αν:

- $R \sqsubseteq \text{hasPart}$
- $B \sqsubseteq \forall R.A$

Μέρος έννοιας: Η έννοια A , είναι μέρος R της έννοιας B , συμβ. $B \triangleright_R A$ αν για κάποια έννοια A' :

- $R \sqsubseteq \text{hasPart}$
- $A' \sqsupseteq A$
- $B \sqsubseteq \forall R.A'$

Ένα μέρος έννοιας που δεν είναι ορισμένο μπορεί να είναι πιο ειδικό από ένα ορισμένο μέρος. Αυτή η διάκριση είναι απαραίτητη για την προσέγγιση της σχέσης ανάμεσα στην μερονομία και την ταξινομία, με τρόπο που να προσεγγίζει την κοινή λογική, όπως αυτή εφαρμόζεται στην επίλυση πρακτικών προβλημάτων.

Εξάρτημα έννοιας: Η έννοια A είναι εξάρτημα της έννοιας B , συμβ. $B \blacktriangleright A$, αν:

1. $\forall R, l_1, u_1, C : (N(R, A, C) = [l_1, u_1] \implies (\exists l_2, u_2, C' \sqsupseteq C : N(R, B, C') = [l_2, u_2] \wedge u_1 \leq u_2))$
2. $\exists R, C : (\text{το } N(R, A, C) \text{ δεν ορίζεται} \wedge \text{το } N(R, B, C) \text{ ορίζεται}) \vee (\exists l_1, u_1, l_2, u_2, C, C' \sqsupseteq C : N(R, A, C) = [l_1, u_1] \wedge N(R, B, C') = [l_2, u_2] \cap u_1 < u_2)$
3. $\forall R, C : A \triangleright_R^d C \implies B \triangleright_R C$

δηλ. 1 για κάθε μέρος R κλάσης C με ορισμένη πολλαπλότητα στο A , το R έχει ορισμένη πολλαπλότητα στο B για κάποια υπάγουσα κλάση C' και η ελάχιστη πολλαπλότητα του R στο A δεν είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη πολλαπλότητα του R στο B , 2 υπάρχει μέρος R που ή έχει ορισμένη πολλαπλότητα κλάσης C στο B και δεν έχει ορισμένη πολλαπλότητα στο A ή η μέγιστη πολλαπλότητα κλάσης C του R στο A είναι μικρότερη από τη μέγιστή του πολλαπλότητα κλάσης $C' \sqsupseteq C$ στο B και 3 για όλα τα μέρη R , αν το C είναι ορισμένο μέρος R του A , τότε είναι μέρος R του B .

Ο παραπάνω ορισμός, με απλά λόγια, σημαίνει ότι ένα αντικείμενο είναι εξάρτημα ενός αντικειμένου αν όλα τα μέρη του είναι μέρη του αντικειμένου που το περιέχει.

Στο [48] χρησιμοποιείται το σύμβολο $\triangleleft_{\text{mod}}$ αντί του \blacktriangleleft .

Όπως αναφέρθηκε, η σκοπιμότητα ορισμού του εξαρτήματος έγκειται στη διάκριση της περίπτωσης συμμετοχής ενός αντικειμένου σε δύο ανεξάρτητες οντότητες, από την περίπτωση που ένα αντικείμενο είναι συγχρόνως μέρος ενός σύνθετου αντικειμένου και ενός εξαρτήματός του

Συνθετικό σύνολο: Ένα συνθετικό σύνολο $\langle \alpha, \beta \rangle$ αποτελείται από ένα σύνολο $\alpha = \{ \langle i, R \rangle \}$ και ένα σύνολο $\beta = \{ i \}$, όπου i οντότητα της βάσης γνώσης και R μερονομικός ρόλος.

Ο ορισμός του συνθετικού συνόλου αποσκοπεί στην ομαδοποίηση των μερών (α) και των εξαρτημάτων (β) μιας σύνθετης οντότητας.

Πολλαπλότητα μέρους οντότητας: Η πολλαπλότητα $N(R, i, A)$ του μέρους R κλάσης A της οντότητας i ορίζεται ως εξής:

- Αν υπάρχουν $l > 0, u > 0$, τ.ω. το i είναι στιγμιότυπο της έννοιας $\geq lR.A \sqcap \leq uR.A$ και δεν είναι στιγμιότυπο της έννοιας $\geq (l+1)R.A \sqcap \leq (u-1)R.A$, τότε $N(R, i, A) = [l, u]$
- Ειδάλλως, αν υπάρχει $l > 0$, τ.ω. το i είναι στιγμιότυπο της έννοιας $\geq lR.A$ και δεν είναι στιγμιότυπο της έννοιας $\geq (l+1)R.A$, τότε $N(R, i, A) = [l, \infty]$
- Ειδάλλως, αν υπάρχει $u > 0$, τ.ω. το i είναι στιγμιότυπο της έννοιας $\leq uR.A$ και δεν είναι στιγμιότυπο της έννοιας $\leq (u-1)R.A$, τότε $N(R, i, A) = [0, u]$
- Ειδάλλως, $N(R, i, A) = [0, \infty]$

Ορίζεται ακόμα $N(R, i) = N(R, i, \top)$.

Η πολλαπλότητα οντότητας αποσκοπεί στο να ορίσει το μέγιστο και το ελάχιστο πλήθος μερών που μπορεί να αποδειχτεί ότι έχει μία οντότητα.

Ο ορισμός διαφέρει από αυτόν του [48] στο ότι χρησιμοποιεί ποιοτικοποσοτικούς αντί για ποιοτικούς περιορισμούς.

Μέρος συνθετικού συνόλου: Μία οντότητα i είναι μέρος R του συνθετικού συνόλου $\langle \alpha, \beta \rangle$, συμβ. $i \triangleleft_R \langle \alpha, \beta \rangle$ αν:

- $\langle i, R \rangle \in \alpha$ ή
- $\exists i' \in \beta : R(i', i)$

Συμμόρφωση μερών συνθετικού συνόλου ως προς έννοια: Ένα συνθετικό σύνολο $\langle \alpha, \beta \rangle$ έχει συμμορφούμενα μέρη ως προς την έννοια C αν $\forall R, C' : C' \triangleleft_R^d C \implies (\forall i : i \triangleleft_R \langle \alpha, \beta \rangle \implies C'(i))$, όπου $C'(i)$ ερμηνεύεται ως εξακρίδωση στιγμιότυπου, δηλ. για όλα τα ορισμένα μέρη της έννοιας C με ρόλο R , όλες οι οντότητες που είναι μέρος R του συνθετικού συνόλου ανήκουν στην αντίστοιχη έννοια.

Η συμμόρφωση είναι μία συλλογιστική εργασία που επιτελείται κατά τον έλεγχο για το αν τα στοιχεία ενός συνθετικού συνόλου μπορούν να συνθέσουν ένα στιγμιότυπο μιας έννοιας

Σύνθεση έννοιας: Ένα συνθετικό σύνολο $\langle \alpha, \beta \rangle$ συνθέτει την έννοια C αν:

1. Το $\langle \alpha, \beta \rangle$ έχει συμμορφούμενα μέρη ως προς C
2. $\forall i, R : i \triangleleft_R \langle \alpha, \beta \rangle \implies$ το $N(R, C)$ είναι ορισμένο
3. $\forall R, A : (|\{i \setminus \langle i, R \rangle \in \alpha \wedge A(i)\}| + \sum_{i \in \beta} N(R, i, A)) \subseteq N(R, C, A)$, όπου το άθροισμα πολλαπλοτήτων ορίζεται ως εξής: $[l_1, u_1] + [l_2, u_2] = [l_1 + l_2, u_1, u_2], n + [l, u] = [l + n, u + n]$

Επομένως, για να συνθέτει το $\langle \alpha, \beta \rangle$ την έννοια C πρέπει 1 να έχει συμμορφούμενα μέρη ως προς C , 2 το συνθετικό σύνολο να μην έχει περιττά μέρη και 3 ο αριθμός των μερών για κάθε ρόλο να είναι συμβατός με την πολλαπλότητα του ρόλου.

Συναρμολόγηση νέας οντότητας υπό έννοια από συνθετικό σύνολο: Αν i είναι ένα όνομα οντότητας που δεν υπάρχει στη βάση γνώσης, $\langle \alpha, \beta \rangle$ είναι ένα συνθετικό σύνολο με $\alpha = \{i_{1j}, R_j\}_{j=1}^k, \beta = \{i_{2k}\}_{k=1}^l$ που συνθέτει την έννοια C , τότε η συναρμολόγηση της οντότητας i , υπό την έννοια C από το $\langle \alpha, \beta \rangle$ είναι ένα σώμα ισχυρισμών $\text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i)$ από τους εξής ισχυρισμούς:

1. $C(i)$
2. $\{R_j(i, i_{1j}) \setminus \langle i_{1j}, R_j \rangle \in \alpha\}$
3. $\{R(i, i') \setminus R(i_{2k}, i'), i_{2k} \in \beta\}$

Επομένως οι ισχυρισμοί αντιστοιχούν 1 στην κλάση της συναρμολογούμενης οντότητας 2 στα μέρη του συνθετικού συνόλου 3 στα εξαρτήματα του συνθετικού συνόλου

Επιτρεπτή συναρμολόγηση: Η συναρμολόγηση $\text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i)$ είναι επιτρεπτή στο σώμα ισχυρισμών Δ αν:

1. Το $\langle \alpha, \beta \rangle$ συνθέτει την έννοια C
2. $\nexists i_1, i_2, R_1, R_2 : ((i_1 \triangleleft_{R_1} \langle \alpha, \beta \rangle \wedge R_1 \sqsubseteq \text{hasExclusivePart}) \vee i_1 \triangleleft \langle \alpha, \beta \rangle \wedge \exists i_3, R_3 : R_3(i_1, i_3) \in \Delta \wedge R_3 \sqsubseteq \text{hasExclusivePart}) \wedge ((R_2(i_2, i_1) \in \Delta \wedge R_1 \sqsubseteq \text{hasExclusivePart}) \vee ((i_2 \blacktriangleright i_1) \in \Delta \wedge \exists i_3, R_3 : R_3(i_2, i_3) \wedge R_3 \sqsubseteq \text{hasExclusivePart})) \wedge ((i \triangleleft i_2) \notin \Delta \cup \text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i)) \wedge ((i_2 \triangleleft i) \notin \Delta \cup \text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i))$

Ο ορισμός της επιτρεπτής συναρμολόγησης αποσκοπεί στο να αποτρέψει το μοίρασμα αποκλειστικών μερών. Συγκεκριμένα, δεν πρέπει να υπάρχει οντότητα i_1 που 1 είτε να ανήκει στα μέρη αποκλειστικού ρόλου R_1 του συνθετικού συνόλου είτε να ανήκει στα εξαρτήματα και να έχει αποκλειστικό μέρος 2 η οντότητα i_1 να είναι είτε αποκλειστικό μέρος R_2 είτε εξάρτημα με αποκλειστικό μέρος μιας άλλης οντότητας i_2 του σώματος ισχυρισμών 3 χωρίς να είναι το i_2 εξάρτημα του i ή το i εξάρτημα του i_2 . Ο ορισμός διαφέρει από αυτόν του [48] στο ότι η συναρμολόγηση είναι μη επιτρεπτή αν τόσο ο νέος ρόλος R_1 του συνθετικού συνόλου όσο και ο παλιός R_2 του σώματος ισχυρισμών είναι αποκλειστικοί.

Η μεγαλύτερη εκφραστικότητα της γλώσσας \mathcal{SHIQ} επιτρέπει τον ορισμό και μοιραζόμενων μερών.

Συνθετική επέκταση: Ένα σώμα ισχυρισμών Σ είναι μία συνθετική επέκταση ενός σώματος ισχυρισμών Δ αν:

1. $\Delta \subseteq \Sigma$
2. Αν το $\langle \alpha, \beta \rangle$ συνθέτει την έννοια C , τότε $\exists i : (\text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i) \subseteq \Sigma)$ ή το $\text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i)$ είναι μη επιτρεπτό.
3. $\forall i : (\text{το } i \text{ είναι ορισμένο στο } \Sigma \text{ και όχι στο } \Delta \implies (\exists \langle \alpha, \beta \rangle, C : \text{Assembly}(\langle \alpha, \beta \rangle, C, i) \subseteq \Sigma))$

Επομένως, το Σ είναι συνθετική επέκταση του Δ αν 1. είναι υπερέσυνολο του Δ , 2 περιέχει όλες τις δυνατές επιτρεπτές συναρμολογήσεις και 3 μόνο αυτές. Η συνθετική επέκταση μιας βάσης γνώσης υπάρχει αλλά δεν είναι γενικά μοναδική.

Συμπλήρωση: Μία συμπλήρωση του συνθετικού συνόλου $\langle \alpha, \beta \rangle$, όπου $\alpha = \{\langle i_{1j}, R_j \rangle \setminus j = 1, \dots, k\}$, $\beta = \{i_{1l} \setminus l = 1, \dots, \}$ για την έννοια C ως προς ένα σώμα ισχυρισμών Δ είναι ένα ζεύγος $\langle \Sigma, \alpha_\Sigma \rangle$ με $\alpha = \{\langle i_{3r}, R_r \rangle \setminus r = 1, \dots, s\}$ και:

1. $\Delta \subseteq \Sigma$
2. $\forall i : ((\text{το } i \text{ είναι ορισμένο στο } \Sigma \text{ και όχι στο } \Delta) \iff (\exists R : \langle i, R \rangle \in \alpha_\Sigma))$
3. Το $\langle \alpha \cup \alpha_\Sigma, \beta \rangle$ συνθέτει το C ως προς Σ

Επομένως, το Σ είναι 1 ένα υπερσύνολο του Δ 2 κάθε οντότητα που περιέχεται στο Σ και όχι στο Δ αντιστοιχεί σε μία οντότητα που ανήκει σε ένα συνθετικό σύνολο που 3 συνθέτει το C

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, υλοποιείται στην ενότητα 3.4.3 η συνθετική επέκταση.

3.4.3 Νέος αλγόριθμος συνθετικής επέκτασης

Ο αλγόριθμος 3.4.1 υλοποιεί τη συνθετική επέκταση, σύμφωνα με τους ορισμούς της ενότητας 3.4.2. Με τον τερματισμό του αλγορίθμου, έχουν δημιουργηθεί οι απαραίτητες νέες οντότητες στο σώμα ισχυρισμών, οι οποίες έχουν μέρη τις προϋπάρχουσες οντότητες.

Ο αλγόριθμος ξεκινάει με όλες τις οντότητες που δεν είναι ήδη αποκλειστικά μέρη κάποιας άλλης οντότητας. Για κάθε οντότητα βρίσκει όλες τις έννοιες, στις οποίες θα μπορούσε να είναι μέρος και ελέγχει, για κάθε δυνατή σύνθετη έννοια, αν υπάρχουν οι υπόλοιπες οντότητες, με τις οποίες η νέα σύνθετη οντότητα μπορεί να συναρμολογηθεί. Ελέγχει επίσης αν μπορεί η οντότητα, αντί για μέρος, να είναι εξάρτημα κάποιας σύνθετης οντότητας. Αν κάποιος από τους ελέγχους αποβεί θετικός, συναρμολογείται η νέα σύνθετη οντότητα.

Αλγόριθμος 3.4.1

Ο αλγόριθμος αποτελείται από τέσσερις επιμέρους αλγορίθμους.

Συνθετική επέκταση:

1. Για κάθε οντότητα a :
2. Για κάθε ατομική έννοια A , που να είναι τύπος του a :
3. Για κάθε R, B , τ.ω. $N(R, B, A) \subseteq [1, \infty]$:
 - (α) Αν το a είναι αποκλειστικό μέρος ή είναι εξάρτημα και έχει αποκλειστικά μέρη, και το R είναι αποκλειστικός ρόλος, συνέχιση του βρόχου
 - (β) Δημιουργία οντότητας b με τον ισχυρισμό $B(b)$
 - (γ) Αν ο ισχυρισμός $R(b, a)$ είναι ικανοποιήσιμος
 - Προσθήκη του ισχυρισμού στο σώμα ισχυρισμών
 - Αν το b μπορεί να συναρμολογηθεί, το δήμα τερματίζει με θετικό αποτέλεσμα
 - (δ) Ειδάλλως, αν:
 - το a μπορεί να ενσωματωθεί στο b ως εξάρτημα
 - το b μπορεί να συναρμολογηθεί
 τότε το δήμα τερματίζει με θετικό αποτέλεσμα.
 - (ε) Ειδάλλως (δηλ. αν τα δήματα 3γ και 3δ τερμάτισαν αρνητικά), καταστροφή της οντότητας b και το δήμα τερματίζει με αρνητικό αποτέλεσμα

(στ) Αν το δήμα τερμάτισε με θετικό αποτέλεσμα, δημιουργία, με τον ίδιο αλγόριθμο, εξαρτημάτων του b , από τα μέρη του

4. Για κάθε ατομική έννοια B , τέτοια ώστε $B \blacktriangleright A$:

(α) Δημιουργία οντότητας b με τον ισχυρισμό $B(b)$

(β) Αν

– το a μπορεί να ενσωματωθεί στο b ως εξάρτημα

– το b μπορεί να συναρμολογηθεί

τότε το δήμα τερματίζει με θετικό αποτέλεσμα

(γ) Ειδάλλως, καταστροφή της οντότητας b και το δήμα τερματίζει με αρνητικό αποτέλεσμα

(δ) Αν το δήμα τερμάτισε με θετικό αποτέλεσμα, δημιουργία, με τον ίδιο αλγόριθμο, εξαρτημάτων του b

Συναρμολόγηση σύνθετου αντικειμένου:

Έστω b το αντικείμενο, τύπου B που δημιουργείται.

1. Αν οι νέοι ισχυρισμοί συναρμολογούν την οντότητα b υπό έννοια B , τότε τερματίζει ο αλγόριθμος με θετικό αποτέλεσμα

2. Ειδάλλως, για κάθε οντότητα a :

3. Εκτέλεση αναδρομικά του δήματος 3γ, για κάθε ρόλο R , τύπο A του a , τ.ω. $N(R, B, A) \subseteq [1, \infty]$ και του δήματος 3δ του αλγορίθμου της συνθετικής επέκτασης

4. Αν ένα από τα δήματα τερμάτισε θετικά, ο αλγόριθμος τερματίζει με θετικό αποτέλεσμα

5. Αν ο βρόχος του δήματος 2 έληξε, τότε:

– Αν το b μπορεί να συμπληρωθεί, τερματίζει ο αλγόριθμος με θετικό αποτέλεσμα

– Ειδάλλως, τερματίζει ο αλγόριθμος με αρνητικό αποτέλεσμα

Ενσωμάτωση εξαρτήματος:

Έστω c το αντικείμενο που επιχειρείται να ενσωματωθεί στο αντικείμενο b , τύπου B , ως εξάρτημα.

1. Αν ένας από τους τύπους του c δεν ανήκει στα εξαρτήματα του B , ο αλγόριθμος τερματίζει με αρνητικό αποτέλεσμα.

2. Αν, για κάθε μέρος a του c :

– είτε ο ισχυρισμός $R(b, a)$ είναι ικανοποιήσιμος

– είτε το a μπορεί να ενσωματωθεί στο b ως εξάρτημα

τότε ο αλγόριθμος τερματίζει με θετικό αποτέλεσμα, ειδάλλως τερματίζει με αρνητικό αποτέλεσμα

Συμπλήρωση σύνθετου αντικειμένου:
Έστω b το αντικείμενο, τύπου B που συμπληρώνεται.

1. Αν το b συναρμολογείται, επιστροφή με θετικό αποτέλεσμα
2. Για κάθε έννοια $A \triangleleft_R^d B$, και για κάθε οντότητα $i : R(b, i) \in \Sigma$:
3. Αν δεν υπάρχει ο ισχυρισμός $A(i)$ στο Σ :
 - (α) Προσθήκη του ισχυρισμού
 - (β) Αν:
 - i. το Σ είναι ικανοποιήσιμο
 - ii. το b μπορεί να συμπληρωθείτότε επιστροφή με θετικό αποτέλεσμα
 - (γ) ειδάλλως, απόσυρση του ισχυρισμού
 - (δ) επιστροφή με αρνητικό αποτέλεσμα
4. Για κάθε ορισμένη πολλαπλότητα $N(R, B, A) = [l, u]$:
5. Αν το πλήθος των μερών R με κλάση A που έχουν οριστεί είναι μικρότερος από l :
 - (α) Προσθήκη νέας οντότητας i και των ισχυρισμών $R(b, i), A(i)$
 - (β) Αν το b μπορεί να συμπληρωθεί, επιστροφή με θετικό αποτέλεσμα
 - (γ) Ειδάλλως, επιστροφή με αρνητικό αποτέλεσμα
6. Αν το πλήθος των μερών R με κλάση A που έχουν οριστεί είναι μικρότερος από u :
 - (α) Προσθήκη νέας οντότητας i και των ισχυρισμών $R(b, i), A(i)$
 - (β) Αν το b μπορεί να συμπληρωθεί, επιστροφή με θετικό αποτέλεσμα
 - (γ) Ειδάλλως, επιστροφή με αρνητικό αποτέλεσμα



3.5 Δοκιμές

Ο αλγόριθμος της συνθετικής επέκτασης δοκιμάστηκε σε μία βάση γνώσης που περιέχει γεωμετρικά μέρη σύνθετων αντικειμένων (ένα πρόσωπο, ένα ανθρώπινο σώμα και ένα σπίτι). Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παράρτημα Α.

Η γεωμετρία των σύνθετων αντικειμένων ορίζεται με τη βοήθεια ενός εγγράφου XML, το σχήμα του οποίου ορίζεται στην ενότητα Α.1. Σε αυτό, ένα σύνθετο αντικείμενο (compositeObject) ορίζεται να περιέχει, εκτός από τα μέρη του (part), τρίγωνα (triangle) που σχηματίζονται από χαρακτηριστικά σημεία (FP) των μερών. Οι γωνίες των τριγώνων ορίζουν τη γεωμετρία του σύνθετου αντικειμένου.

Στην ενότητα Α.2 ορίζεται το σώμα όρων μιας βάσης γνώσης, στη γλώσσα DAML+OIL. Το σώμα όρων περιέχει τους ορισμούς για το πρόσωπο (face), το σώμα (body) και το

σπίτι (house). Για παράδειγμα, το πρόσωπο ορίζεται ως ένα σύνθετο αντικείμενο που έχει δύο μάτια και ένα στόμα, καθώς επίσης και ορισμένα χαρακτηριστικά σημεία. Το σώμα ισχυρισμών περιέχει έναν αριθμό από μάτια, στόματα, και άλλα αντικείμενα

Στην ενότητα A.3 ορίζεται η γεωμετρία των σύνθετων αντικειμένων, που έχουν οριστεί στο σώμα όρων της βάσης γνώσης της ενότητας A.2, σε γλώσσα XML έγκυρη ως προς το σχήμα της ενότητας A.1.

Στην ενότητα A.4 ορίζεται το σώμα ισχυρισμών μιας βάσης γνώσης, σε γλώσσα XML έγκυρη ως προς το σχήμα της DIG (βλ. κεφάλαιο 3.2). Ορίζονται ένας αριθμός από μάτια, στόματα και άλλα αντικείμενα, μαζί με τις θέσεις τους σε καρτεσιανές συντεταγμένες. Αυτό το σώμα ισχυρισμών εισάγεται ως είσοδο στον αλγόριθμο 3.4.1.

Η έξοδος του αλγορίθμου φαίνεται στην ενότητα A.5. Σε αυτήν, έχουν αναγνωριστεί δύο μάτια μαζί με το στόμα αφενός να ανήκουν στις σωστές έννοιες (Eye, Mouth) αντίστοιχα, αφετέρου τα σχηματιζόμενα τρίγωνα να έχουν τις σωστές γωνίες για τη συναρμολόγηση ενός σύνθετου αντικειμένου που να ανήκει στην έννοια Face. Σε δεύτερη επανάληψη του αλγορίθμου, το νέο σύνθετο αντικείμενο αναγνωρίζεται ως μέρος ενός ευρύτερου σύνθετου αντικειμένου που ανήκει στην έννοια Body.

Από τη δοκιμή αυτή φαίνονται ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του αλγορίθμου:

1. Ομαδοποίηση αντικειμένων
2. Έλεγχος σωστής κλάσης και σωστής θέσης
3. Επανάληψη μέχρι εξάντλησης της δυνατότητας συναρμολόγησης νέων σύνθετων αντικειμένων

3.6 Αβεβαιότητα των μερών

Στην παρούσα ενότητα προτείνουμε μία μέθοδο ανάλυσης της απόφασης για την ενσωμάτωση ενός μέρους σε ένα σύνθετο αντικείμενο υπό συνθήκες αβεβαιότητας, με βάση τη θεωρία ενδείξεων.

3.6.1 Θεωρία ενδείξεων (Dempster - Shafer)

Η **θεωρία ενδείξεων (evidence theory)** [53] είναι ένα μοντέλο συλλογιστικής υπό αβεβαιότητα, εναλλακτικό της μπεϋζιανής συλλογιστικής. Όπως η θεωρία πιθανοτήτων, θεωρείται το σύνολο Ω όλων των αμοιβαία αποκλειόμενων υποθέσεων, το οποίο καλείται **πλαίσιο διάκρισης (frame of discernment)** ή **καθολικό σύνολο (universal set)**. Αντίθετα όμως με τη θεωρία πιθανοτήτων, η μάζα πιθανότητας δεν κατανέμεται ανάμεσα στα στοιχεία του Ω , αλλά ανάμεσα στα υποσύνολά του. Η συνάρτηση κατανομής $m : 2^\Omega \rightarrow [0, 1]$ ονομάζεται **βασική απόδοση πίστης (basic belief assignment)** και είναι μία συνάρτηση με τις εξής ιδιότητες:

$$m(\emptyset) = 0 \quad (3.31)$$

$$\sum_{A \subseteq \Omega} m(A) = 1 \quad (3.32)$$

Για κάθε $A \subseteq \Omega$, το $m(A)$ αναπαριστά το βαθμό πίστης που παρέχουν οι διαθέσιμες ενδείξεις ότι η σωστή υπόθεση ανήκει στο A , χωρίς να υπάρχει ισχυρότερη ένδειξη

για κάποια από τα στοιχεία του. Τα $A \subseteq \Omega$, για τα οποία $m(A) \neq 0$ καλούνται **εστιακά στοιχεία (focal elements)** της m . Συσχετισμένα με την m είναι τα μέτρα **πίστης (belief)** και **εφικτότητας (plausibility)**, αντίστοιχα:

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad (3.33)$$

$$Pl(A) = \sum_{A \cap B \neq \emptyset} m(B) \quad (3.34)$$

Δύο βασικές αποδόσεις πίστης m_1, m_2 , που θεωρούνται εξίσου αξιόπιστες μπορούν να συνδυαστούν με τον κανόνα Dempster, ή **ορθογωνικό άθροισμα (orthogonal sum)**, παράγοντας τη βασική απόδοση πίστης $m = m_1 \oplus m_2$, που ορίζεται ως εξής:

$$m(A) = \frac{\sum_{B \cap C = A} m_1(B)m_2(C)}{\sum_{B \cap C \neq \emptyset} m_1(B)m_2(C)}, A \neq \emptyset \quad (3.35)$$

Εναλλακτικά, έχει προταθεί ο ακανονικοποιητος ή **συζευκτικός (conjunctive)** κανόνας $m = m_1 \cap m_2$:

$$m(A) = \sum_{B \cap C = A} m_1(B)m_2(C) \quad (3.36)$$

που έχει ως συνέπεια την απόδοση μη μηδενικής πίστης στο κενό σύνολο.

Η **πιγνιστική (pignistic)** πιθανότητα μιας υπόθεσης $\omega \in \Omega$ ορίζεται ως εξής:

$$BetP(\omega) = \sum_{\omega \in A} \frac{m(A)}{|A|} \quad (3.37)$$

Με βάση την πιγνιστική πιθανότητα λαμβάνονται βέλτιστες αποφάσεις από τις διαθέσιμες ενδείξεις. Αν συμβολίσουμε με $\lambda(\alpha|\omega)$ το **κόστος (cost)** της απόφασης α , δεδομένου ότι η σωστή υπόθεση είναι η ω , τότε ο **κίνδυνος (risk)** της απόφασης α , δεδομένης της απόδοσης πίστης m είναι:

$$R_{bet}(\alpha) = \sum_{\omega \in \Omega} \lambda(\alpha|\omega) BetP(\{\omega\}) \quad (3.38)$$

$$= \sum_{A \subseteq \Omega} \frac{m(A)}{|A|} \sum_{\omega \in A} \lambda(\alpha|\omega) \quad (3.39)$$

Με βάση τον ορισμό αυτό, επιλέγεται η απόφαση με τον μικρότερο κίνδυνο.

3.6.1.1 Ανάλυση απόφασης στην αναγνώριση προτύπων με βάση τη θεωρία ενδείξεων

Στα [21, 22, 23, 64], οι Denoeux et al παρουσιάζουν μία μέθοδο αναγνώρισης προτύπων βασισμένη στη θεωρία ενδείξεων (Dempster–Shafer, βλ. εν. 3.6.1). Δίνεται ένα αντικείμενο και ζητείται να αποφασιστεί σε ποια κλάση ανήκει, σύμφωνα με τις ενδείξεις των χαρακτηριστικών του. Καθολικό σύνολο Ω θεωρείται το σύνολο των δυνατών κλάσεων, στις οποίες μπορεί να αποδοθεί το αντικείμενο προς αναγνώριση. Η μέθοδος, που κατατάσσεται στις μεθόδους των k εγγύτερων γειτόνων, παράγει μία

βασική απόδοση πίστης με εστιακά στοιχεία τα μονοσύνολα $\{\omega_q\} \subseteq \Omega, q = 1, \dots, M$ και το καθολικό σύνολο Ω . Αναλύεται επίσης η διαδικασία απόφασης, που βασίζεται στην πιγνιστική πιθανότητα. Το αντικείμενο αποδίδεται στην κλάση με τη μεγαλύτερη πιγνιστική πιθανότητα, εκτός αν οι δύο μεγαλύτερες αποδόσεις πίστης είναι σχεδόν ίσες, (απόρριψη του διανύσματος λόγω αδυναμίας διάκρισης), ή αν πολύ μεγάλο μέρος της πίστης έχει αποδοθεί στο καθολικό σύνολο, που σημαίνει ότι το διάνυσμα απέχει πολύ από τις γνωστές κλάσεις (απόδοση σε άγνωστη κλάση, άλλη από τις γνωστές).

3.6.2 Ανάλυση απόφασης για την αναγνώριση σύνθετου αντικειμένου

Στην παρούσα ενότητα αναλύεται η απόφαση για τη σύνθεση σύνθετου αντικειμένου σε συνθήκες αβεβαιότητας.

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.6.1.1, ένα αντικείμενο ενδέχεται να απορριφθεί επειδή μοιάζει με παραπάνω από μία κλάσεις. Από την άλλη μεριά, αν μία από τις κλάσεις είναι μέρος σύνθετης οντότητας, και αυτή η οντότητα μπορεί να συμπληρωθεί, κατά την έννοια που δίνεται στον αλγ. 3.4.1, είναι δυνατό να αποδοθεί μεγαλύτερη πίστη στην κλάση αυτή, παρά στις υπόλοιπες, και έτσι να μην απορριφθεί η οντότητα. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να μειωθεί η αβεβαιότητα της αναγνώρισης.

Στην παρούσα ενότητα υιοθετούμε η προσέγγιση της εν. 3.6.1.1 για τη λήψη απόφασης για την αναγνώριση σύνθετης οντότητας. Οι ακόλουθες ενδείξεις για την ταυτότητα ενός αντικειμένου θα συνδυαστούν:

- οι ενδείξεις για την κλάση των μερών
- η ένδειξη για τη σωστή σχέση μεταξύ των μερών.

Για λόγους απλότητας θα περιοριστούμε σε δύο αντικείμενα x_1, x_2 , αν και η ίδια συλλογιστική μπορεί να εφαρμοστεί για οποιαδήποτε πλειάδα αντικειμένων.

Θεωρούμε ότι για καθένα αντικείμενο έχει υπολογιστεί η απόδοση πίστης για την κατάταξή του σε μία από τις γνωστές κλάσεις, με τον τρόπο που προτείνουν οι Depoux et al. Για ορισμένους συνδυασμούς κλάσεων, είναι δυνατό τα δύο αντικείμενα να είναι μέρη σύνθετου αντικειμένου. Αυτό εξαρτάται, εκτός από τις κλάσεις των δύο αντικειμένων, και από το κατά πόσο έχουν μεταξύ τους τη σωστή σχέση, πχ βρίσκονται στη σωστή θέση. Αυτή η ένδειξη δίνει την τρίτη απόδοση πίστης.

3.6.2.1 Ορισμός συνόλου αποφάσεων

Όπως αναφέρεται στην εν. 3.6.1.1, για καθένα από τα δύο αντικείμενα είναι δυνατή η λήψη απόφασης για την απόδοσή του σε μία κλάση (αποφάσεις $\alpha_q, q = 1, \dots, M$) ή για την απόρριψή του (απόφαση α_0). Για απλότητα, δε γίνεται διάκριση μεταξύ απόρριψης λόγω αδυναμίας διάκρισης και απόδοσης σε άγνωστη κλάση. Με παρόμοια συλλογιστική, για την απόφαση σύνθεσης σύνθετου αντικειμένου, είναι δυνατή η απόφαση για την αναγνώριση ενός σύνθετου αντικειμένου (αποφάσεις $\alpha_q, q = 1, \dots, M$), για τη μη αναγνώριση σύνθετου αντικειμένου (απόφαση α_0), όταν η σχέση μεταξύ των δύο αντικειμένων απέχει πολύ από τις γνωστές, ή για την απόρριψή του (απόφαση α_0), όταν οι δύο μεγαλύτερες αποδόσεις πίστης είναι σχεδόν ίσες.

Όταν έχει ληφθεί απόφαση για τα δύο αντικείμενα x_1, x_2 , μπορεί να ληφθεί απόφαση για την αναγνώριση σύνθετου αντικειμένου, για τη μη αναγνώριση σύνθετου αντικειμένου ή για την απόρριψη σύνθετου αντικειμένου. Όταν έχει απορριφθεί κάποιο από τα δύο αντικείμενα, ή και τα δύο, τότε απορρίπτεται και το σύνθετο αντικείμενο. Επομένως, το σύνολο των δυνατών αποφάσεων είναι: $A = \{\alpha_{ijk} \mid 1 \leq i, j, k \leq M\} \cup \{\alpha_{ij\emptyset} \mid 1 \leq i, j \leq M\} \cup \{\alpha_{i\emptyset j} \mid 1 \leq i, j \leq M\} \cup \{\alpha_{i00} \mid 1 \leq i \leq M\} \cup \{\alpha_{0j0} \mid 1 \leq j \leq M\} \cup \{\alpha_{000}\}$

3.6.2.2 Ορισμός καθολικού συνόλου

Επειδή η απόφαση για τα δύο αντικείμενα επηρεάζει την απόφαση για τη σύνθεση, και αντιστρόφως, το καθολικό σύνολο είναι το καρτεσιανό γινόμενο των επιμέρους καθολικών συνόλων:

$$\Omega_2 = \Omega \times \Omega \times (\{\emptyset\} \cup \Omega) \quad (3.40)$$

Η πρώτη διάσταση του καθολικού συνόλου αφορά την ταυτότητα του πρώτου αντικειμένου, η δεύτερη αφορά την ταυτότητα του δεύτερου αντικειμένου και η τρίτη αφορά την ταυτότητα του σύνθετου αντικειμένου, ή την απόρριψη του σύνθετου αντικειμένου. Με \emptyset συμβολίζεται η υπόθεση της μη σύνθεσης.

Από τη μερονομική σχέση, είναι γνωστό ότι ορισμένοι μόνο συνδυασμοί κλάσεων επιτρέπουν σύνθεση σε σύνθετες κλάσεις. Επομένως, το καθολικό σύνολο της εξ. 3.40 περιορίζεται σε:

$$\Omega_2 = \Omega \times \Omega \times \{\emptyset\} \cup \Omega'_2 \quad (3.41)$$

$$\Omega'_2 \subseteq \Omega^3 \quad (3.42)$$

όπου το σύνολο Ω'_2 περιέχει τις επιτρεπτές συνθέσεις κλάσεων.

3.6.2.3 Άλλοι ορισμοί

Είναι χρήσιμοι επίσης οι ορισμοί:

$$\omega_0 = \emptyset \quad (3.43)$$

$$\bar{\Omega} = \Omega \cup \{\omega_0\} \quad (3.44)$$

$$\Omega_2(\omega_i, \omega_j) = \{\omega_i\} \times \{\omega_j\} \times \bar{\Omega} \cap \Omega_2 \quad (3.45)$$

$$\Omega_{21}(\omega) = \{\omega\} \times \Omega \times \bar{\Omega} \cap \Omega_2 \quad (3.46)$$

$$\Omega_{22}(\omega) = \Omega \times \{\omega\} \times \bar{\Omega} \cap \Omega_2 \quad (3.47)$$

$$\Omega_2(\omega) = \Omega^2 \times \{\omega\} \cap \Omega'_2 \quad (3.48)$$

$$A|\Omega^2 = \{ \langle \omega_i, \omega_j \rangle \in \Omega^2 \mid \exists \omega_k \in \Omega : \langle \omega_i, \omega_j, \omega_k \rangle \in A \} \quad (3.49)$$

$$\omega_{ijk} = \langle \omega_i, \omega_j, \omega_k \rangle, \quad 0 \leq i, j, k \leq M \quad (3.50)$$

Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς:

- Το $\Omega_2(\omega_i, \omega_j)$ παριστάνει το σύνολο των υποθέσεων που περιλαμβάνουν την απόδοση του x_1 στο ω_1 και του x_2 στο ω_2 . Οι υποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν τόσο τη μη σύνθεση, όσο και τα σύνθετα αντικείμενα που είναι συμβατά με τις δύο αποδόσεις
- Τα $\Omega_{21}(\omega), \Omega_{22}(\omega)$ παριστάνουν τα σύνολα των υποθέσεων που περιλαμβάνουν την απόδοση στο ω αντίστοιχα των x_1, x_2
- Το $\Omega_2(\omega)$ παριστάνει το σύνολο των υποθέσεων που περιλαμβάνουν τη σύνθεση του σύνθετου αντικειμένου ω
- Το $A|\Omega^2$ συμβολίζει την προβολή του συνόλου $A \subseteq \Omega^3$ στο σύνολο Ω^2

3.6.2.4 Βασικές αποδόσεις πίστης

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχουν τρεις ξεχωριστές ενδείξεις, δύο για καθένα αντικείμενο και μία για την μεταξύ τους σχέσεις. Καθεμιά από τις τρεις ενδείξεις επάγει μία αντίστοιχη απόδοση πίστης στο Ω_2 :

$$m_1 = \sum_{1 \leq i \leq M} \Omega_{21}(\omega_i)/m_{1i} + \Omega_2/m_{10} \quad (3.51)$$

$$m_2 = \sum_{1 \leq j \leq M} \Omega_{22}(\omega_j)/m_{2j} + \Omega_2/m_{20} \quad (3.52)$$

$$m_3 = \sum_{\Omega_2(\omega_k) \neq \emptyset} \Omega_2(\omega_k) \cup (\Omega^2 - (\Omega_2(\omega_k)|\Omega^2) \times \bar{\Omega})/m_{3k} + \Omega_2/m_{30} \quad (3.53)$$

όπου χρησιμοποιείται ο συμβολισμός $m = \sum_{m(A_i) \neq 0} A_i/m(A_i)$ για την απόδοση πίστης m .

Οι αποδόσεις πίστης m_1, m_2 αντιστοιχούν αντίστοιχα στην αναγνώριση των αντικειμένων x_1, x_2 και η απόδοση πίστης m_3 αντιστοιχεί στην αναγνώριση της σχέσης μεταξύ των x_1, x_2 που είναι προϋπόθεση για τη σύνθεση.

Κάθε εστιακό στοιχείο της απόδοσης πίστης m_3 , στην εξ. 3.53, πλην του Ω_2 , αντιστοιχεί στο σύνολο των υποθέσεων που περιλαμβάνουν τη σύνθεση μιας σύνθετης οντότητας ω_k , υπό την προϋπόθεση ότι τα αντικείμενα x_1, x_2 αποδίδονται στις κλάσεις που, αντίστοιχα, συνθέτουν την ω_k . Ισοδύναμα, αντιστοιχούν στο σύνολο των υποθέσεων που, είτε περιλαμβάνουν τη σύνθεση της σύνθετης οντότητας ω_k (όρος $\Omega_2(\omega_k)$ του εστιακού στοιχείου), είτε δεν περιλαμβάνουν την απόδοση των x_1, x_2 στις κλάσεις που τη συνθέτουν (όρος $\Omega^2 - (\Omega_2(\omega_k)|\Omega^2) \times \bar{\Omega}$ του εστιακού στοιχείου).

Ο συνδυασμός των τριών αποδόσεων πίστης υπολογίζεται από το ορθογωνικό άθροισμα, δηλ. από τον κανόνα Dempster (εξ. 3.35):

$$m_{1,2} = m_1 \oplus m_2 = \sum_{1 \leq i, j \leq M} \Omega_2(\omega_i, \omega_j) / m_{1,2:ij} + \sum_{1 \leq i \leq M} \Omega_{21}(\omega_i) / m_{1,2:i0} + \sum_{1 \leq j \leq M} \Omega_{22}(\omega_j) / m_{1,2:0j} + \Omega_2 / m_{1,2:00} \quad (3.54)$$

$$m_{1,2:ij} = m_{1i} m_{2j} \quad (3.55)$$

$$m = m_{1,2} \oplus m_3 = \sum_{\substack{0 \leq i, j, k \leq M \\ \Omega_{ijk} \neq \emptyset}} \Omega_{ijk} / m_{ijk} \quad (3.56)$$

$$m_{ijk} = m_{1,2:ij} m_{3k} / K, \quad 1 \leq i, j, k \leq M, \quad \Omega_{ijk} \neq \emptyset \quad (3.57)$$

$$m_{ij0} = m_{1,2:ij} m_{30} / K + \frac{1}{K} \sum_{1 \leq k \leq M} \begin{cases} m_{1,2:ij} m_{3k} & \Omega_{ijk} = \emptyset \\ 0 & \Omega_{ijk} \neq \emptyset \end{cases}, \quad 1 \leq i, j \leq M \quad (3.58)$$

$$m_{i0k} = m_{1,2:i0} m_{3k}, \quad 1 \leq i, k \leq M, \quad \Omega_{i0k} \neq \emptyset \quad (3.59)$$

$$m_{i00} = m_{1,2:i0} m_{30} / K + \frac{1}{K} \sum_{1 \leq k \leq M} \begin{cases} m_{1,2:i0} m_{3k} & \Omega_{i0k} = \emptyset \\ 0 & \Omega_{i0k} \neq \emptyset \end{cases}, \quad 1 \leq i \leq M \quad (3.60)$$

$$m_{0jk} = m_{1,2:0j} m_{3k}, \quad 1 \leq j, k \leq M, \quad \Omega_{0jk} \neq \emptyset \quad (3.61)$$

$$m_{0j0} = m_{1,2:0j} m_{30} / K + \frac{1}{K} \sum_{1 \leq k \leq M} \begin{cases} m_{1,2:0j} m_{3k} & \Omega_{0jk} = \emptyset \\ 0 & \Omega_{0jk} \neq \emptyset \end{cases}, \quad 1 \leq j \leq M \quad (3.62)$$

$$K = \sum_{\substack{0 \leq i, j, k \leq M \\ \Omega_{ijk} \neq \emptyset}} m_{1,2:ij} m_{3k} \quad (3.63)$$

$$\Omega_{ijk} = \begin{cases} \{\omega_{ijk}\} & \omega_{ijk} \in \Omega'_2 \\ \emptyset & \omega_{ijk} \notin \Omega'_2 \end{cases}, \quad 1 \leq i, j, k \leq M \quad (3.64)$$

$$\Omega_{i0k} = \begin{cases} (\Omega_{21}(\omega_i) \cap \Omega_2(\omega_k)) \cup \cup(((\Omega_{21}(\omega_i) - \Omega_2(\omega_k)) | \Omega^2) \times \bar{\Omega}) & \Omega_{21}(\omega_i) \cap \Omega_2(\omega_k) \neq \emptyset \\ \emptyset & \Omega_{21}(\omega_i) \cap \Omega_2(\omega_k) = \emptyset \end{cases}, \quad 1 \leq i, k \leq M \quad (3.65)$$

$$\Omega_{0jk} = \begin{cases} (\Omega_{22}(\omega_j) \cap \Omega_2(\omega_k)) \cup \cup(((\Omega_{22}(\omega_j) - \Omega_2(\omega_k)) | \Omega^2) \times \bar{\Omega}) & \Omega_{22}(\omega_j) \cap \Omega_2(\omega_k) \neq \emptyset \\ \emptyset & \Omega_{22}(\omega_j) \cap \Omega_2(\omega_k) = \emptyset \end{cases}, \quad 1 \leq j, k \leq M \quad (3.66)$$

$$\Omega_{00k} = \Omega_2(\omega_k) \cup (\Omega_2 - (\Omega_2(\omega_k) | \Omega^2) \times \bar{\Omega}), \quad 1 \leq k \leq M, \quad \Omega_2(\omega_k) \neq \emptyset \quad (3.67)$$

$$\Omega_{ij0} = \Omega_2(\omega_i, \omega_j), 1 \leq i, j \leq M \quad (3.68)$$

$$\Omega_{i00} = \Omega_{21}(\omega_i), 1 \leq i \leq M \quad (3.69)$$

$$\Omega_{0j0} = \Omega_{22}(\omega_j), 1 \leq j \leq M \quad (3.70)$$

$$\Omega_{000} = \Omega_2 \quad (3.71)$$

3.6.2.5 Κατανομή πιγνιστικής πιθανότητας

Η κατανομή πιγνιστικής πιθανότητας, σύμφωνα με τον ορισμό (εξ. 3.37) που αντιστοιχεί στην απόδοση πίστης m είναι:

$$\begin{aligned} \text{BetP}(\omega_{ijk}) &= \begin{cases} m_{ijk} & \Omega_{ijk} \neq \emptyset \\ 0 & \Omega_{ijk} = \emptyset \end{cases} + \begin{cases} \frac{m_{i0k}}{|\Omega_{i0k}|} & \Omega_{i0k} \neq \emptyset \\ 0 & \Omega_{i0k} = \emptyset \end{cases} + \begin{cases} \frac{m_{0jk}}{|\Omega_{0jk}|} & \Omega_{0jk} \neq \emptyset \\ 0 & \Omega_{0jk} = \emptyset \end{cases} + \\ &+ \begin{cases} \frac{m_{00k}}{|\Omega_{00k}|} & \Omega_{00k} \neq \emptyset \\ 0 & \Omega_{00k} = \emptyset \end{cases} + \frac{m_{ij0}}{|\Omega_{ij0}|} + \frac{m_{i00}}{|\Omega_{i00}|} + \frac{m_{0j0}}{|\Omega_{0j0}|} + \frac{m_{000}}{|\Omega_{000}|}, \\ &1 \leq i, j, k \leq M \end{aligned} \quad (3.72)$$

$$\begin{aligned} \text{BetP}(\omega_{ij0}) &= \sum_{\substack{\omega_{ijk} \notin \Omega'_2 \\ \Omega_{i0k} \neq \emptyset}} \frac{m_{i0k}}{|\Omega_{i0k}|} + \sum_{\substack{\omega_{ijk} \notin \Omega'_2 \\ \Omega_{0jk} \neq \emptyset}} \frac{m_{0jk}}{|\Omega_{0jk}|} + \sum_{\substack{\omega_{ijk} \notin \Omega'_2 \\ \Omega_{00k} \neq \emptyset}} \frac{m_{00k}}{|\Omega_{00k}|} + \frac{m_{ij0}}{|\Omega_{ij0}|} + \\ &+ \frac{m_{i00}}{|\Omega_{i00}|} + \frac{m_{0j0}}{|\Omega_{0j0}|} + \frac{m_{000}}{|\Omega_{000}|}, 1 \leq i, j \leq M \end{aligned} \quad (3.73)$$

3.6.2.6 Ανάλυση απόφασης

Για την ανάλυση της απόφασης, ορίζουμε το κόστος κάθε απόφασης:

$$\lambda(\alpha_{ijk}|\omega_{ijk}) = \lambda(\alpha_{ij\emptyset}|\omega_{ij0}) = 0, 1 \leq i, j, k \leq M \quad (3.74)$$

$$\lambda(\alpha_{ijk}|\omega) = 1, 1 \leq i, j, k \leq M, \omega_{ijk} \neq \omega \in \Omega_2 \quad (3.75)$$

$$\lambda(\alpha_{ij\emptyset}|\omega) = 1, 1 \leq i, j \leq M, \omega_{ij0} \neq \omega \in \Omega_2 \quad (3.76)$$

$$\begin{aligned} \lambda(\alpha_{ij0}|\omega_{ijk}) &= \lambda(\alpha_{i00}|\omega_{ijk}) = \lambda(\alpha_{0j0}|\omega_{ijk}) = \\ &= \lambda(\alpha_{000}|\omega_{ijk}) = \lambda_0, 1 \leq i, j \leq M, 0 \leq k \leq M \end{aligned} \quad (3.77)$$

$$\lambda(\alpha_{ij0}|\omega_{lmn}) = 1, 1 \leq i, j, l, m \leq M, \langle i, j \rangle \neq \langle l, m \rangle, 0 \leq n \leq M \quad (3.78)$$

$$\lambda(\alpha_{i00}|\omega_{ljk}) = \lambda(\alpha_{0i0}|\omega_{ilk}) = 1, 1 \leq i, j, l \leq M, l \neq i, 0 \leq k \leq M \quad (3.79)$$

$$\lambda_0 \leq 1 \quad (3.80)$$

Σύμφωνα με τις παραπάνω ορισμούς, η απόφαση για τη σωστή υπόθεση δεν έχει κόστος (εξ. 3.74), η απόφαση για λανθασμένη υπόθεση (εξ.3.75, 3.76, 3.78) έχει κόστος 1, ενώ η απόφαση για απόρριψη, έχει κόστος λ_0 . Αυτοί οι ορισμοί είναι σύμφωνοι με τα κόστη που ορίζονται από τον Dejnozch.

Οι κίνδυνοι των αποφάσεων, σύμφωνα με την εξ. 3.38, είναι συναρτήσεις της κατανομής πιγνιστικής πιθανότητας και των κοστών των αποφάσεων:

$$R_{bet}(\alpha_{ijk}) = 1 - \text{BetP}(\omega_{ijk}), 1 \leq i, j, k \leq M \quad (3.81)$$

$$R_{bet}(\alpha_{ij\emptyset}) = 1 - \text{BetP}(\omega_{ij\emptyset}), 1 \leq i, j \leq M \quad (3.82)$$

$$R_{bet}(\alpha_{ij0}) = \lambda_0 \sum_{0 \leq k \leq M} \text{BetP}(\omega_{ijk}) + \sum_{\substack{1 \leq l, m \leq M \\ 0 \leq k \leq M \\ \langle i, j \rangle \neq \langle l, m \rangle}} \text{BetP}(\omega_{lmk}), \quad 1 \leq i, j \leq M \quad (3.83)$$

$$R_{bet}(\alpha_{i00}) = \lambda_0 \sum_{\substack{1 \leq j \leq M \\ 0 \leq k \leq M}} \text{BetP}(\omega_{ijk}) + \sum_{\substack{1 \leq l, j \leq M \\ 0 \leq k \leq M \\ l \neq i}} \text{BetP}(\omega_{ljk}), 1 \leq i \leq M \quad (3.84)$$

$$R_{bet}(\alpha_{0j0}) = \lambda_0 \sum_{\substack{1 \leq i \leq M \\ 0 \leq k \leq M}} \text{BetP}(\omega_{ijk}) + \sum_{\substack{1 \leq l, i \leq M \\ 0 \leq k \leq M \\ l \neq j}} \text{BetP}(\omega_{ilk}), 1 \leq j \leq M \quad (3.85)$$

$$R_{bet}(\alpha_{000}) = \lambda_0 \quad (3.86)$$

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, επιλέγεται η απόφαση με τον μικρότερο κίνδυνο.

Κεφάλαιο 4

Επέκταση ασαφών βάσεων γνώσης

Αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου είναι οι τεχνικές επέκτασης βάσεων γνώσης, στη γενική περίπτωση που η γνώση είναι ασαφής. Παρουσιάζονται ορισμένα θεωρητικά αποτελέσματα σχετικά με τις ιδιότητες του ισοδυναμικού κλεισίματος ασαφούς σχέσης και με τη διατήρηση των ιδιοτήτων ασαφούς σχέσης μετά από περικοπή μικρών στοιχείων.

4.1 Βάσεις γνώσης

Μία **οντολογία (ontology)** είναι ένα σύνολο από έννοιες (κλάσεις από οντότητες), ιδιότητες των εννοιών, σχέσεις ανάμεσα σε έννοιες και κανόνες, που διέπουν τις έννοιες και τις σχέσεις. Μία οντολογία ορίζει ένα σύνολο δυνατών κόσμων, που καλούνται μοντέλα της οντολογίας. Ένα μοντέλο οντολογίας είναι ένα σύνολο από οντότητες, που ανήκουν στις αντίστοιχες έννοιες, και από διατεταγμένες ομάδες αυτών των αντικειμένων, που ανήκουν στις αντίστοιχες σχέσεις. Μία **εννοιολογική περιγραφή (conceptualization)** ενός κόσμου περιλαμβάνει την κατασκευή ενός μοντέλου μιας οντολογίας και την αντιστοίχιση των αντικειμένων του κόσμου με τις οντότητες του μοντέλου. Από μία βάση γνώσης, που αποτελείται από μία οντολογία και ένα μοντέλο της, είναι δυνατό να γίνουν συλλογισμοί (π.χ. επικύρωση, υπαγωγή και αναγνώριση), μέσω της αντιστοίχισης της οντολογίας σε μία λογική πρώτης τάξης (βλ παρ. 3.2 & 3.3).

Ένα πολυμεσικό έγγραφο μπορεί να περιγραφεί εννοιολογικά μέσω των σημασιολογικών σχέσεων που έχουν οριστεί για την περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου από το MPEG-7 [34].

Με τη βοήθεια των συλλογισμών αυτών είναι δυνατό να γίνουν εργασίες όπως η επεξεργασία της ερώτησης, και η αναγνώριση σύνθετων αντικειμένων, που παρουσιάζονται αντίστοιχα στα κεφ. 5 και 3.

4.1.1 Τριάδες RDF

Ένα αρκετά γενικό είδος γνώσης είναι κατηγορηματική γνώση της μορφής $R(a, b)$, όπου a, b οντότητες και R διμελής σχέση. Μέσω τέτοιων τριάδων μπορούν να παρασταθούν πολλά είδη γνώσης, π.χ. υπαγωγή (SpecializedBy), στιγμιότυπο (TypeOf), Μερονομία (PartOf) και άλλες.

Τέτοιου είδους τριάδες μπορούν να παρασταθούν στη γλώσσα RDF. Ένα παράδειγμα φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 4.1: τ-νόρμες και οι δυϊκές τους σ-νόρμες, ως προς το πρότυπο συμπλήρωμα

| Όνομα τ-νόρμας | Ορισμός τ-νόρμας | Όνομα σ-νόρμας | Ορισμός σ-νόρμας |
|--------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| Πρότυπη τομή | $\min(x, y)$ | Πρότυπη ένωση | $\max(x, y)$ |
| Αλγεβρικό γινόμενο | xy | Αλγεβρικό άθροισμα | $a + b - ab$ |
| Φραγμένη διαφορά | $\max(0, a + b - 1)$ | Φραγμένο άθροισμα | $\min(1, a + b)$ |

```
<?xml version="1.0"?><rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:contact="http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#">
  <contact:Person rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
    <contact:fullName>Eric Miller</contact:fullName>
  </contact:Person>
</rdf:RDF>
```

Αλγεβρικά, αυτό το τμήμα RDF μπορεί να παρασταθεί ως ένα κατηγορημα: $\text{fullName}(\text{Person}, \text{EricMiller})$

4.1.2 Ασαφής γνώση

Η σημασιολογία μιας εννοιολογικής αναπαράστασης προκύπτει από την ερμηνεία των εννοιών ως (κλασικά) σύνολα των ερμηνειών των οντοτήτων. Επεκτάσεις των ερμηνειών ώστε να περιλαμβάνουν ασαφείς έννοιες και ασαφείς σχέσεις υπαγωγής έχουν προταθεί (βλ. παρ. 3.2). Τέτοιες επεκτάσεις είναι χρήσιμες στην αναγνώριση προτύπων, η οποία συνήθως περιλαμβάνει βαθμούς συσχέτισης ενός αντικειμένου με ένα πρότυπο. Η συνάρτηση συμμετοχής ενός ασαφούς συνόλου μπορεί να έχει ποικίλες ερμηνείες: ομοιότητα, προτίμηση, αβεβαιότητα [27]. Από αυτές τις ερμηνείες, η ομοιότητα είναι αυτή που σχετίζεται με την αναγνώριση προτύπων.

Μία διμελής σχέση μπορεί να ασαφοποιηθεί ως μία ασαφής διμελής σχέση: $R(a, b) = r, r \in [0, 1]$

4.1.3 Επέκταση γνώσης

Λέγοντας **επέκταση γνώσης**, εννοούμε τον εμπλουτισμό του συνόλου των κατηγορημάτων με νέα κατηγορήματα, με τη βοήθεια κανόνων. Μία βάση γνώσης μπορεί να επεκταθεί μέσω σχεσιακών κανόνων της μορφής $R_i \doteq R_i \cup f_i(R_1, \dots, R_m)$ [6, 5, 7, 8].

Η συνάρτηση f_i συνδέει μία σχέση με το σύνολο των σχέσεων μέσω:

Αλγεβρικές πράξεις: ένωση, τομή, συμπλήρωμα, σύνθεση ($\text{sup} - t$)

Αλγεβρικά κλεισίματα: ανακλαστικό, συμμετρικό, μεταδατικό

Περικοπή μικρών στοιχείων: Περικοπή των στοιχείων $r : r \leq \alpha, \alpha \in [0, 1]$

4.2 Ασαφή Σύνολα

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία εισαγωγή στις κυριότερες έννοιες της θεωρίας ασαφών συνόλων [37].

Όπως στην κλασική θεωρία συνόλων, αφετηρία είναι ένα καθολικό σύνολο X . Ένα **ασαφές σύνολο** A επί του (ένα ασαφές υποσύνολο του) αναπαριστάται με μία

συνάρτηση συμμετοχής $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$. Συχνά το σύμβολο της συνάρτησης συμμετοχής είναι το ίδιο το σύμβολο A . Για $x \in X$, το $A(x)$ συμβολίζει το βαθμό, στον οποίο το x ανήκει στο A .

Ένα ασαφές σύνολο A καλείται **κανονικό** αν το **ύψος** $h(A) \doteq \sup_{x \in X} A(x)$ είναι 1.

Άλλες έννοιες της κλασικής θεωρίας συνόλων, που γενικεύονται από τη θεωρία ασαφών συνόλων είναι ο **βαθμωτός πληθικός αριθμός** $|A| = \sum_{x \in X} A(x)$, το **υποσύνολο**,

$A \subseteq B \Leftrightarrow A(x) \leq B(x), \forall x \in X$ το **ασαφές υποσύνολο**, $S(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A|}$ και οι έννοιες της **τομής** (τ-νόρμα), **ένωσης** (σ-νόρμα) και **συμπληρώματος**. Αντίθετα με την κλασική θεωρία συνόλων, υπάρχουν πολλές επιλογές για συναρτήσεις τομής, ένωσης και συμπληρώματος. Οι συνηθέστερες (**πρότυπες**) επιλογές είναι για τομή η \min , για ένωση η \max και για συμπλήρωμα η $\lambda x.(1-x)$. Στον πίνακα 4.1, παρουσιάζονται ορισμένες τ-νόρμες και οι δυϊκές τους (που ικανοποιούν το νόμο De Morgan) σ-νόρμες ως προς το πρότυπο συμπλήρωμα)

Μία **ασαφής σχέση** από το (κλασικό) σύνολο A στο B είναι ένα ασαφές σύνολο επί του $A \times B$. Το $R(a, b)$ αντιστοιχεί στο βαθμό που το a σχετίζεται με το b μέσω της σχέσης R . Η **αντίστροφη** σχέση ορίζεται ως εξής: $R^{-1}(a, b) \doteq R(b, a)$. Η **σύνθεση** $\sup -t$ ορίζεται ως εξής: $\left[A \overset{t}{\circ} B \right] (a, b) \doteq \sup_c (A(a, c), B(c, b))$. Η αντίστροφη της σύνθεσης ισούται: $(P \circ Q)^{-1} = Q^{-1} \circ P^{-1}$

Η **ταυτοτική σχέση**, $I(a, b) = 1, a = b, I(a, b) = 0, a \neq b$, είναι το ουδέτερο στοιχείο της σύνθεσης: $R \circ I = I \circ R = R, \forall R$.

Συχνά συναντιούνται οι ιδιότητες της **ανακλαστικότητας** ($I \subseteq R$), **συμμετρικότητας** ($R = R^{-1}$) και **μεταβατικότητας** $\sup -t$ ($R \overset{t}{\circ} R \subseteq R$). Επίσης, οι ιδιότητες της **ισοδυναμίας** (ανακλαστική, συμμετρική και μεταβατική), **συμβατότητας** (ανακλαστική και συμμετρική), **διάταξης** (αντισυμμετρική και μεταβατική) και **ημιδιάταξης** (μεταβατική και ανακλαστική).

4.3 Μία νέα προσέγγιση: το ισοδυναμικό κλείσιμο ασαφούς σχέσης

Αναφέρθηκε στην εν. 4.1.3 ότι ένας τρόπος αυτόματης επέκτασης μιας βάσης γνώσης είναι μέσω αλγεβρικών κλεισιμάτων. Μία σχέση ισοδυναμίας είναι ανακλαστική, συμμετρική και μεταβατική (παρ. 4.2). Σε αυτή την ενότητα, προτείνουμε μία νέα προσέγγιση στο πλαίσιο της αυτόματης επέκτασης γνώσης: δείχνουμε ότι η σχέση $Eg(R) = Tr(Sym(Ref(R)))$ είναι το ισοδυναμικό κλείσιμο της αρχικής σχέσης και δίνουμε μερικές από τις ιδιότητές της [5, 6].

Θεώρημα 4.1 Οι ακόλουθες ιδιότητες ικανοποιούνται από την $Eg(R)$:

1. Η σύνθεση ανακλαστικής σχέσης με ανακλαστική σχέση είναι ανακλαστική σχέση
2. Το μεταβατικό κλείσιμο συμμετρικής σχέσης είναι συμμετρική σχέση
3. Το μεταβατικό κλείσιμο ανακλαστικής σχέσης είναι ανακλαστική σχέση

$$4. \text{Sym}(\text{Ref}(A)) = \text{Ref}(\text{Sym}(A))$$

$$5. \text{Ref}(\text{Tr}(A)) = \text{Tr}(\text{Ref}(A))$$

Απόδειξη:

1. Έστω A, B ανακλαστικές σχέσεις, δηλ. $A(x, x) = B(x, x) = 1$.

$$\begin{aligned} (A \circ^i B)(x, x) &= \sup_z i[A(x, z), B(z, x)] = i[A(x, x), B(x, x)] \text{ (μονοτονία των } t\text{-νορμών)} \\ &= i(1, 1) = 1 \text{ (συννοριακή συνθήκη για } t\text{-νόρμες)} \end{aligned}$$

2. Το μεταβατικό κλείσιμο της σχέσης A είναι:

$$\text{Tr}(A) = \bigcup_{n=1}^{\infty} A^{(n)}$$

Επομένως, αρκεί να αποδείξουμε ότι η $A^{(n)}$ είναι συμμετρική, για κάθε n . Η απόδειξη της συμμετρικότητας είναι επαγωγική:

– Πρώτα αποδεικνύουμε ότι η σχέση $A \circ^i A$ είναι συμμετρική:

Αφού η A είναι συμμετρική, $A(x, y) = A(y, x)$.

$$\begin{aligned} (A \circ^i A)(x, y) &= \sup_z i[A(x, z), A(z, y)] = \sup_z i[A(y, z), A(z, x)] \text{ (προσεταιριστικότητα των } t\text{-νορμών)} \\ &= (A \circ^i A)(y, x) \end{aligned}$$

– Μετά, αποδεικνύουμε ότι αν η $A^{(n)}$ είναι συμμετρική, τότε η $A^{(n+1)}$ είναι συμμετρική.

$$\begin{aligned} A^{(n)} &= (A^{(n)})^{-1} \implies A \circ^i A^{(n-1)} = (A \circ^i A^{(n-1)})^{-1} \text{ (ορισμός της } A^{(n)}) \\ &= (A^{(n-1)})^{-1} \circ^i A^{-1} \text{ (αντιστροφή της σύνθεσης)} \\ &= A^{(n-1)} \circ^i A \text{ (συμμετρικότητα των } A^{(n-1)}, A) \end{aligned}$$

$A^{(n+1)} = A \circ^i A^{(n)} = A \circ^i A \circ^i A^{(n-1)} = A \circ^i A^{(n-1)} \circ^i A$ (προσεταιριστικότητα της σύνθεσης και η παραπάνω ιδιότητα)

$$\begin{aligned} (A^{(n+1)})^{-1} &= (A \circ^i A^{(n)})^{-1} = (A^{(n)})^{-1} \circ^i A^{-1} = (A^{(n)}) \circ^i A = A \circ^i A^{(n-1)} \circ^i A = \\ &A^{(n+1)} \text{ (από την παραπάνω ιδιότητα)} \end{aligned}$$

3. Επειδή $\text{Tr}(A) = \bigcup_{n=1}^{\infty} A^{(n)}$ και από την πρ. 1 παραπάνω, η $\text{Tr}(A)$ είναι ένωση ανακλαστικών σχέσεων, άρα είναι ανακλαστική

$$4. \text{Ref}(\text{Sym}(A)) = A \cup A^{-1} \cup I$$

$$\text{Sym}(\text{Ref}(A)) = A \cup I \cup (A \cup I)^{-1} = A \cup I \cup A^{-1} \cup I = A \cup A^{-1} \cup I = \text{Ref}(\text{Sym}(A))$$

$$5. \text{Ref}(Tr(A)) = \bigcup_{n=1}^{\infty} A^{(n)} \cup I$$

$$Tr(\text{Ref}(A)) = \bigcup_{n=1}^{\infty} (A^{(n)} \cup I) = \bigcup_{n=1}^{\infty} A^{(n)} \cup I = \text{Ref}(Tr(A))$$

■

Έτσι, η $Eq(A)$ είναι όντως το ισοδυναμικό κλείσιμο της A . Επιπλέον, η σύνθεση $\text{sup} -t$ διατηρεί την ανακλαστικότητα. Πριν συνεχίσουμε, είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε κάποιες ιδιότητες που δεν ισχύουν:

- Η σύνθεση συμμετρικής σχέσης με σχέση ισοδυναμίας γενικά δεν είναι συμμετρική σχέση
- Η σύνθεση μεταβατικής σχέσης με σχέση ισοδυναμίας γενικά δεν είναι μεταβατική σχέση
- Η σύνθεση σχέσης ισοδυναμίας με σχέση ισοδυναμίας γενικά δεν είναι σχέση ισοδυναμίας

Εφόσον η σύνθεση δε διατηρεί τις σχέσεις, με την εξαίρεση της ανακλαστικότητας, μετά τη σύνθεση απαιτείται το αντίστοιχο κλείσιμο. Το θεώρημα 4.2.8 δείχνει ότι, για σχέσεις ισοδυναμίας, η σύνθεση και το κλείσιμο αρκεί να γίνουν μία φορά.

Θεώρημα 4.2 Το ισοδυναμικό κλείσιμο μιας σύνθεσης $\text{sup} -t$ ικανοποιεί τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. Αν η A είναι ανακλαστική, τότε $A \subseteq A \overset{i}{\circ} A$
2. Αν η A είναι ανακλαστική, τότε $\forall B, B \subseteq A \overset{i}{\circ} B$ και $B \subseteq B \overset{i}{\circ} A$
3. Αν η B είναι ανακλαστική, τότε $\forall A, Eq(A \overset{i}{\circ} B) \subseteq Eq(A \overset{i}{\circ} B) \overset{i}{\circ} B$ και $Eq(B \overset{i}{\circ} A) \subseteq Eq(B \overset{i}{\circ} A) \overset{i}{\circ} B$
4. $A \subseteq Eq(A)$
5. Αν η A είναι ανακλαστική, τότε $\forall B, B \subseteq Eq(A \overset{i}{\circ} B)$ και $B \subseteq Eq(B \overset{i}{\circ} A)$
6. Αν η A είναι ανακλαστική και μεταβατική, τότε $A = A \overset{i}{\circ} A$
7. Αν η A είναι ανακλαστική, τότε $\forall B, Eq(A \overset{i}{\circ} B) \supseteq Eq(A \overset{i}{\circ} B) \overset{i}{\circ} B$ και $Eq(B \overset{i}{\circ} A) \supseteq Eq(B \overset{i}{\circ} A) \overset{i}{\circ} B$
8. Αν οι A, B είναι ανακλαστικές, τότε:
 $Eq(A \overset{i}{\circ} B) = Eq(A \overset{i}{\circ} B) \overset{i}{\circ} B$ και
 $Eq(B \overset{i}{\circ} A) = Eq(B \overset{i}{\circ} A) \overset{i}{\circ} B$

Απόδειξη:

1. $(A \overset{i}{\circ} A)(x, y) = \sup_z i[A(x, z), A(z, y)]$
για $z = x : (A \overset{i}{\circ} A) = i[A(x, x), A(x, y)] = i[1, A(x, y)] = A(x, y)$. Επομένως
 $A(x, y) \leq (A \overset{i}{\circ} A)(x, y)$.
2. $I \subseteq A \implies I \overset{i}{\circ} B \subseteq A \overset{i}{\circ} B$ (επειδή η σύνθεση είναι αύξουσα)
 $\implies B \subseteq A \overset{i}{\circ} B$
 $I \subseteq A \implies B \overset{i}{\circ} I = B \subseteq B \overset{i}{\circ} A$
3. Ευθέως, από την πρ. 2.
4. $A \subseteq \text{Ref}(A) \subseteq \text{Sym}(\text{Ref}(A)) \subseteq \text{Tr}(\text{Sym}(\text{Ref}(A)))$
5. $B \subseteq A \overset{i}{\circ} B$ (από την πρ. 2)
 $\subseteq \text{Eq}(A \overset{i}{\circ} B)$ (από την πρ. 4)
Ομοίως, $B \subseteq B \overset{i}{\circ} A \subseteq \text{Eq}(B \overset{i}{\circ} A)$
6. Από την πρ. 1 και τον ορισμό της μεταβατικότητας, δηλ. $A \overset{i}{\circ} A \subseteq A$.
7. $B \subseteq \text{Eq}(A \overset{i}{\circ} B)$ (από την πρ. 5)
 $\implies \text{Eq}(A \overset{i}{\circ} B) \overset{i}{\circ} B \subseteq \text{Eq}(A \overset{i}{\circ} B) \overset{i}{\circ} \text{Eq}(A \overset{i}{\circ} B)$ (επειδή η σύνθεση είναι αύξουσα)
 $= \text{Eq}(A \overset{i}{\circ} B)$ (από την πρ. 6)
8. Από τις πρ. 3 και 7.

■

4.4 Περικοπή μικρών στοιχείων

Όπως αναφέρθηκε στην εν. 4.1.3, η επέκταση βάσης γνώσης συμπεριλαμβάνει την περικοπή μικρών στοιχείων. Μία πολύ μικρή τιμή σε μία σχέση θεωρείται αμελητέα και εξαλείφεται (μηδενίζεται), για παράδειγμα οι τιμές μικρότερες από ένα κατώφλι $a = 0,05$. Το ακόλουθο θεώρημα δείχνει ότι οι ιδιότητες μιας σχέσης διατηρούνται μετά από εξαίρεση μικρών τιμών.

Θεώρημα 4.3 Για κάθε $a \in [0, 1)$, αν τα στοιχεία μιας σχέσης ισοδυναμίας $\text{sup} - \text{min}$, που είναι μικρότερα ή ίσα με a εξαλειφθούν, το αποτέλεσμα είναι μία σχέση ισοδυναμίας $\text{sup} - \text{min}$. Επιπλέον, δεν υπάρχει αρχιμήδεια t -νόρμα που να διατηρεί μια σχέση ισοδυναμίας μετά από μια τέτοια πράξη

Απόδειξη: Η απόδειξη των ιδιοτήτων της ανακλαστικότητας και της συμμετρικότητας είναι τετριμμένη. Αποδεικνύουμε μόνο τη διατήρηση της μεταβατικότητας. Έστω A μία $\text{sup} - \text{min}$ μεταβατική σχέση, δηλ. $\sup_z \min[A(x, z), A(z, y)] \leq A(x, y), \forall x, y \in X$. Επομένως, όλα τα στοιχεία του $S = \{\min[A(x, z), A(z, y)] : z \in X\}$ είναι μικρότερα ή ίσα με $A(x, y)$. Αν εξαλείψουμε όλα τα στοιχεία του A , που είναι μικρότερα ή ίσα με a , τότε:

- Αν $a < A(x, y)$, τότε κάποια από τα στοιχεία του S μπορεί να εξαλειφθούν, αλλά η ιδιότητα $\sup(S) \leq A(x, y)$ ισχύει, και άρα η ιδιότητα της μεταβατικότητας διατηρείται.
- Αν $a \geq A(x, y)$, τότε το $A(x, y)$ θα εξαλειφθεί, και άρα πρέπει να αποδείξουμε ότι όλα τα στοιχεία του S θα εξαλειφθούν επίσης. Αφού $\forall z \in S. z \leq A(x, y)$, τότε τουλάχιστον ένα από τα $\{A(x, z), A(z, y)\}$ είναι μικρότερο ή ίσο με $A(x, y)$. Επομένως εξαλείφεται, και το ελάχιστο εξαλείφεται επίσης.

Ο λόγος που καμία αρχιμήδεια τ -νόρμα δεν διατηρεί τη μεταβατικότητα μετά από εξάλειψη μικρών στοιχείων είναι η ιδιότητα της υποταυτοδυναμίας ($t(x, x) < x$) που έχουν οι αρχιμήδειες τ -νόρμες. Λόγω της υποταυτοδυναμίας, μπορεί να υπάρχουν δύο στοιχεία $\{A(x, z), A(z, y)\}$, που να είναι και τα δύο μεγαλύτερα από a , (και άρα δεν εξαλείφονται), ενώ $t(A(x, z), A(z, y)) \leq a$. Άρα, αν και το $A(x, y)$ εξαλείφεται, είναι δυνατό να ισχύει $\sup_t [A(x, z), A(z, y)] > 0$. Άρα η μεταβατικότητα χάνεται. ■

4.5 Βιβλιοθήκη

Για την υποστήριξη των λειτουργιών επέκτασης μιας βιβλιοθήκης, δημιουργήθηκε μία βιβλιοθήκη αλγεβρικών πράξεων για βάσεις ασαφούς σχεσιακής γνώσης. Οι κυριότερες λειτουργίες της βιβλιοθήκης είναι:

Αραιή αναπαράσταση: Τα στοιχεία της βιβλιοθήκης, που είναι ίσα με ένα προκαθορισμένο στοιχείο δεν αποθηκεύονται. Η αναπαράσταση στη μνήμη ενός ασαφούς συνόλου γίνεται με τη βοήθεια μιας δομής δυαδικού δέντρου που ονομάζεται απεικόνιση (map) και υποστηρίζει αναζήτηση σε λογαριθμικό χρόνο. Παρομοίως, η αναπαράσταση στη μνήμη μιας ασαφούς σχέσης γίνεται με τρεις τρόπους:

1. αναπαράσταση ως απεικόνιση γραμμών, που αναπαρίστανται ως ασαφή σύνολα
2. αναπαράσταση ως απεικόνιση στηλών
3. αναπαράσταση ως ασαφές σύνολο στοιχείων

Συναρτήσεις συνάθροισης (aggregate functions): Υποστηρίζονται διάφορες συναρτήσεις συνάθροισης, για τ -νόρμες, σ -νόρμες και αλγεβρικά συμπληρώματα

Αραιή υλοποίηση αλγεβρικών πράξεων: Οι αλγεβρικές πράξεις που υποστηρίζονται (τομή, ένωση, συμπλήρωμα, σύνθεση $\sup - \tau$, πολλαπλασιασμός) υλοποιήθηκαν ώστε να έχουν βέλτιστη απόδοση όταν τα δεδομένα είναι αραιά.

Σειριοποίηση: τα δεδομένα είναι έγκυρα έγγραφα XML

Γραφική διαπροσωπεία: Υποστηρίζεται γραφική εισαγωγή συνόλων, σχέσεων, ιδιοτήτων και εκτέλεση αλγεβρικών πράξεων

Περικοπή μικρών στοιχείων: Τα μικρά στοιχεία περικόπτονται αυτόματα

Κεφάλαιο 5

Επέκταση ερωτήματος με βάση τα συμφραζόμενα

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνεται μία νέα μέθοδος επέκτασης ερωτήματος σε ένα σύστημα ανάκτησης πληροφορίας βασισμένο στη γνώση.

5.1 Συστήματα ανάκτησης πληροφορίας

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία εισαγωγή στις κυριότερες έννοιες της ανάκτησης πληροφορίας [16].

Η ανάκτηση πληροφορίας περιλαμβάνει την αναπαράσταση μονάδων πληροφορίας (σε αντιπαράθεση με τις μονάδες δεδομένων) και έναν μηχανισμό που ερμηνεύει τις ερωτήσεις ενός χρήστη και επιστρέφει τις μονάδες πληροφορίας που θεωρεί σχετικές με τις ερωτήσεις. Αντίθετα με την ανάκτηση δεδομένων, που αφορά την ανάκτηση αντικειμένων που ικανοποιούν σαφείς προϋποθέσεις, κεντρικό ρόλο στην ανάκτηση πληροφορίας παίζει η ικανοποίηση του χρήστη, ενώ η ακρίβεια είναι λιγότερο σημαντική. Επίσης, οι μονάδες πληροφορίας είναι πιο αδόμετες, σε σχέση με τις μονάδες πληροφορίας μιας βάσης δεδομένων, και συχνά χαρακτηρίζονται από αμφισημία.

Συνήθως, οι μονάδες πληροφορίας που ζητά ο χρήστης είναι έγγραφα. Συχνά όμως ζητείται μέρος των εγγράφων, π.χ. κεφάλαια από βιβλίο, σκηνές από ταινία κλπ. Το είδος των εγγράφων είναι οτιδήποτε μπορεί να περιγραφεί, π.χ. κείμενα, πολυμέσα, ιστοσελίδες. Ο τρόπος περιγραφής συνήθως είναι λέξεις-κλειδιά.

5.1.1 Μοντέλα αναπαράστασης

Στην ενότητα αυτή υιοθετούμε το συμβολισμό του [16].

Έστω $K = \{k_1, \dots, k_t\}$ το σύνολο των όρων, και $D = \{d_1, \dots, d_N\}$ το σύνολο των εγγράφων. Με $w_{i,j} = g_i(d_j) \in [0, 1]$ συμβολίζεται το βάρος του όρου k_i στο έγγραφο d_j . Έστω ακόμα το διάνυσμα $\vec{d}_j = (w_{1,j}, \dots, w_{k,j})$. Έστω q η ερώτηση του χρήστη. Η συσχέτιση του του εγγράφου d_j με την ερώτηση q συμβολίζεται με $\text{sim}(d_j, q) \in [0, 1]$.

Τα κύρια μοντέλα αναπαράστασης πληροφορίας είναι το λογικό (συνολοθεωρητικό), το διανυσματικό (αλγεβρικό) και το πιθανοτικό. Καθένα από αυτά έχει διάφορες παραλλαγές.

5.1.1.1 Μοντέλο Bool

Στο μοντέλο Bool, η ερώτηση q αναπαρίσταται σε διαζευκτική κανονική μορφή (disjunctive normal form) $\vec{q}_{dnf} = \{\vec{q}_i\}$, δηλ. ως διάξυξη από συζεύξεις $\vec{q}_i = \{w_{1,i}, \dots, w_{t,i}\}$. Τα βάρη των όρων, τόσο στα έγγραφα όσο και στις ερωτήσεις είναι δυαδικά, δηλ. $w_{i,j} \in \{0, 1\}$. Η συσχέτιση με την ερώτηση είναι επίσης δυαδική και ορίζεται ως:

$$\text{sim}(d_j, q) = \begin{cases} 1 & \text{αν } \exists \vec{q} \in \vec{q}_{dnf} \forall i | g_i(\vec{d}_j) = q_i(\vec{q}) \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

5.1.1.1.1 Ασαφές μοντέλο Bool Στο ασαφές μοντέλο Bool, ένα έγγραφο παριστάνεται ως ένα ασαφές σύνολο από όρους, με συνάρτηση συμμετοχής $g_i(\vec{d}_j)$. Η συσχέτιση με την ερώτηση ορίζεται ως:

$$\begin{aligned} \text{sim}(d_j, q) &= \bigvee_l \text{sim}(d_j, q_l) \\ \text{sim}(d_j, q_l) &= \bigwedge_i \mu_{i,l} \wedge \mu_{i,j} \\ \mu_{i,j} &= \bigvee_{k_l \in d_j} c_{i,l} \\ c_{i,l} &= \frac{n_{i,l}}{n_i + n_l - n_{i,l}} \end{aligned}$$

όπου $n_i, n_{i,l}$ ο αριθμός των εγγράφων που περιέχουν τον όρο k_i και συγχρόνως τους όρους k_i, k_l , αντίστοιχα.

Συνήθως ως τομή ασαφών συνόλων λαμβάνεται το αλγεβρικό γινόμενο, ενώ ως ένωση λαμβάνεται το αλγεβρικό άθροισμα, αντί για τις συνήθεις επιλογές \min και \max .

5.1.1.2 Διανυσματικό μοντέλο

Στο διανυσματικό μοντέλο, η ερώτηση αναπαρίσταται ως ένα διάνυσμα $\vec{q} = (w_{1,q}, \dots, w_{t,q})$ και η συσχέτιση ορίζεται ως:

$$\text{sim}(d_j, q) = \frac{\vec{d}_j \cdot \vec{q}}{|\vec{d}_j| \times |\vec{q}|}$$

Για τον υπολογισμό των βαρών $w_{i,j}$ λαμβάνεται υπόψη η συχνότητα εμφάνισης $\text{freq}_{i,j}$ του όρου k_i στο έγγραφο d_j , καθώς επίσης η συχνότητα εμφάνισης του ίδιου όρου στα υπόλοιπα έγγραφα. Ένας όρος είναι χαρακτηριστικός για ένα έγγραφο (δηλ. η παρουσία του σε μία ερώτηση πρέπει να οδηγεί στην ανάκτηση αυτού του εγγράφου) αν εμφανίζεται πολλές φορές στο έγγραφο και λίγες φορές στα υπόλοιπα έγγραφα.

Η συχνότητα $\text{freq}_{i,j}$ κανονικοποιείται ως εξής:

$$f_{i,j} = \frac{\text{freq}_{i,j}}{\max_l \{\text{freq}_{l,j}\}}$$

Αν ο όρος k_i δεν εμφανίζεται στο έγγραφο d_j , τότε $f_{i,j} = 0$. Έστω n_i ο αριθμός των εγγράφων που περιέχουν τον όρο k_i . Η αντίστροφη συχνότητα εμφάνισης του όρου k_i ορίζεται ως εξής:

$$\text{idf}_i = \log \frac{N}{n_i}$$

Το βάρος $w_{i,j}$ ορίζεται ως εξής:

$$w_{i,j} = f_{i,j} \times \text{idf}_i$$

Παρομοίως, το βάρος $w_{i,q}$ ορίζεται ως εξής:

$$w_{i,q} = (0,5 + 0,5f_{i,q}) \times \text{idf}_i$$

5.1.1.2.1 Επεκτεταμένο μοντέλο Bool Στο επεκτεταμένο λογικό μοντέλο εμφανίζονται ερωτήσεις της μορφής $q = k_1 \vee^p k_2$ ή της μορφής $q = k_1 \wedge^p k_2$. Η συσχέτιση ορίζεται ως:

$$\begin{aligned} \text{sim}(k_1 \vee^p k_2, d_j) &= \left(\frac{w_{1,d}^p + w_{2,d}^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \\ \text{sim}(k_1 \wedge^p k_2, d_j) &= 1 - \left(\frac{(1 - w_{1,d})^p + (1 - w_{2,d})^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \end{aligned}$$

Για $p \rightarrow 1$, η συμπεριφορά της ερώτησης προσεγγίζει το διανυσματικό μοντέλο, ενώ για $p \rightarrow \infty$, η συμπεριφορά της ερώτησης προσεγγίζει το ασαφές λογικό μοντέλο (αλλά με τις πρότυπες -νόρμες και -νόρμες).

5.1.1.3 Πιθανοτικό μοντέλο

Στο πιθανοτικό μοντέλο, θεωρείται το σύνολο R των εγγράφων που είναι συσχετισμένα με την ερώτηση q . Τα βάρη $w_{i,j}$ και $w_{i,q}$ είναι δυαδικά. Ο βαθμός συσχέτισης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{sim}(d_j, q) = \sum_{i=1}^t w_{i,q} \times w_{i,j} \times \left(\log \frac{P(k_i|R)}{1 - P(k_i|R)} + \log \frac{1 - P(k_i|\bar{R})}{P(k_i|\bar{R})} \right)$$

Οι πιθανότητες υπολογίζονται με τη βοήθεια της συσχετιστικής ανάδρασης (relevance feedback). Πριν την πρώτη συσχετιστική ανάδραση, αρχικοποιούνται ως εξής:

$$\begin{aligned} P(k_i|R) &= 0,5 \\ P(k_i|\bar{R}) &= \frac{n_i}{N} \end{aligned}$$

Τα έγγραφα που ανακτώνται διαχωρίζονται από το χρήστη σε σχετικά και άσχετα. Έστω V ο αριθμός των σχετικών εγγράφων και V_i ο αριθμός των σχετικών εγγράφων που περιέχουν τον όρο k_i . Οι πιθανότητες αναθεωρούνται ως εξής:

$$P(k_i|R) = \frac{V_i + \frac{n_i}{N}}{V + 1}$$

$$P(k_i|\bar{R}) = \frac{n_i - V_i + \frac{n_i}{N}}{N - V + 1}$$

5.1.1.3.1 Μοντέλο δικτύου πίστης Στο μοντέλο δικτύου πίστης, η συσχέτιση ορίζεται ως εξής:

$$\text{sim}(d_j|q) = \sum_{\vec{k}} P(d_j|\vec{k}) \times P(q|\vec{k}) \times P(\vec{k})$$

$$P(\vec{k}) = \frac{1}{2^l}$$

5.1.2 Αποτίμηση της ανάκτησης

Έστω $R(q)$ το σύνολο των εγγράφων που συσχετίζονται με μία ερώτηση q , $A(q)$ το σύνολο των εγγράφων που ένα σύστημα ανάκτησης επιστρέφει στην ερώτηση, και $R_a(q) = R(q) \cap A(q)$. Τα δύο μέτρα αποτίμησης της ανάκτησης, η ανάκληση και η ακρίβεια ορίζονται ως εξής:

$$r(q) = \frac{|R_a(q)|}{|R(q)|}$$

$$p(q) = \frac{|R_a(q)|}{|A(q)|}$$

Ένα διάγραμμα που απεικονίζει την ακρίβεια ως συνάρτηση της ανάκτησης, υπό διάφορες τιμές μιας παραμέτρου, ονομάζεται διάγραμμα ακρίβειας/ανάκλησης. Η παράμετρος που συνήθως χρησιμοποιείται είναι η τιμή του κατωφλίου συσχέτισης του επιστρεφόμενου εγγράφου με την ερώτηση. Για μία τιμή του κατωφλίου, επιστρέφονται τα έγγραφα των οποίων η συσχέτιση με την ερώτηση ξεπερνά το κατώφλι. Για αυτό το σύνολο εγγράφων υπολογίζεται η ανάκληση και η ακρίβεια.

5.1.3 Επέκταση ερωτήματος

Η επέκταση ερώτησης προσπαθεί να εμπλουτίσει την ερώτηση με νέους όρους, για να επιτύχει υψηλότερη ανάκληση.

5.1.3.1 Τοπική ανάλυση

Έστω ότι το αποτέλεσμα της ερώτησης q είναι ένα σύνολο από έγγραφα D_l , που αποκαλείται τοπικό σύνολο. Με τοπική ανάλυση, αναλύεται το τοπικό σύνολο, για να εντοπιστούν οι όροι που σχετίζονται με το σύνολο αυτό. Υποτίθεται ότι οι σχετικοί όροι είναι σχετικοί με την ερώτηση και εμπλουτίζεται η ερώτηση με αυτούς.

Έστω ένας όρος k , και S το σύνολο των όρων που σχετίζονται με αυτόν στο τοπικό σύνολο, που αποκαλείται γειτονιά του. Επέκταση της ερώτησης είναι να προστεθούν τα μέλη του S στην ερώτηση. Ανάλογα με τον ορισμό της γειτονιάς ενός όρου, προκύπτουν διάφορα είδη επέκτασης.

5.1.3.1.1 Πίνακας συσχέτισης Η συσχέτιση ανάμεσα στον όρο k_u και τον όρο k ορίζεται ως εξής:

$$c_{u,} = \sum_j f_{u,j} \times f_{,j}$$

$$s_{u,} = \frac{c_{u,}}{c_{u,u} + c_{,} - c_{u,}}$$

5.1.3.1.2 Πίνακας αποστάσεων Η συσχέτιση ανάμεσα στον όρο k_u και τον όρο k ορίζεται ως εξής:

$$c_{u,} = \frac{1}{N} \sum_j \frac{1}{r_j(k_u, k)}$$

όπου $r_j(k_u, k)$ η απόσταση (σε λέξεις) ανάμεσα στους όρους k_u, k στο έγγραφο d_j , και αν ένας από τους όρους δε βρίσκεται στο έγγραφο, τότε $r_j(k_u, k) = \infty$. Γενικά ένας πίνακας αποστάσεων αποδίδει καλύτερα από έναν πίνακα συσχέτισης.

5.1.3.1.3 Κοινοί γείτονες Ο βαθμός στον οποίο δύο όροι έχουν κοινούς γείτονες μπορεί να υπολογιστεί ως το συνημίτονο της γωνίας των γειτόνων τους, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο της συσχέτισής τους.

5.1.3.2 Καθολική ανάλυση

Αντίθετα με την τοπική ανάλυση, η καθολική ανάλυση εξάγει πληροφορία από όλη τη συλλογή εγγράφων, όχι μόνο από τα έγγραφα που ανακτήθηκαν με βάση την ερώτηση. Η πληροφορία που εξάγεται έχει τη μορφή ενός θησαυρού, δηλ. μιας διμελούς σχέσης ανάμεσα στους όρους.

5.1.3.2.1 Θησαυρός ομοιότητας Ο θησαυρός ομοιότητας κατασκευάζεται με βάση τις συχνότητες εμφάνισης όρων σε ένα έγγραφο, ως εξής:

$$\begin{aligned}
itf_j &= \log \frac{t}{t_j} \\
w_{i,j} &= \frac{\left(0,5 + 0,5 \frac{f_{i,j}}{\max_j(f_{i,j})}\right) itf_j}{\sqrt{\sum_{l=1}^N \left(0,5 + 0,5 \frac{f_{i,l}}{\max_l(f_{i,l})}\right)^2 itf_l^2}} \\
c_u &= \sum_j w_{u,j} \times w_{j,j} \\
sim(q,k) &= \sum_u w_{u,q} \times c_u \\
w_{,q'} &= \frac{sim(q,k)}{\sum_u w_{u,q}}
\end{aligned}$$

όπου t_j το πλήθος των όρων που αντιστοιχούν στο έγγραφο d_j . Τα βάρη $w_{u,q}$ υπολογίζονται όπως τα $w_{i,j}$.

Μία ερώτηση επεκτείνεται με τους r πιο σχετικούς με αυτήν όρους, σύμφωνα με το μέτρο $sim(q,k)$. Τα βάρη των νέων όρων στην επεκτεταμένη ερώτηση q' δίνονται από το μέτρο $w_{,q'}$.

5.1.4 Ανάκτηση πολυμεσικής πληροφορίας

Σε σχέση με ένα έγγραφο κειμένου, ένα πολυμεσικό έγγραφο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Περιεχόμενο: ένα πολυμεσικό έγγραφο περιέχει οντότητες, όπως πρόσωπα, γεγονότα, τόπους και χρόνους. Όπως με τις λέξεις ενός κειμένου, οι οντότητες αντιστοιχίζονται σε έννοιες, αλλά αντίθετα με τις λέξεις, η αντιστοίχιση περιλαμβάνει αβεβαιότητα.

Δομή: οι οντότητες ενός εγγράφου συσχετίζονται με χωρικές και χρονικές σχέσεις, που διαφέρουν από αυτές που συνδέουν τους όρους ενός κειμένου.

Μεταδεδομένα: όπως οποιοδήποτε έγγραφο, ένα πολυμεσικό έγγραφο συνοδεύεται από πληροφορίες σχετικές με τη δημιουργία και παραγωγή του κλπ.

5.2 Προτεινόμενη νέα μέθοδος επέκτασης ερωτήματος

Στην ενότητα 5.1.3 αναφέρεται ότι η επέκταση ερωτήματος, δηλ. ο εμπλουτισμός του με όρους που δεν έδωσε ο χρήστης αλλά είναι σχετικοί με αυτό, είναι μία τεχνική βελτίωσης της ανάκλησης (του πλήθους των σωστών απαντήσεων) των συστημάτων ανάκτησης πληροφορίας. Αναφέρονται τεχνικές τοπικής επέκτασης, όπου το σύνολο των ανακτημένων εγγράφων αναλύεται και τα χαρακτηριστικά που εξάγονται χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό του ερωτήματος, και καθολικής επέκτασης, όπου το σύνολο όλων των εγγράφων του συστήματος αναλύεται και το αποτέλεσμα της

ανάλυσης είναι ένας θησαυρός, που είναι μία ασαφής σχέση συμβατότητας (ανακλαστική και συμμετρική).

Μία μέθοδος επέκτασης με θησαυρό παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι ένας όρος επεκτείνεται με ένα σύνολο από όρους, ενώ οι πραγματικά σχετικοί όροι, οι οποίοι πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην επέκταση είναι λιγότεροι. Οι όροι που πρέπει να επεκτείνουν κάθε όρο εξαρτώνται από τα συμφραζόμενά του, δηλ, από τους υπόλοιπους όρους του ερωτήματος. Στην ενότητα αυτή προτείνεται μία μέθοδος επέκτασης του ερωτήματος, σύμφωνη με την παραπάνω αρχή [13, 12, 7, 9].

5.2.1 Υπολογισμός των συμφραζομένων

Έστω T η σχέση θησαυρού. Για κάθε οντότητα s_i , το ασαφές σύνολο $T(s_i) = \sum_j s_j / T(s_i, s_j)$ θα παριστάνει το σύνολο των όρων με τους οποίους μπορεί να επεκταθεί σε ένα ερώτημα. Το σύνολο $T(s_i)$ θα αποκαλείται συμφραζόμενα του s_i . Επομένως, τα συμφραζόμενα ενός όρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τον επεκτείνουν. Οι βαθμοί συμμετοχής αντιστοιχούν στη σημασία των όρων, σε σχέση με την ικανοποίηση του χρήστη.

Όταν το ερώτημα περιέχει πάνω από έναν όρο, η διαδικασία επεξεργασίας του ερωτήματος πρέπει να συνδυάσει τα συμφραζόμενα των όρων (το κοινό τους νόημα) για να τα χρησιμοποιήσει για την επέκταση του ερωτήματος. Όταν οι όροι έχουν κοινή σημασία, η παρουσία τους έχει σκοπό να καθορίσει (αποσαφηνίσει) το νόημα αυτό. Αν, αντίθετα, δεν υπάρχει κοινή σημασία, τότε η παρουσία τους έχει σκοπό την ανάκτηση απλώς των εγγράφων που περιέχουν τους όρους. Υποθέτοντας ότι το ερώτημα q δεν είναι ασαφής (δεν έχει βαθμούς), τότε τα συμφραζόμενα $K(q)$ της q , που είναι ένα ασαφές σύνολο όρων, μπορούν να οριστούν απλώς ως το σύνολο των κοινών απογόνων τους, δηλ.:

$$K(q) = \bigcap_{k_i \in q} T(k_i) \quad (5.1)$$

Αν ένας όρος συμμετέχει στα συμφραζόμενα σε υψηλό βαθμό, τότε ένα έγγραφο που το περιέχει θα ικανοποιήσει το χρήστη. Αν, αντίθετα, ένα έγγραφο περιέχει μόνο όρους που συμμετέχουν στα συμφραζόμενα σε χαμηλό βαθμό, τότε ο χρήστης δε θα ικανοποιηθεί από αυτό.

Προφανώς, $q_1 \subseteq q_2 \implies K(q_1) \supseteq K(q_2)$, δηλ. η παρουσία επιπλέον όρων θα κάνει τα συμφραζόμενα του όρου στενότερα. Επομένως, επιπλέον όροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το χρήστη για να περιορίσει τα αποτελέσματα. Η δυνατότητα για ασαφείς ερωτήσεις (όταν υπάρχει κοινό νόημα) υπάρχει για να μπορεί ο χρήστης να ελέγχει τη δυνατότητα ενός όρου να περιορίζει τα αποτελέσματα. Ένας όρος με βάρος μονάδα δε θα επιτρέπει στα συμφραζόμενα του ερωτήματος να είναι ευρύτερα από τα δικά του συμφραζόμενα. Αντίθετα, ένας όρος με μηδενικό βάρος δεν επηρεάζει καθόλου τα συμφραζόμενα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, απαιτούμε, όταν η q είναι ασαφής, τα βαθμωτά συμφραζόμενα $K(k_i)$ του k_i (δηλ τα συμφραζόμενα, λαμβάνοντας υπόψη το βάρος του k_i στο ερώτημα) γίνονται χαμηλά όταν οι βαθμοί συμπερίληψης είναι χαμηλοί και ο βαθμός συμμετοχής w_i του k_i στην q είναι υψηλός. επομένως:

$$c(K(k_i)) \doteq c(T(k_i)) \cap w_i S \quad (5.2)$$

όπου S το σύνολο των όρων.

Εφαρμόζοντας το νόμο de Morgan, έχουμε:

$$K(k_i) \doteq T(k_i) \cup c(w_i S) \quad (5.3)$$

Όπως στην εξ. 5.1, τα συμφραζόμενα του ερωτήματος είναι η ασαφής τομή των επιμέρους σταθμισμένων συμφραζομένων:

$$K(q) \doteq \bigcap_{k_i \in q} K(k_i) \quad (5.4)$$

Η τομή συνεπάγεται ότι όσο χαμηλότερα είναι τα σταθμισμένα συμφραζόμενα ενός όρου, τόσο χαμηλότερα θα είναι τα συνολικά συμφραζόμενα. Όταν οι όροι του ερωτήματος είναι υψηλά συσχετισμένοι μέσω της T , τότε τα συμφραζόμενα του ερωτήματος θα έχουν υψηλές τιμές. Χρησιμοποιούμε τον όρο **ένταση των συμφραζομένων** για την υψηλότερη από αυτές, δηλ. για το ύψος $h_q = h(K(q))$ των συμφραζομένων. Όταν η ένταση των συμφραζομένων είναι χαμηλή, τότε οι όροι του ερωτήματος έχουν λίγο κοινό νόημα. Στην περίπτωση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, η παρουσία των επιπλέον όρων δεν προτίθεται να καθορίσει το νόημά τους, αλλά απλώς να ανακτήσει έγγραφα που τους περιέχουν. Επομένως, πρέπει η επέκταση του ερωτήματος να γίνει χωρίς να ληφθούν υπόψη τα συμφραζόμενα.

Όταν δύο σύνολα συμφραζομένων έχουν υψηλή συσχέτιση, θα τέμνονται. Επομένως, η ένταση της τομής τους είναι ένα μέτρο της σημασιολογικής τους συσχέτισης.

5.2.2 Επέκταση ερωτήματος με βάση τα συμφραζόμενα

Στην ενότητα αυτή δίνουμε μία μέθοδο επέκτασης του ερωτήματος με βάση τη σχέση θησαυρού και του συνόλου των συμφραζομένων, που παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1. Με $X(k_i)$ θα συμβολίζεται το σύνολο των όρων που επεκτείνουν τον όρο k_i , ενώ με x_{ij} θα συμβολίζεται ο βαθμός στον οποίο ο όρος k_j συμμετέχει στο $X(k_i)$.

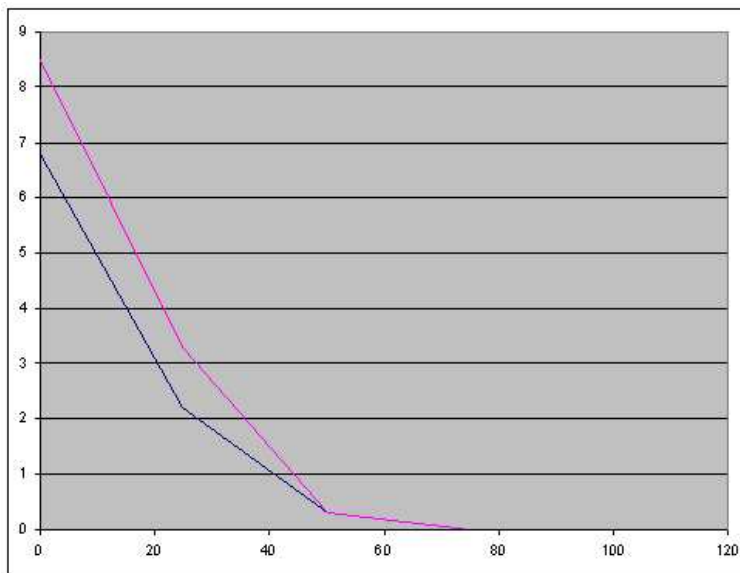
Σε μία επέκταση που δε λαμβάνει υπόψη τα συμφραζόμενα, η τιμή x_{ij} είναι ανάλογη του βάρους w_i και του βαθμού συμπερίληψης $T(k_i, k_j)$. Επομένως, $x_{ij} \propto w_i T(k_i, k_j)$.

Σε μία επέκταση που λαμβάνει υπόψη τα συμφραζόμενα, η τιμή x_{ij} είναι αύξουσα συνάρτηση του βαθμού στον οποίο τα συμφραζόμενα του k_j είναι σχετικά με τα συμφραζόμενα του ερωτήματος. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 5.2.1, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ύψος της τομής ως μέτρο αυτής της συνάφειας. Είναι επίσης ανάγκη να κανονικοποιήσουμε με το ύψος των συμφραζομένων του ερωτήματος, για να διατηρήσουμε τα βάρη των αρχικών όρων του ερωτήματος. Απαιτούμε επιπλέον ο βαθμός συνάφειας να είναι υψηλός αν η ένταση των συμφραζομένων του ερωτήματος είναι χαμηλός. Έτσι, όταν τα συμφραζόμενα έχουν χαμηλή ένταση, δεν μπορούν να περιορίσουν την επέκταση, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 5.2.1. Σύμφωνα με τα παραπάνω, ορίζουμε το βαθμό συνάφειας ως:

$$h_j \doteq \max \left(\frac{h(T(k_j) \cap K(q))}{h_q}, c(h_q) \right)$$

όπου c είναι ένα ασαφές συμπλήρωμα. Ένα μη γραμμικό συμπλήρωμα είναι απαραίτητο, για να έχει υψηλότερη διακριτική ικανότητα. Το συμπλήρωμα Yager, με w περίπου 0.5 δίνει καλά αποτελέσματα.

Έχοντας ορίσει τη συνάφεια με τα συμφραζόμενα, ορίζουμε το βαθμό επέκτασης ως:



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα ανάκλησης/ακρίβειας για επέκταση με θησαυρό και για επέκταση με βάση τα συμφραζόμενα

$$x_{ij} \doteq h_j w_{ij} \quad (5.5)$$

Έτσι, όταν ένας όρος είναι άσχετος με τα συμφραζόμενα, εξαλείφεται.

5.3 Μετρήσεις

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της παραπάνω μεθόδου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, με βάση τη συλλογή εγγράφων αναφοράς CACM. Στο Σχ. 5.1 φαίνεται η αποτελεσματικότητα σε σύγκριση με την επέκταση με θησαυρό ομοιότητας (βλ. εν. 5.1.3.2.1). Το Σχ. 5.1 είναι ένα διάγραμμα ακρίβειας/ανάκλησης (βλ. ενότητα 5.1.2). Στον άξονα x εμφανίζεται η ανάκληση, ως ποσοστό επί τοις εκατό και στον άξονα y εμφανίζεται η ακρίβεια.

Βιβλιογραφία

- [1] *Extensible Markup Language (XML)*. W3C XML Activity. [Online]. Available: <http://www.w3.org/XML/>
- [2] *XML Schema*. W3C XML Schema Working Group. [Online]. Available: <http://www.w3.org/XML/Schema>
- [3] G. Akrivas, N. Doulamis, A. Doulamis, and S. Kollias, “Scene detection methods for mpeg- encoded video signals,” in *MELECON 2000 Mediterranean Electrotechnical Conference*, Nicosia, Cyprus, May 2000. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/MELO380.pdf>
- [4] G. Akrivas, S. Ioannou, E. Karakoulakis, K. Karpouzis, Y. Avrithis, A. Delopoulos, S. Kollias, I. Varlamis, and M. Vaziriannis, “An intelligent system for retrieval and mining of audiovisual material based on the mpeg-7 description schemes,” in *Eunite 2001, European Symposium on Intelligent Technologies, Hybrid Systems and their implementation on Smart Adaptive Systems*, Tenerife, Spain, 2001. [Online]. Available: http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/JASP_REVIEW.pdf
- [5] G. Akrivas and G. Stamou, “Fuzzy semantic association of audiovisual document descriptions,” in *Proc. of Int. Workshop on Very Low Bitrate Video Coding (VLBV)*, Athens, Greece, Oct. 2001. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/vlbv01%20version%208.pdf>
- [6] G. Akrivas, G. B. Stamou, and S. Kollias, “Semantic association of multimedia document descriptions through fuzzy relational algebra and fuzzy reasoning,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, part A*, vol. 34, no. 2, pp. 190–196, March 2004. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/paper-final.pdf>
- [7] G. Akrivas, *Knowledge expansion source code*. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/src/relcpp.zip>
- [8] —, *Knowledge expansion tool*. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/FuzzyThesaurus/>
- [9] —, *Query expansion tool*. [Online]. Available: <http://manolito.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/src/cacm.zip>
- [10] —, *Shot detection tool*. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/src/Scenescheck.tar.gz>

- [11] G. Akrivas and S. Kollias, "Detection of composite geometric structures through possibilistic reasoning," in *EUNITE 2003, European Symposium on Intelligent Technologies, Hybrid Systems and their implementation on Smart Adaptive Systems*, July 2003. [Online]. Available: http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/P_Akrivas.pdf
- [12] G. Akrivas, M. Wallace, G. Andreou, G. Stamou, and S. Kollias, "Context sensitive semantic query expansion," in *IEEE International Conference on Artificial Intelligence Systems, AIS-02*, Russia, Sept. 2002. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/AIS-cameraReady.pdf>
- [13] G. Akrivas, M. Wallace, G. Stamou, and S. Kollias, "Context - sensitive query expansion based on fuzzy clustering of index terms," in *FQAS02*, Denmark, Oct. 2002. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/FQAS02CameraReady.pdf>
- [14] A. Artale, E. Franconi, N. Guarino, and L. Pazzi, "Part-whole relations in object-centered systems: An overview," *Data Knowledge Engineering*, vol. 20, no. 3, pp. 347–383, 1996. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/article/artale96partwhole.html
- [15] F. Baader, D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, and P. P. Schneider, *Description Logics Handbook*. CUP, 2003.
- [16] R. A. Baeza-Yates and B. A. Ribeiro-Neto, *Modern Information Retrieval*. ACM Press / Addison-Wesley, 1999. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/baeza-yates99modern.html
- [17] B. Bennett, "Modal logics for qualitative spatial reasoning." [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/bennett96modal.html
- [18] D. Calvanese, G. D. Giacomo, and M. Lenzerini, "Reasoning in expressive description logics with fixpoints based on automata on infinite trees," in *IJCAI*, 1999, pp. 84–89. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/calvanese99reasoning.html
- [19] P. Daras, I. Kompatsiaris, I. Grinias, G. Akrivas, G. Tziritas, S. Kollias, and M. G. Strintzis, "Mpeg-4 authoring tool using moving object segmentation and tracking in video shots," *Journal of Applied Signal Processing (JASP)*, vol. 9, pp. 861–877, 2003. [Online]. Available: http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/JASP_REVIEW.pdf
- [20] G. De Giacomo and M. Lenzerini, "What's in an aggregate: Foundations for description logics with tuples and sets," in *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, C. Mellish, Ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1995, pp. 801–807. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/degiacomo95whats.html
- [21] T. Denoeux, "A k-nearest neighbor classification rule based on dempster-shafer theory," 1995. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/denoeux95knearest.html
- [22] ———, "A neural network classifier based on dempster-shafer theory," 1995. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/denoeux00neural.html

- [23] ———, “Analysis of evidence-theoretic decision rules for pattern classification,” 1997. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/denooux97analysis.html
- [24] A. D. Doulamis, N. Doulamis, G. Akrivas, and S. Kollias, “Non-sequential video content representation using temporal variation of feature vectors,” in *ICCE*, Los Angeles, USA, 2000. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/ad10.pdf>
- [25] D. Dubois and H. Prade, *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*. Plenum Press, 1988.
- [26] ———, “Bayesian conditioning in possibility theory,” *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 92, pp. 223–240, Dec. 1997. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V05-3SP602J-1%8-2&_cdi=5637&_orig=browse&_coverDate=12%2F01%2F1997&_sk=999079997&view=c&wchp%3DdGLbVtb-zSkWA&_acct=C000006498&_version=1&_userid=83473&md5=3ff8e73bc74eebea9%876e14bb8134700&ie=f.pdf
- [27] ———, “The three semantics of fuzzy sets,” *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 90, no. 2, pp. 141–150, 1997. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V05-3SP29SN-1%4-2&_cdi=5637&_orig=browse&_coverDate=09%2F01%2F1997&_sk=999099997&view=c&wchp%3DdGLbVzz-zSkWb&_acct=C000006498&_version=1&_userid=83473&md5=12f5273a21a5c951a%65f6f1ea5f6af7f&ie=f.pdf
- [28] R. Giugno and et al., *P-SHOQ(D): A Probabilistic Extension of SHOQ(D) for Probabilistic Ontologies in the Semantic Web*, 2002. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/giugno02pshoqd.html
- [29] V. Haarslev, C. Lutz, and R. Moller, “Foundations of spatioterminological reasoning with description logics,” in *Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, 1998, pp. 112–123. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/112493.html
- [30] U. Hahn, S. Schulz, and M. Romacker, “An ontological engineering methodology for part-whole reasoning in medicine.” [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/hahn98ontological.html
- [31] ———, “Part-whole reasoning: A case study in medical ontology engineering,” *Intelligent Systems, IEEE*, vol. 14, no. 5, pp. 59–67, Sept. 1999. [Online]. Available: <http://www.ieeexplore.ieee.org/jel5/5254/17275/00796091.pdf?isNumber=17%275&prod=JNL&arnumber=796091&arSt=59&ared=67&arAuthor=Hahn%2C+U.%3B+Schulz%2C+%S.%3B+Romacker%2C+M.>
- [32] B. Hollunder, “An alternative proof method for possibilistic logic and its application to terminological logics,” *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 12, pp. 85–109, 1995. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V07-3XX6S6H-9%-1&_cdi=5639&_orig=browse&_coverDate=02%2F28%2F1995&_sk=999879997&view=c&wchp%3DdGLbVzz-1Sztz&_acct=C000006498&_version=1&_userid=83473&md5=ff6c16507b838cea09%22b009afd7fc4d&ie=f.pdf

- [33] S. Ioannou and G. Akrivas, "Archiving multimedia content descriptions: an early adaptation of mpeg-7," in *Proc. of Int. Workshop on Very Low Bitrate Video Coding (VLBV)*, Athens, Greece, Oct. 2001. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/panorama%20for%20vlbv01.pdf>
- [34] *The MPEG Home Page*, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11. [Online]. Available: <http://mpeg.telecomitalia.com/mpeg>
- [35] M. Jaeger, "Probabilistic reasoning in terminological logics," in *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Fourth International Conference (KR94)*, J. Doyle, E. Sandewall, and P. Torasso, Eds. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1994. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/article/jaeger94probabilistic.html
- [36] E. Karakoulakis, *Representation of A/V structures using XML Schema*. Diploma dissertation, ECE, NTUA, 2001.
- [37] G. J. Klir and B. Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic; Theory and Applications*. Upper Saddle River, N. Y.: Prentice Hall, 1995.
- [38] P. Lambrix, *Part-Whole Reasoning in Description Logics*, ser. Lecture Notes in Computer Science. Tiergartenstr. 17, D-69121 Heidelberg, Germany: Springer-Verlag Heidelberg, Jan. 2000, vol. 1771, iSSN:0302-9743. [Online]. Available: <http://www.springerlink.com/link.asp?id=nnvu22qfw9lu>
- [39] P. Lambrix and L. Padgham, "Conceptual modeling in a document management environment using part-of reasoning in description logics," *Data Knowledge Engineering*, vol. 32, no. 1, pp. 51–86, Aug. 2000. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TYX-3XKF809-3%-7W&_cdi=5630&_orig=browse&_coverDate=01%2F31%2F2000&_sk=999679998&view=c&wchp%3DGLbVzz-zSkWb&_acct=C000006498&_version=1&_userid=83473&md5=c3940bfe938ce286f%3Aaab67c579c43a34&ie=f.pdf
- [40] J. Lang, "Possibilistic logic: complexity and algorithms." [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/lang97possibilistic.html
- [41] S. Lapointe and B. Bobee, "Revision of possibility distributions: A bayesian inference pattern," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 116, pp. 119–140, aug 2000. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V05-40YYMV2-1%-1&_cdi=5637&_orig=browse&_coverDate=12%2F01%2F2000&_sk=998839997&view=c&wchp%3DGLbVtz-zSkWA&_acct=C000006498&_version=1&_userid=83473&md5=aebf61ebba9a424386%3A893fa3f4781841&ie=f.pdf
- [42] C.-J. Liao and Y. Y. Yao, "Information retrieval by possibilistic reasoning," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2113, p. 52, 2001. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/447690.html
- [43] T. Lukasiewicz, "Probabilistic logic programming under inheritance with overriding," pp. 329–336. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/article/lukasiewicz01probabilistic.html

- [44] C. Lutz, *DESCRIPTION LOGICS*. [Online]. Available: <http://dl.kr.org/>
- [45] C. Meghini, F. Sebastiani, and U. Straccia, "Mirlog: a logic for multimedia information retrieval," in *Logic and Uncertainty in Information Retrieval: Advanced models for the representation and retrieval of information*, M. L. F. Crestani and C. J. van Rijsbergen, Eds. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, NL, 1998. Forthcoming., 1998. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/meghini98mirlog.html
- [46] —, "The terminological image retrieval model," in *ICIAP (2)*, 1997, pp. 156–163. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/meghini97terminological.html
- [47] C. Meghini, F. Sebastiani, U. Straccia, and C. Thanos, "A model of information retrieval based on a terminological logic," in *Proceedings of the Sixteenth Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, ser. Mathematical Models, 1993, pp. 298–307. [Online]. Available: <http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/ir/160688/p298-meghini/p29%8-meghini.pdf>
- [48] L. Padgham and P. Lambrix, "A framework for part-of hierarchies in terminological logics," in *KR'94: Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, J. Doyle, E. Sandewall, and P. Torasso, Eds. San Francisco, California: Morgan Kaufmann, 1994, pp. 485–496. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/padgham94framework.html
- [49] G. Pateropoulou, *Access to multimedia databases*. Diploma dissertation, ECE, NTUA, 2002.
- [50] U. Sattler, "Description logics for the representation of aggregated objects," in *Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Intelligence*, W. Horn, Ed. IOS Press, Amsterdam, 2000. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/sattler00description.html
- [51] —, "A concept language for an engineering application with part-whole relations," in *Proceedings of the International Workshop on Description Logics*, A. Borgida, M. Lenzerini, D. Nardi, and B. Nebel, Eds., Rome, 1995, pp. 119–123.
- [52] E. D. Sciascio and F. M. Donini, "Description logics for image recognition: a preliminary proposal," in *Description Logics*, 1999. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/283654.html
- [53] G. Shafer, *A mathematical theory of evidence*. Princeton University Press, 1976.
- [54] U. Straccia, "A fuzzy description logic," in *Proceedings of AAAI-98, 15th Conference of the American Association for Artificial Intelligence*, Madison, US, 1998. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/straccia98fuzzy.html
- [55] —, "Reasoning within fuzzy description logics," *Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 14, pp. 137–166, 2001. [Online]. Available: <http://www.cs.washington.edu/research/jair/volume14/straccia01a.ps>; <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/jair/pub/volume14/straccia01a.ps.Z>; <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/jair/pub/volume14/straccia01a.pdf>

- [56] S. H. Tran, "A fuzzy description logic with hedges as concept modifiers." [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/557159.html
- [57] C. B. Tresp and R. Molitor, "A description logic for vague knowledge," in *Proceedings of the 13th biennial European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'98)*. Brighton, UK: J. Wiley and Sons, 1998, pp. 361–365. [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/tresp98description.html
- [58] G. Tsechpenakis, G. Akrivas, G. Andreou, G. Stamou, and S. Kollias, "Knowledge - assisted video analysis and object detection," in *EUNITE*, Portugal, Sept. 2002. [Online]. Available: http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/P_Tsechpenakis.pdf
- [59] H. Varlamis, M. Vazirgiannis, P. Poulos, G. Akrivas, and S. Ioannou, "X-database. a middleware for collaborative video annotation, storage and retrieval," in *proceedings of the 8th Panhellenic Conference*, Cyprus, 2001. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/x-database.pdf>
- [60] G. Votsis, A. Drosopoulos, G. Akrivas, V. Tzouvaras, and Y. Xirouhakis, "An mpeg-7 compliant integrated system for video archiving, characterization and retrieval," in *IASTED International Conference on Signal and Image Processing (SIP2000)*, Las Vegas, Nevada, USA, Nov. 2000. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/ggtp.pdf>
- [61] M. Wallace, G. Akrivas, and G. Stamou, "Automatic thematic categorization of documents using a fuzzy taxonomy and fuzzy hierarchical clustering," in *FUZZIEEE03*, 2003.
- [62] M. Wallace, G. Akrivas, G. Stamou, and S. Kollias, "Representation of user preferences and adaptation to context in multimedia content - based retrieval," in *SOFSEM02*, Czech republic, Nov. 2002. [Online]. Available: <http://www.image.ece.ntua.gr/%7Egakrivas/Representation%20of%20user%20p%20references.pdf>
- [63] B. Yeo and B. Liu, "Rapid scene analysis on compressed video," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 5, no. 6, pp. 533–544, December 1995.
- [64] L. M. Zouhal and T. Denoeux, "An evidence-theoretic k-nn rule with parameter optimization." [Online]. Available: citeseer.nj.nec.com/122028.html

Παράρτημα Α

Κώδικας XML

A.1 Σχήμα ορισμού γεωμετρίας σύνθετων οπτικών αντικειμένων

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <!-- edited with XMLSPY v5 rel. 4 U
(http://www.xmlspy.com) by John Smith (Acme) --> <!--W3C Schema generated by
XML Spy v4.3 U (http://www.xmlspy.com)-->
<xs:schema
targetNamespace="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto"
xmlns="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:annotation>
    <xs:documentation>Basic concept types</xs:documentation>
  </xs:annotation>
  <xs:complexType name="CompositeObject">
    <xs:complexContent>
      <xs:extension base="VisualObject">
        <xs:sequence>
          <xs:element name="part" maxOccurs="unbounded">
            <xs:complexType>
              <xs:complexContent>
                <xs:extension base="VisualObject">
                  <xs:attribute name="role" type="xs:string"/>
                </xs:extension>
              </xs:complexContent>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
          <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
            <xs:element name="triangle" type="Triangle"/>
            <xs:element name="deformation" type="Deformation"/>
          </xs:choice>
        </xs:sequence>
      </xs:extension>
    </xs:complexContent>
  </xs:complexType>
  <xs:complexType name="ObjectType">
    <xs:attribute name="id" type="xs:integer"/>
  </xs:complexType>
  <xs:complexType name="VisualObject">
```

```

<xs:complexContent>
  <xs:extension base="ObjectType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="fp" type="FP" maxOccurs="unbounded"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="name" type="xs:string"/>
  </xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="FP" mixed="true">
  <xs:complexContent mixed="true">
    <xs:extension base="ObjectType">
      <xs:attribute name="idRef" type="xs:integer"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="Triangle">
  <xs:complexContent>
    <xs:restriction base="VisualObject">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="fp" type="FP" maxOccurs="3"/>
      </xs:sequence>
    </xs:restriction>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
<xs:element name="compositeObjects">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="compositeObject" type="CompositeObject"
minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/> </xs:sequence> </xs:complexType>
</xs:element> <xs:complexType name="Quadrangle">
  <xs:complexContent>
    <xs:restriction base="VisualObject">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="fp" type="FP" maxOccurs="4"/>
      </xs:sequence>
    </xs:restriction>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="Deformation">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="Quadrangle">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="FP3FP4ToFP1FP2" type="ObjectType"/>
        <xs:element name="FP3FP2ToFP1FP2" type="ObjectType"/>
        <xs:element name="FP3FP2FP1" type="ObjectType"/>
        <xs:element name="FP4FP3FP2" type="ObjectType"/>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
</xs:schema>

```

A.2 Παράδειγμα ορισμού σύνθετων οπτικών αντικειμένων

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?> <rdf:RDF
xmlns:daml="http://www.daml.org/2001/03/daml+oil#"
xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
xmlns:oiled="http://img.cs.man.ac.uk/oil/oiled#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#">
  <daml:Ontology rdf:about="">
    <dc:title>&quot;An Ontology&quot;</dc:title>
    <dc:date/>
    <dc:creator/>
    <dc:description/>
    <dc:subject/>
    <daml:versionInfo/>
  </daml:Ontology>
  <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
    <rdfs:label>Body</rdfs:label>
    <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T08:53:45Z]]></oiled:creationDate>
    <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
    <daml:sameClassAs>
      <rdfs:Class>
        <daml:intersectionOf>
          <daml:List>
            <daml:first>
              <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#CompositeObject
"/>
                </daml:first>
                <daml:rest>
                  <daml:List>
                    <daml:first>
                      <daml:Restriction daml:minCardinality="8">
                        <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
                      </daml:Restriction>
                    </daml:first>
                    <daml:rest>
                      <daml:List>
                        <daml:first>
                          <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                            <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFace"/>
                          </daml:Restriction>
                        </daml:first>
                        <daml:rest>
                          <daml:List>
                            <daml:first>
                              <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                                <daml:onProperty
```

```
rdfl:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftLeg"/
>
    </daml:Restriction>
  </daml:first>
  <daml:rest>
    <daml>List>
      <daml:first>
        <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
          <daml:onProperty
rdfl:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasRightLeg"
/>
          </daml:Restriction>
        </daml:first>
        <daml:rest>
          <daml:nil/>
        </daml:rest>
      </daml>List>
    </daml:rest>
  </daml>List>
</daml:rest>
</daml>List>
</daml:rest>
</daml>List>
</daml:rest>
</daml>List>
</daml:rest>
</daml>List>
</daml:rest>
</daml>List>
</daml:intersectionOf>
</rdfs:Class>
</daml:sameClassAs>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <rdfs:label>Door</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T09:07:13Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:cardinality="4">
      <daml:onProperty
rdfl:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
      </daml:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </daml:Class>
  <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face">
  <rdfs:label>Face</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:49:55Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <daml:sameClassAs>
    <rdfs:Class>
      <daml:intersectionOf>
```

```

    <daml:List>
      <daml:first>
        <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#CompositeObject
"/>
          </daml:first>
          <daml:rest>
            <daml:List>
              <daml:first>
                <daml:Restriction daml:minCardinality="6">
                  <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
                    </daml:Restriction>
                  </daml:first>
                  <daml:rest>
                    <daml:List>
                      <daml:first>
                        <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                          <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"/
                        >
                            </daml:Restriction>
                          </daml:first>
                          <daml:rest>
                            <daml:List>
                              <daml:first>
                                <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                                  <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth"/>
                                    </daml:Restriction>
                                  </daml:first>
                                  <daml:rest>
                                    <daml:List>
                                      <daml:first>
                                        <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                                          <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasRightEye"
                                        />
                                            </daml:Restriction>
                                          </daml:first>
                                          <daml:rest>
                                            <daml:nil/>
                                          </daml:rest>
                                        </daml:List>
                                      </daml:rest>
                                    </daml:List>
                                  </daml:rest>
                                </daml:List>
                              </daml:rest>
                            </daml:List>
                          </daml:rest>
                        </daml:List>
                      </daml:rest>
                    </daml:List>
                  </daml:rest>
                </daml:List>
              </daml:rest>
            </daml:List>
          </daml:rest>
        </daml:Class>
      </daml:sameClassAs>

```

```

</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof">
  <rdfs:label>Roof</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T09:05:08Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:cardinality="3">
      <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
      </daml:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </daml:Class>
</daml:Class>
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#CompositeObject
">
  <rdfs:label>CompositeObject</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T13:04:55Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <daml:sameClassAs>
    <rdfs:Class>
      <daml:intersectionOf>
        <daml:List>
          <daml:first>
            <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
            </daml:first>
          <daml:rest>
            <daml:List>
              <daml:first>
                <daml:Restriction>
                  <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
                  <daml:hasClass>
                    <daml:Thing/>
                  </daml:hasClass>
                </daml:Restriction>
              </daml:first>
              <daml:rest>
                <daml:nil/>
              </daml:rest>
            </daml:List>
          </daml:rest>
        </daml:List>
      </daml:intersectionOf>
    </rdfs:Class>
  </daml:sameClassAs>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth">

```

```

<rdfs:label>EyeMouth</rdfs:label>
<rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-09-02T09:03:45Z]]></oiled:creationDate>
<oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
<daml:sameClassAs>
  <rdfs:Class>
    <daml:intersectionOf>
      <daml:List>
        <daml:first>
          <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#CompositeObject
"/>
          </daml:first>
          <daml:rest>
            <daml:List>
              <daml:first>
                <daml:Restriction daml:minCardinality="6">
                  <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
                  </daml:Restriction>
                </daml:first>
                <daml:rest>
                  <daml:List>
                    <daml:first>
                      <daml:Restriction>
                        <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"/
>
                        <daml:hasClass>
                          <daml:Thing/>
                        </daml:hasClass>
                      </daml:Restriction>
                    </daml:first>
                    <daml:rest>
                      <daml:List>
                        <daml:first>
                          <daml:Restriction>
                            <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasMouth"/>
                            <daml:hasClass>
                              <daml:Thing/>
                            </daml:hasClass>
                          </daml:Restriction>
                        </daml:first>
                        <daml:rest>
                          <daml:nil/>
                        </daml:rest>
                      </daml:List>
                    </daml:rest>
                  </daml:List>
                </daml:rest>
              </daml:List>
            </daml:rest>
          </daml:List>
        </daml:rest>
      </daml:List>
    </daml:intersectionOf>
  </rdfs:Class>
</daml:sameClassAs>

```



```

</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#VisualObject">
  <rdfs:label>VisualObject</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T13:41:48Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <daml:sameClassAs>
    <daml:Restriction>
      <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
        <daml:hasClass>
          <daml:Thing/>
        </daml:hasClass>
      </daml:Restriction>
    </daml:sameClassAs>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP">
  <rdfs:label>FP</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:45:35Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <daml:sameClassAs>
    <daml:Restriction>
      <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
        <daml:hasClass>
          <daml:Thing/>
        </daml:hasClass>
      </daml:Restriction>
    </daml:sameClassAs>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye">
  <rdfs:label>Eye</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:48:08Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
      </rdfs:subClassOf>
      <rdfs:subClassOf>
        <daml:Restriction daml:cardinality="2">
          <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
            </daml:Restriction>
          </rdfs:subClassOf>
        </daml:Class>
      </daml:Class>
  </daml:Class>
  <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg">
  <rdfs:label>Leg</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

```

```

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T08:54:07Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:cardinality="2">
      <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
      </daml:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#House">
  <rdfs:label>House</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T09:08:12Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <daml:sameClassAs>
    <rdfs:Class>
      <daml:intersectionOf>
        <daml:List>
          <daml:first>
            <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#CompositeObject
"/>
          </daml:first>
          <daml:rest>
            <daml:List>
              <daml:first>
                <daml:Restriction daml:minCardinality="6">
                  <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
                  </daml:Restriction>
                </daml:first>
                <daml:rest>
                  <daml:List>
                    <daml:first>
                      <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                      <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRoof"/>
                      </daml:Restriction>
                    </daml:first>
                    <daml:rest>
                      <daml:List>
                        <daml:first>
                          <daml:Restriction
daml:minCardinality="1">
                          <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDoor"/>
                          </daml:Restriction>
                        </daml:first>
                        <daml:rest>
                          <daml:nil/>
                        </daml:rest>

```

```

        </daml:List>
      </daml:rest>
    </daml:List>
  </daml:rest>
</daml:List>
</daml:rest>
</daml:List>
</daml:rest>
</daml:List>
</daml:intersectionOf>
</rdfs:Class>
</daml:sameClassAs>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth">
  <rdfs:label>Mouth</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:49:34Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:cardinality="2">
      <daml:onProperty
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
      </daml:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </daml:Class>
</daml:Class>
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point">
  <rdfs:label>Point</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:44:01Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  </daml:Class>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye">
  <rdfs:label>hasLeftEye</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:50:54Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
  </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftLeg">
  <rdfs:label>hasLeftLeg</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

```

```
<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T08:53:09Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Leg"/>
    </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasLeftLeg"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasModule">
  <rdfs:label>hasModule</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>
```

```
<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-25T10:11:53Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#x">
  <rdfs:label>x</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>
```

```
<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:44:10Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:domain>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Point"/>
    </rdfs:domain>
  <rdfs:range>
    <xsd:integer/>
  </rdfs:range>
  </daml:DatatypeProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#x"/>
  <daml:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#y">
  <rdfs:label>y</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>
```

```
<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:44:24Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:domain>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Point"/>
    </rdfs:domain>
  <rdfs:range>
    <xsd:integer/>
  </rdfs:range>
  </daml:DatatypeProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#y"/>
  <daml:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#id">
  <rdfs:label>id</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>
```

```
<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:45:22Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:domain>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#FP"/>
    </rdfs:domain>
  <rdfs:range>
    <xsd:integer/>
  </rdfs:range>
</daml:DatatypeProperty>
<daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#id"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRightEye">
  <rdfs:label>hasRightEye</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-21T08:21:56Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Eye"/>
    </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRightEye"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRightLeg">
  <rdfs:label>hasRightLeg</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T08:53:15Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Leg"/>
    </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRightLeg"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#isPartOf">
  <rdfs:label>isPartOf</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-19T13:21:35Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
  <daml:inverseOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasPart"/>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDPart">
  <rdfs:label>hasDPart</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>
```

```
<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T13:40:05Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPart"/>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth">
  <rdfs:label>hasMouth</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:50:59Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
    </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint">
  <rdfs:label>hasPoint</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:45:44Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
    </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasDoor">
  <rdfs:label>hasDoor</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T09:09:12Z]]></oiled:creationDate>
  <oiled:creator><![CDATA[gakrivas]]></oiled:creator>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
  <rdfs:range>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door"/>
    </rdfs:range>
  </daml:ObjectProperty>
  <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasDoor"/>
  <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFace">
  <rdfs:label>hasFace</rdfs:label>
  <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T08:53:01Z]]></oiled:creationDate>
```

```

    <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
    <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
    <rdfs:range>
        <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Face"/>
        </rdfs:range>
    </daml:ObjectProperty>
    <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasFace"/>
    <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasPart">
        <rdfs:label>hasPart</rdfs:label>
        <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T13:40:11Z]]></oiled:creationDate>
    <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
    <daml:inverseOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#isPartOf"/>
    </daml:ObjectProperty>
    <daml:TransitiveProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasPart"/>
    <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRoof">
        <rdfs:label>hasRoof</rdfs:label>
        <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-07-16T09:08:31Z]]></oiled:creationDate>
    <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
    <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasDPart"/>
    <rdfs:range>
        <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Roof"/>
        </rdfs:range>
    </daml:ObjectProperty>
    <daml:UniqueProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasRoof"/>
    <daml:ObjectProperty
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#hasFP">
        <rdfs:label>hasFP</rdfs:label>
        <rdfs:comment><![CDATA[]]></rdfs:comment>

<oiled:creationDate><![CDATA[2003-06-11T12:48:21Z]]></oiled:creationDate>
    <oiled:creator><![CDATA[gakrivass]]></oiled:creator>
    <rdfs:domain>
        <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#VisualObject"/>
        </rdfs:domain>
    <rdfs:range>
        <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#FP"/>
        </rdfs:range>
    </daml:ObjectProperty>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivass/geonto/geonto.daml#Body">
        <daml:disjointWith>
            <daml:Class

```

```
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Body">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face"/>
  </daml:disjointWith>
```



```
</daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Door">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
    </daml:disjointWith>
  </daml:Class>
<daml:Class
```

```
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#House">
  <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
  </daml:disjointWith>
</daml:Class>
<daml:Class
rdfl:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg">
  <daml:disjointWith>
```

```

    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
    </daml:disjointWith>
    </daml:Class>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Leg">
    <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
    </daml:disjointWith>
    </daml:Class>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth">
    <daml:disjointWith>
    <daml:Class
rdf:about="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Roof"/>
    </daml:disjointWith>
    </daml:Class>
</rdf:RDF>

```

A.3 Παράδειγμα ορισμού γεωμετρίας σύνθετου αντικειμένου

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <!-- edited with XMLSPY v5
rel. 4 U (http://www.xmlspy.com) by G. Akrivas (ivml/ntua) -->
<compositeObjects
xmlns="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto
http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.xsd">
    <compositeObject
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face">
    <fp id="1"/>
    <fp id="2"/>
    <fp id="3"/>
    <fp id="4"/>
    <fp id="5"/>
    <fp id="6"/>
    <part
role="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye" id="1">
    <fp id="1" idRef="1"/>
    <fp id="2" idRef="2"/>
    </part>
    <part
role="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasRightEye"
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye" id="1">
    <fp id="1" idRef="3"/>
    <fp id="2" idRef="4"/>
    </part>
    <part
role="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth"
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth" id="1">
    <fp id="1" idRef="5"/>
    <fp id="2" idRef="6"/>
    </part>

```

```

<triangle id="1">
  <fp idRef="1">50 70</fp>
  <fp idRef="2">80 100</fp>
  <fp idRef="5"/>
</triangle>
<triangle id="2">
  <fp idRef="3">50 70</fp>
  <fp idRef="2">80 100</fp>
  <fp idRef="5"/>
</triangle>
<triangle id="3">
  <fp idRef="5">50 70</fp>
  <fp idRef="6">80 100</fp>
  <fp idRef="3"/>
</triangle>
<triangle id="4">
  <fp idRef="4">50 70</fp>
  <fp idRef="3">80 100</fp>
  <fp idRef="6"/>
</triangle>
</compositeObject>
<compositeObject
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth">
  <fp id="1"/>
  <fp id="2"/>
  <fp id="5"/>
  <fp id="6"/>
  <part
role="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye" id="1">
  <fp id="1" idRef="1"/>
  <fp id="2" idRef="2"/>
  </part>
  <part
role="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth"
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth" id="1">
  <fp id="1" idRef="5"/>
  <fp id="2" idRef="6"/>
  </part>
  <triangle id="1">
    <fp idRef="1">50 70</fp>
    <fp idRef="2">80 100</fp>
    <fp idRef="5"/>
  </triangle>
  <triangle id="4">
    <fp idRef="2"/>
    <fp idRef="5">80 100</fp>
    <fp idRef="6">50 70</fp>
  </triangle>
</compositeObject>
</compositeObjects>

```

A.4 Γεωμετρία παραδείγματος, πριν την συνθετική επέκταση

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <!-- edited with XMLSPY v5

```
rel. 4 U (http://www.xmlspy.com) by G. Akrivas (ivml/ntua) -->
<tells xmlns="http://dl.kr.org/dig/lang"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://dl.kr.org/dig/lang
http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/dig3.xsd">
  <!--=====-->
  <!--====a face-->
  <!--====points-->
  <defindividual name="point1"/>
  <defindividual name="point2"/>
  <defindividual name="point3"/>
  <defindividual name="point4"/>
  <defindividual name="point5"/>
  <defindividual name="point6"/>
  <instanceof>
    <individual name="point1"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point2"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point3"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point4"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point5"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point6"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <value>
    <individual name="point1"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
    <ival>1</ival>
  </value>
  <value>
    <individual name="point1"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
    <ival>2</ival>
  </value>
  <value>
    <individual name="point2"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
    <ival>2</ival>
  </value>
  <value>
    <individual name="point2"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
    <ival>2</ival>
  </value>
```

```

<value>
  <individual name="point3"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>3</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point3"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point4"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>4</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point4"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point5"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point5"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>4</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point6"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>3</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point6"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>4</ival>
</value>
<!--====visual objects-->
<defindividual name="eye1"/>
<defindividual name="eye2"/>
<defindividual name="mouth1"/>
<instanceof>
  <individual name="eye1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye2"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="mouth1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
</instanceof>
<!--==feature points-->
<defindividual name="eye1FP1"/>

```

```
<defindividual name="eye1FP2"/>
<defindividual name="eye2FP1"/>
<defindividual name="eye2FP2"/>
<defindividual name="mouth1FP1"/>
<defindividual name="mouth1FP2"/>
<instanceof>
  <individual name="eye1FP1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye1FP2"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye2FP1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye2FP2"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="mouth1FP1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="mouth1FP1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<!--== has fp-->
<related>
  <individual name="eye1"/>
  <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual name="eye1FP1"/>
</related>
<related>
  <individual name="eye1"/>
  <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual name="eye1FP2"/>
</related>
<related>
  <individual name="eye2"/>
  <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual name="eye2FP1"/>
</related>
<related>
  <individual name="eye2"/>
  <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual name="eye2FP2"/>
</related>
<related>
  <individual name="mouth1"/>
  <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual name="mouth1FP1"/>
</related>
<related>
  <individual name="mouth1"/>
  <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
```

```

    <individual name="mouth1FP2"/>
</related>
<!--== has point-->
<related>
    <individual name="eye1FP1"/>
    <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point1"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye1FP2"/>
    <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point2"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye2FP1"/>
    <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point3"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye2FP2"/>
    <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point4"/>
</related>
<related>
    <individual name="mouth1FP1"/>
    <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point5"/>
</related>
<related>
    <individual name="mouth1FP2"/>
    <ratom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point6"/>
</related>
<!--== id of fp-->
<value>
    <individual name="eye1FP1"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
    <ival>1</ival>
</value>
<value>
    <individual name="eye1FP2"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
    <ival>2</ival>
</value>
<value>
    <individual name="eye2FP1"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
    <ival>1</ival>
</value>
<value>
    <individual name="eye2FP2"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
    <ival>2</ival>
</value>
<value>
    <individual name="mouth1FP1"/>
    <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
    <ival>1</ival>

```



```

</value>
<value>
  <individual name="mouth1FP2"/>
  <attribute name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>2</ival>
</value>
</tells>

```

A.5 Γεωμετρία παραδείγματος, μετά την συνθετική επέκταση

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-16" standalone="no"?> <!--
edited with XMLSPY v5 rel. 4 U (http://www.xmlspy.com) by G.
Akrivas (ivml/ntua) --> <tells xmlns="http://dl.kr.org/dig/lang"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://dl.kr.org/dig/lang
http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/dig3.xsd">
  <!--=====-->
  <!--====a face-->
  <!--====points-->
  <defindividual name="point1"/>
  <defindividual name="point2"/>
  <defindividual name="point3"/>
  <defindividual name="point4"/>
  <defindividual name="point5"/>
  <defindividual name="point6"/>
  <instanceof>
    <individual name="point1"/>
    <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point2"/>
    <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point3"/>
    <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point4"/>
    <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point5"/>
    <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>
  </instanceof>
  <instanceof>
    <individual name="point6"/>
    <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Point"/>

```

```
</instanceof>
<value>
  <individual name="point1"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>1</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point1"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point2"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point2"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point3"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>3</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point3"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point4"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>4</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point4"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point5"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point5"/>
  <attribute
```

```

name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>4</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point6"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#x"/>
  <ival>3</ival>
</value>
<value>
  <individual name="point6"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#y"/>
  <ival>4</ival>
</value>
<!--====visual objects-->
<defindividual name="eye1"/>
<defindividual name="eye2"/>
<defindividual name="mouth1"/>
<instanceof>
  <individual name="eye1"/>
  <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye2"/>
  <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Eye"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="mouth1"/>
  <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Mouth"/>
</instanceof>
<!--==feature points-->
<defindividual name="eye1FP1"/>
<defindividual name="eye1FP2"/>
<defindividual name="eye2FP1"/>
<defindividual name="eye2FP2"/>
<defindividual name="mouth1FP1"/>
<defindividual name="mouth1FP2"/>
<instanceof>
  <individual name="eye1FP1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye1FP2"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye2FP1"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
  <individual name="eye2FP2"/>
  <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>

```

```

    <individual name="mouth1FP1"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<instanceof>
    <individual name="mouth1FP1"/>
    <catom name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#FP"/>
</instanceof>
<!--== has fp-->
<related>
    <individual name="eye1"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual name="eye1FP1"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye1"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual name="eye1FP2"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye2"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual name="eye2FP1"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye2"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual name="eye2FP2"/>
</related>
<related>
    <individual name="mouth1"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual name="mouth1FP1"/>
</related>
<related>
    <individual name="mouth1"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual name="mouth1FP2"/>
</related>
<!--== has point-->
<related>
    <individual name="eye1FP1"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point1"/>
</related>
<related>
    <individual name="eye1FP2"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
    <individual name="point2"/>
</related>
<related>

```

```
<individual name="eye2FP1"/>
<ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point3"/>
</related>
<related>
  <individual name="eye2FP2"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point4"/>
</related>
<related>
  <individual name="mouth1FP1"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point5"/>
</related>
<related>
  <individual name="mouth1FP2"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point6"/>
</related>
<!--== id of fp-->
<value>
  <individual name="eye1FP1"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>1</ival>
</value>
<value>
  <individual name="eye1FP2"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="eye2FP1"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>1</ival>
</value>
<value>
  <individual name="eye2FP2"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual name="mouth1FP1"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>1</ival>
</value>
<value>
  <individual name="mouth1FP2"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
```

```
<ival>2</ival>
</value>
<instanceof>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
  <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth"/>
  </instanceof>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP1"/>
    </related>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP2"/>
    </related>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP5"/>
    </related>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP6"/>
    </related>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"/>
    <individual name="eye1"/>
    </related>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
    <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth"/>
    <individual name="mouth1"/>
    </related>
  <related>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP1"/>
    <ratom
```

```
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point1"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP2"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point2"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP5"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point5"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP6"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point6"/>
</related>
<value>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP1"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>1</ival>
</value>
<value>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP2"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>2</ival>
</value>
<value>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP5"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>5</ival>
</value>
<value>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0FP6"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>6</ival>
</value>
<instanceof>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <catom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face"/>
</instanceof>
```

```
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP3"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP4"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP1"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP2"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP5"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasFP"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasLeftEye"/>
  <individual name="eye1"/>
</related>
<related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
```



```
<ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasModule"/>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#EyeMouth0"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasMouth"/>
  <individual name="mouth1"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasRightEye"/>
  <individual name="eye2"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP1"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point1"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP2"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point2"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP3"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point3"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP4"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point4"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP5"/>
  <ratom
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#hasPoint"/>
  <individual name="point5"/>
  </related>
</related>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
  <ratom
```



```
<attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>6</ival>
</value>
<value>
  <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
  <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
  <ival>6</ival>
  </value>
  <value>
    <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
    <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
    <ival>6</ival>
    </value>
    <value>
      <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
      <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
      <ival>6</ival>
      </value>
      <value>
        <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
        <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
        <ival>6</ival>
        </value>
        <value>
          <individual
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#Face0FP6"/>
          <attribute
name="http://www.image.ntua.gr/~gakrivas/geonto/geonto.daml#id"/>
          <ival>6</ival>
          </value>
        </value>
      </value>
    </value>
  </value>
</tells>
```

Παράρτημα Β

Το πρότυπο MPEG-7 για περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία εισαγωγή στις αρχές του προτύπου MPEG-7 [34].

Το MPEG-7 προτυποποιεί την περιγραφή του περιεχομένου της πολυμεσικής πληροφορίας. Αντίθετα δηλαδή με τα προηγούμενα πρότυπα, MPEG-1, MPEG-2 και MPEG-4, τα οποία αποσκοπούσαν στην πιστή και αποδοτική παράσταση της πολυμεσικής πληροφορίας (τα MPEG-1 & 2 με βάση τετράγωνα και το MPEG-4 με βάση αντικείμενα), το MPEG-7 κωδικοποιεί την πληροφορία που είναι γνωστή για αυτήν (μεταδεδομένα).

Το κυριότερο κίνητρο για την προτυποποίηση της περιγραφής του πολυμεσικού περιεχομένου είναι το αυξανόμενο μέγεθος των ψηφιακών βιβλιοθηκών, που καθιστά αναγκαία την υποβοήθηση του χρήστη να βρει την πολυμεσική πληροφορία που θέλει. Στις παλαιότερες ψηφιακές βιβλιοθήκες, που περιείχαν μόνο κείμενο, αρκούσε να γίνεται αναζήτηση στα ίδια τα δεδομένα (λέξεις). Στις βιβλιοθήκες πολυμέσων όμως, αυτό είναι αδύνατο (π.χ. ποτέ δύο εικόνες δεν είναι ίσες). Αυτό που πρέπει να γίνει είναι αναζήτηση στις περιγραφές των πολυμεσικών εγγράφων. Ένας άλλος λόγος για την ανάπτυξη μιας γλώσσας μεταδεδομένων είναι η πρόσφατη πληθώρα τέτοιων παραστάσεων, κυρίως στο WWW, πράγμα που κατέστησε αναγκαία την ενοποίηση των ετερογενών συστημάτων.

Το πρότυπο παρέχει ένα πλούσιο σύνολο από οπτικοακουστικές περιγραφές, οι οποίες μπορεί να είναι καταλογογραφικές (τίτλος, δημιουργός), σημασιολογικές (ποιος, που, πότε για αντικείμενα και γεγονότα) και δομικές (κατάτμηση στο χώρο και στο χρόνο, χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου). Η γλώσσα που έχει επιλεγεί για τον ορισμό της σύνταξης των περιγραφών είναι η XML Schema. Χρησιμοποιώντας τη γλώσσα αυτή είναι δυνατή η επέκταση των προτυποποιημένων περιγραφών και η δημιουργία νέων, προς κάλυψη εξειδικευμένων αναγκών.

Γενικά, οι μορφές πολυμεσικής πληροφορίας, στις οποίες μπορεί να γίνει περιγραφή είναι ακίνητες εικόνες, γραφικά, 3D μοντέλα, ήχος, λόγος, βίντεο. Το αν η ίδια η πολυμεσική πληροφορία είναι διαθέσιμη, και πολύ περισσότερο αν είναι διαθέσιμη σε ψηφιακή μορφή, είναι αδιάφορο εφόσον είναι διαθέσιμη η περιγραφή της. Χαρακτηριστικά, περιγραφή περιεχομένου είναι δυνατό να εξαχθεί ακόμα και από ένα χειρόγραφο κείμενο.

Το πρότυπο ορίζει τα χαρακτηριστικά αλλά δεν προτυποποιεί τους μηχανισμούς (αυτόματης) εξαγωγής τους, ούτε τις μηχανές αναζήτησης ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα που θα χρησιμοποιεί την περιγραφή. Η απόφαση αυτή συνεχίζει την πάγια

πολιτική του MPEG, όπως για παράδειγμα στο MPEG-1/2, που όρισε πώς η κίνηση παριστάνεται με διανύσματα κίνησης αλλά δεν έδωσε το μηχανισμό υπολογισμού αυτών.

Μία άλλη βασική αρχή είναι αυτή της ελευθερίας επιλογής του βάρους στο οποίο θα γίνει η περιγραφή. Ανάλογα με την εφαρμογή, είναι δυνατή η επιλογή των χαρακτηριστικών εκείνων που θα αποθηκευτούν και η υποβάθμιση ή η απόρριψη των χαρακτηριστικών που δεν κρίνονται αναγκαία. Γενικά, χαρακτηριστικά χαμηλότερου επιπέδου (εικόνα: χρώμα, σχήμα, υφή, κίνηση, ήχος: ύψος, ρυθμός, χρώμα, ένταση) εξάγονται σήμερα λίγο ή πολύ αυτόματα. Αντίθετα, για χαρακτηριστικά υψηλότερου επιπέδου (οντότητες, γεγονότα) δεν υπάρχουν σήμερα γενικοί ικανοποιητικοί τρόποι εξαγωγής. Για ορισμένες τέλος κατηγορίες χαρακτηριστικών (π.χ. καταλογογραφικές), προβλέπεται ότι πάντα θα εισάγονται από ανθρώπους.

Πρέπει τέλος να αναφερθεί ότι το πρότυπο κατά κάποιον τρόπο συνεχίζει το MPEG-4, το οποίο παρέχει τον τρόπο αναπαράστασης της οπτικοακουστικής πληροφορίας ως αντικείμενα που συσχετίζονται στο χρόνο και στο χώρο. Σε ένα βίντεο κωδικοποιημένο κατά MPEG-4 είναι δυνατό να προσαρτηθούν περιγραφές MPEG-7 στα αντικείμενα εντός μιας σκηνής.

B.0.1 Έννοιες του MPEG-7

Περιεχόμενο της πολυμεσικής πληροφορίας είναι για το πρότυπο το σύνολο των χαρακτηριστικών που είναι γνωστά για αυτήν. Παράδειγμα χαρακτηριστικών χαμηλού επιπέδου είναι το χρώμα μιας εικόνας, ή η κίνηση. Χαρακτηριστικά μεσαίου επιπέδου είναι π.χ. τα κεφάλια που φαίνονται σε μία εικόνα. Τέλος χαρακτηριστικά υψηλού επιπέδου είναι π.χ. τα πρόσωπα και τα γεγονότα που απεικονίζονται σε μία εικόνα. Σε κάθε χαρακτηριστικό το πρότυπο αντιστοιχίζει μία δομή δεδομένων που ονομάζεται Περιγραφέας (Descriptor, D). Περιγραφή του περιεχομένου είναι μία οργάνωση των περιγραφέων μέσω σύνθετων δομών που λέγονται Σχήματα Περιγραφής (Description Schemes, DS), τα οποία είναι δυνατό να περιλαμβάνουν Π και άλλα ΣΠ. Η γλώσσα ορισμού της περιγραφής καλείται Γλώσσα Ορισμού Περιγραφέων (Description Definition Language, DDL) και είναι μία επέκταση της XML Schema. Η ίδια η περιγραφή μπορεί να γίνει είτε σε μορφή κειμένου (XML) είτε σε δυαδική μορφή (BiM).

Παράδειγμα: ένα χαρακτηριστικό του περιεχομένου που είναι γνωστό είναι το επικρατούν χρώμα σε μία σκηνή. Τότε, η περιγραφή ενδεχομένως περιέχει ένα ΣΠ που ονομάζεται Σκηνή, και το οποίο μεταξύ άλλων περιέχει έναν Π με δεδομένα για το χρώμα, π.χ. τιμές RGB. Το ΣΠ ενδεχομένως είναι μέρος ενός ευρύτερου ΣΠ που λέγεται Συντακτική Περιγραφή.

Η διαφορά περιγραφέα και χαρακτηριστικού (κατ' επέκταση η διαφορά του οπτικού / ακουστικού μέρους του προτύπου και των αντίστοιχων μερών του MPEG-4) βρίσκεται στους στόχους: στόχος των περιγραφέων του MPEG-7 είναι η περιγραφή μέσω της σύγκρισης περιγραφέων, ενώ αντίθετα στόχος των χαρακτηριστικών του MPEG-4 είναι η πιστή και αποδοτική αναπαράσταση. Παρά όμως την ουσιαστική αυτή διαφορά, είναι γεγονός ότι οι ομοιότητες μεταξύ αυτών των δύο ομάδων εργαλείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις εφαρμογές. Για παράδειγμα, ένας μηχανισμός αυτόματης εξαγωγής χαρακτηριστικών μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να εξάγει παράλληλα τους αντίστοιχους περιγραφείς.

B.0.2 Δομές δεδομένων που ορίζονται από το πρότυπο

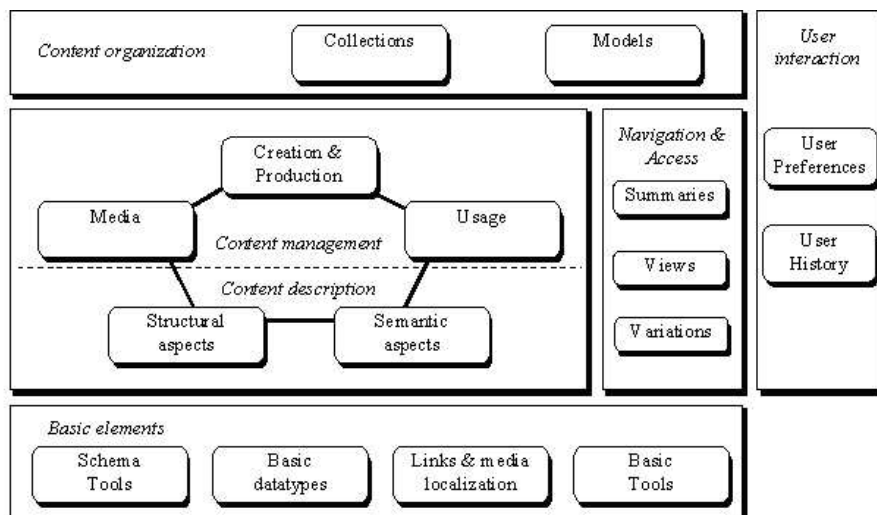
Το MPEG-7 ορίζει, όπως προαναφέρθηκε ορισμένες δομές δεδομένων. Αυτές διακρίνονται σε περιγραφείς εικόνας, περιγραφής ήχου και σχήματα περιγραφής πολυμέσων.

B.0.2.1 Περιγραφή Ήχου

Ορίζονται 6 τεχνολογίες: πλαίσιο περιγραφής ήχου (περιγραφείς χαμηλού επιπέδου), περιγραφή ηχητικών εφφέ, περιγραφή ηχητικού χρώματος, περιγραφή λεκτικού περιεχομένου, περιγραφή σιγής, περιγραφή μελωδίας.

B.0.2.2 Περιγραφή Εικόνας

- Χρώμα
 - Χρωματικός χώρος
 - Κυρίαρχα (χαρακτηριστικά) χρώματα
 - Κβαντισμός χρωμάτων
 - Χρωματική δομή
 - Χωρική κατανομή χρωμάτων
 - Χρωματικό ιστόγραμμα
- Υφή
 - Ιστόγραμμα ακμών
 - Ομογενής υφή
- Σχήμα
 - Σχήμα από περιοχές
 - Σχήμα από ακμές
 - 3Δ σχήμα
- Κίνηση
 - Κίνηση κάμερας
 - Τροχιά αντικειμένου
 - Παραμετροποιημένη κίνηση
 - Κινητική δραστηριότητα
- Εντοπισμός
 - Περιοχές
 - Χωροχρονικές περιοχές
- Περιγραφή προσώπων



Σχήμα Β.1: Σχήματα περιγραφής πολυμέσων του MPEG-7

B.0.3 Σχήματα Περιγραφής Πολυμέσων

Τα ΣΠΠ βρίσκονται υψηλότερα στη δομική ιεραρχία από τους περιγραφείς εικόνας και ήχου, με την έννοια ότι μία περιγραφή περιεχομένου ξεκινά από το ριζικό στοιχείο των ΣΠΠ, και τα βαθύτερα ΣΠ ενδεχομένως περιέχουν περιγραφείς εικόνας και ήχου.

Τα ΣΠ Πολυμέσων διακρίνονται σε βασικά στοιχεία, εργαλεία σχημάτων, περιγραφή περιεχομένου, διαχείριση περιεχομένου, οργάνωση περιεχομένου, περιήγηση και πρόσβαση, και αλληλεπίδραση με το χρήστη.

Βασικά στοιχεία χρόνος, λεκτικός χαρακτηρισμός, διαχείριση περιγραφών XML

Εργαλεία σχημάτων ριζικά στοιχεία (στοιχεία του ανώτατου επιπέδου σε μία περιγραφή MPEG-7), κορυφαία στοιχεία (στοιχεία που βρίσκονται ένα επίπεδο πιο κάτω από τα ριζικά στοιχεία και προσανατολίζουν την περιγραφή προς συγκεκριμένο είδος περιεχομένου), εργαλεία ομαδοποίησης

Διαχείριση Περιεχομένου πληροφορία για τη δημιουργία, πληροφορία χρήσης, πληροφορία φυσικής αποθήκευσης

Περιγραφή Περιεχομένου δομική περιγραφή, εννοιολογική περιγραφή

Περιήγηση και πρόσβαση περιλήψεις, διαμερίσεις, παραλλαγές

Οργάνωση περιεχομένου οργάνωση ενοτήτων από πολυμεσικό περιεχόμενο

Αλληλεπίδραση με το χρήστη προτιμήσεις χρήστη

Στο σχ. Β.1 φαίνονται οι ομάδες των ΣΠ που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του περιεχομένου των πολυμέσων. Στο κέντρο φαίνεται η οργάνωση της περιγραφής γύρω από πέντε οπτικές γωνίες: μέσο φυσικής αποθήκευσης, δημιουργία & παραγωγή, χρήση (διαχείριση περιεχομένου), και δομική και εννοιολογική περιγραφή (περιγραφή περιεχομένου). Πιο κάτω φαίνονται τα βασικά στοιχεία και εργαλεία, δηλαδή οι τύποι δεδομένων, οι τύποι δεσμών και εντοπισμού μέσων, τα ανώτατα ΣΠ και τα ΣΠ ομαδοποίησης. Περιμετρικά φαίνονται τα ΣΠ για την περιήγηση και πρόσβαση (περιλήψεις, διαμερίσεις, παραλλαγές), οργάνωση και αλληλεπίδραση με το χρήστη.

B.0.3.1 Εργαλεία σχημάτων

Τα εργαλεία σχημάτων ορίζουν τη βάση δύο δέντρων, της ιεραρχίας κληρονομικότητας και της ιεραρχίας περιγραφής. Η ιεραρχία κληρονομικότητας περιλαμβάνει τον ορισμό των αφηρημένων τύπων των Περιγραφέων και των Σχημάτων Περιγραφής. Η ιεραρχία περιγραφής περιλαμβάνει το ριζικό στοιχείο μιας έγκυρης περιγραφής. Ορίζονται δύο είδη περιγραφής, το έγγραφο περιγραφής για αυτόνομες περιγραφές και η μονάδα περιγραφής για μερική ή επαυξητική πληροφορία για μια αυτόνομη περιγραφή.

B.0.3.1.1 Ιεραρχία περιγραφής Στη βάση της ιεραρχίας βρίσκεται το ριζικό στοιχείο Mpeg7Root. Προκειμένου για πλήρη περιγραφή, το ριζικό στοιχείο μπορεί να περιλαμβάνει τους τύπους ContentDescription και ContentManagement. Αντίθετα, μία μονάδα περιγραφής μπορεί να περιλαμβάνει οποιοδήποτε τύπο.

Παράδειγμα περιγραφής

```
<Mpeg7 xmlns="http://www.mpeg7.org/2001/MPEG-7_Schema">
  <DescriptionMetadata>
    <Version>1.0</Version>
    <PrivateIdentifier>myUnitDescription</PrivateIdentifier>
  </DescriptionMetadata>

  <DescriptionUnit xsi:type="DominantColorType">
    ...
  </DescriptionUnit>
</Mpeg7>
```

B.0.3.1.2 Ιεραρχία κληρονομικότητας Στη βάση της ιεραρχίας βρίσκεται ο τύπος Mpeg7RootType. Από αυτήν παράγονται τύποι για τους Π και τα ΣΠ.

B.0.3.2 Περιγραφή Φυσικού μέσου

Αποθηκεύεται η πληροφορία φυσικής αποθήκευσης, δηλ. σε ποια φυσικά μέσα είναι αποθηκευμένη η πολυμεσική πληροφορία. Για παράδειγμα, υποστηρίζονται διαφορετικά είδη οπτικοακουστικής πληροφορίας (π.χ. ένα κοντσέρτο μπορεί να είναι καταγεγραμμένο ως κινούμενη εικόνα ή ηχογραφημένο σε CD), σε διαφορετικά είδη κωδικοποίησης, και σε πολλαπλά αντίγραφα.

B.0.3.3 Δημιουργία & Παραγωγή

Αυτή η κατηγορία δεδομένων περιέχει πληροφορία, που παρέχεται από τους συντελεστές παραγωγής, σχετικά με τη διαδικασία παραγωγής του οπτικοακουστικού υλικού. Αυτή η πληροφορία είναι σχετική με το περιεχόμενο, αλλά δεν απεικονίζεται σε αυτό, ούτε, συνήθως, μπορεί να εξαχθεί από αυτό.

B.0.3.4 Τρόποι χρήσης του υλικού

Αυτή η κατηγορία δεδομένων περιλαμβάνει πληροφορίες για τα δικαιώματα χρήσης του υλικού, για τους τρόπους και τα μέσα χρήσης (π.χ. επεξεργασία, εκπομπή) και το ακροατήριο στο οποίο απευθύνεται.

B.0.3.5 Δόμηση Περιεχομένου

Τα εργαλεία περιγραφής (Π & ΣΠ) αυτής της ομάδας ορίζουν χωροχρονικές δομές του ΟΑ περιεχομένου (τμήματα), όπως χρονικά τμήματα βίντεο και ήχου, περιοχές ακίνητης εικόνας, χρονικά κινούμενες περιοχές σε βίντεο, πανοραμικές συνθέσεις σε βίντεο. Επίσης ορίζουν ιδιότητες και σχέσεις τμημάτων

Βασική οντότητα στη δομική περιγραφή είναι το τμήμα (SegmentDS).

```
<!--#####-->
<!--Definition of Segment DS          -->
<!--#####-->

<complexType name="SegmentType" abstract="true">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:DSType">
      <sequence minOccurs="1" maxOccurs="1">
        <choice minOccurs="0" maxOccurs="1">
          <element name="MediaInformation" type="mpeg7:MediaInformationType"
            minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
          <element name="MediaLocator" type="mpeg7:MediaLocatorType"
            minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
        </choice>
        <element name="CreationInformation"
          type="mpeg7:CreationInformationType"
          minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <element name="UsageInformation" type="mpeg7:UsageInformationType"
          minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <element name="TextAnnotation" type="mpeg7:TextAnnotationType"
          minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <element name="MatchingHint" type="mpeg7:MatchingHintType"
          minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <element name="PointOfView" type="mpeg7:PointOfViewType"
          minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <element name="SegmentDecomposition"
          type="mpeg7:SegmentDecompositionType"
          minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <element name="Relation" type="mpeg7:RelationType"
          minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>
```

MediaInformation πληροφορία φυσικής αποθήκευσης

MediaLocator εντοπισμός του τμήματος στο φυσικό μέσο

SegmentDecomposition ορίζει ανάλυση σε υποτμήματα. Μπορούν να οριστούν άνω της μίας, π.χ. κατάτμηση ως προς υφή και ως προς χρώμα, ή μέρος του τμήματος που βρίσκεται στο μέσο A και μέρος που βρίσκεται στο μέσο B

Relation συσχετίζει ένα τμήμα με άλλα. Π.χ. το τμήμα βρίσκεται αριστερά του τμήματος B

Εξειδικεύσεις του τμήματος είναι:

StillRegion περιοχές εικόνων και πλαισίων βίντεο

Mosaic πανοραμικές συνθέσεις από δεδομένα βίντεο

MovingRegion κινούμενες περιοχές βίντεο

VideoText περιοχές βίντεο ή εικόνας που αντιστοιχούν σε κείμενο ή υποτίτλους

AudioSegment τμήματα ήχου

AudioVisualSegment χωροχρονικά τμήματα ΟΑ περιεχομένου

B.0.3.6 Σημασιολογία περιεχομένου

Τα εργαλεία που παρέχει η σημασιολογία του περιεχομένου περιγράφουν τους κόσμους που αφηγείται το περιεχόμενο, και αντικείμενα, γεγονότα, τόπους και χρόνους σε αυτούς, καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά τους και τις σχέσεις μεταξύ τους.

Τα εργαλεία είναι:

Σημασιολογικές οντότητες τα αντικείμενα, γεγονότα, τόποι και χρόνοι που περιλαμβάνει ο αφηγηματικός κόσμος.

Σημασιολογικές σχέσεις σχέσεις ανάμεσα σε σημασιολογικές οντότητες, και ανάμεσα σε σημασιολογικές οντότητες και τμήματα ή αναλυτικά μοντέλα

Παράρτημα Γ

Γλωσσάριο

Ανάκτηση έννοιας (retrieval of a concept): Εύρεση όλων των **στιγμιοτύπων** μίας έννοιας

Αποτίμηση μεταβλητής (valuation of variable): Αντιστοίχιση μεταβλητών σε σύνολα οντοτήτων

Ασαφές σύνολο (fuzzy set): Η γενίκευση ενός κλασικού (crisp) συνόλου, με υποστήριξη κλασματικών βαθμών συμμετοχής

Ατομική έννοια (ρόλος) (atomic concept (role)): Έννοια (ρόλος) που περιλαμβάνεται σε μία **ορολογία**

Βάση γνώσης (knowledge base): Αποθηκευμένη γνώση που ορίζει τι **ισχυρισμοί** (κατηγορήματα) είναι δυνατό να διατυπωθούν για οντότητες ενός κόσμου και ποιες σχέσεις πρέπει να υπάρχουν μεταξύ τους, καθώς επίσης ισχυρισμούς για συγκεκριμένες οντότητες

Γενικευμένο ορολογικό αξίωμα (generalized terminological axiom): Ένα **ορολογικό αξίωμα** που η αριστερή του πλευρά είναι δεν **ατομική έννοια (ρόλος)**

Γνωσιακό σύστημα (knowledge – based system): Σύστημα που περιέχει μία **βάση γνώσης** και επιτελεί **συλλογιστικές εργασίες** απαντώντας σε ερωτήσεις πάνω σε αυτήν

Έννοια (concept): Μοναδιαίο κατηγορήμα

Έννοιολογική περιγραφή κόσμου (conceptualization of a world): Κατασκευή ενός μοντέλου μιας οντολογίας και αντιστοίχιση των αντικειμένων ενός κόσμου με τις οντότητες του μοντέλου

Εξακρίβωση στιγμιοτύπου (instance checking): Έλεγχος αν μία οντότητα είναι **στιγμιότυπο** μίας έννοιας

Επιτρεπτό συγκεκριμένο πεδίο (admissible concrete domain): Ένα **συγκεκριμένο πεδίο** με το σύνολο των ονομάτων κατηγορημάτων κλειστό υπό την άρνηση, με ένα όνομα για το πεδίο αποκρίσιμη ικανοποιησιμότητας

Ικανοποιήσιμη έννοια (satisfiable concept): Έννοια που δεν **υπάγεται** απαραίτητα στην κενή έννοια

Ισχυρισμός (ισχυρισμικό αξίωμα) (assertion (assertional axiom)): Δήλωση ότι μία οντότητα ανήκει σε μία **έννοια**, ή ότι ένα ζεύγος οντοτήτων ανήκει σε ένα **ρόλο**

Ισότητα εννοιών (ρόλων) (equality of concepts (roles)): Η **ερμηνεία** μιας **έννοιας** (**ρόλου**) είναι ίση με την ερμηνεία μιας άλλης έννοιας (ρόλου)

Κατάταξη έννοιας (classification of concept): Εύρεση των πιο ειδικών **υπαγοουσών** και των πιο γενικών υπαγόμενων **εννοιών** μιας έννοιας

Μερονομία (partonomy): Η σχέση ανάμεσα στο όλο και στο μέρος

Μοντέλο μιας βάσης γνώσης (model of a knowledge base): Μία **ερμηνεία** που ικανοποιεί μία **βάση γνώσης**

Μοντελοθεωρητική σημασιολογία (τύπου Tarski) (model - theoretic (Tarski) semantics): **Σημασιολογία** που ερμηνεύει τις **έννοιες** ως σύνολα οντοτήτων και τους **ρόλους** ως διμελείς σχέσεις σε αυτές

Οντολογία (ontology): Ένα σύνολο από κλάσσεις (**έννοιες**), ιδιότητες εννοιών, **σχέσεις** ανάμεσα σε έννοιες και κανόνες, που διέπουν τις έννοιες και τις σχέσεις

Οντότητα (individual): Ένα μαθηματικό αντικείμενο που, σύμφωνα με μία **βάση γνώσης**, ανήκει σε μία ή περισσότερες **έννοιες** και **ρόλους**

Ορισμός έννοιας (ρόλου) (definition of concept (role)): Ένα **ορολογικό αξίωμα** που η αριστερή του πλευρά είναι **ατομική έννοια** (**ρόλος**)

Ορολογία (terminology): Ένα **σώμα όρων** που δεν περιέχει **γενικευμένα ορολογικά αξιώματα**, και που δεν περιέχει κυκλικούς ορισμούς

Ορολογικό αξίωμα (terminological axiom): Μία δήλωση ότι δύο **ατομικές** ή **σύνθετες έννοιες** (**ρόλοι**) βρίσκονται σε σχέση **συμπερίληψης** ή σε σχέση **ισότητας**

Πραγμάτωση οντότητας (realization of individual): Εύρεση των πιο ειδικών **εννοιών**, **στιγμιότυπο** των οποίων να είναι μία οντότητα

Πρωταρχική έννοια (ρόλος) (primitive concept (role)): Έ**ννοια** (**ρόλος**) που συμπεριλαμβάνεται σε μία **ορολογία** αλλά δεν **ορίζεται** μέσω άλλων εννοιών (ρόλων)

Ρόλος (role): Δυαδικό κατηγορημα

Σημασιολογία (τυπική) (semantics (formal)): Τυπικός ορισμός της σημασίας μιας **βάσης γνώσης**

Σκηνή (shot): Μία ακολουθία από πλαίσια που προέρχονται από μία αδιάσπαστη καταγραφή

Στιγμιότυπο έννοιας (instance of a concept): Μία οντότητα, της οποίας η **ερμηνεία** ανήκει στην ερμηνεία μιας **έννοιας**

Συγκεκριμένο πεδίο (concrete domain): Ένα σύνολο εφοδιασμένο με σχέσεις, πάνω στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί συλλογιστική άσχετη με αυτήν μιας περιγραφικής λογικής

Συλλογιστική εργασία (reasoning task): Μία ερώτηση στην οποία μπορεί να απαντήσει ένα γνωσιακό σύστημα

Συμπέρασμα (entailment): Μία σχέση ισχύει σε κάθε μοντέλο

Συμπερίληψη εννοιών (ρόλων) (inclusion of concepts (roles)): Μία έννοια (ρόλος) υπάγεται αξιωματικά μία άλλη (άλλο)

Σύνθετη έννοια (ρόλος) (complex concept (role)): Μία έννοια (ρόλος) που κατασκευάζεται από ατομικές έννοιες (ρόλους) μέσω κατασκευαστών εννοιών (ρόλων)

Σώμα ισχυρισμών (A-box): Το σύνολο των ισχυρισμών μιας βάσης γνώσης

Σώμα όρων (T-box): Το σύνολο των ορολογικών αξιωμάτων μιας βάσης γνώσης

Ταξινομία (taxonomy): Μία σχέση υπαγωγής (πλέγμα) ανάμεσα στις έννοιες

Υπαγωγή εννοιών (ρόλων) (subsumption of concepts (roles)): Η ερμηνεία μιας έννοιας (ρόλου) είναι υποσύνολο της ερμηνείας μιας άλλης έννοιας (ρόλου)

Υπαρξιακός περιορισμός κατηγορήματος (existential predicate restriction): Ορισμός σχέσης που ικανοποιεί ένα συγκεκριμένο κατηγορήμα

A-box: Σώμα ισχυρισμών

admissible concrete domain: Επιτρεπτό συγκεκριμένο πεδίο

American Standard Code for Information Interchange: ASCII

assertion (assertional axiom): Ισχυρισμός (ισχυρισμικό αξίωμα)

atomic concept (role): Ατομική έννοια (ρόλος)

classification of concept: Κατάταξη έννοιας

Communications of the ACM: CACM

Compact Disk: CD

complex concept (role): Σύνθετη έννοια (ρόλος)

concept: Έννοια

conceptualization of a world: Εννοιολογική περιγραφή κόσμου

concrete domain: Συγκεκριμένο πεδίο

definition of concept (role): Ορισμός έννοιας (ρόλου)

Description Logic Implementation Group: DIG

Discrete Cosine Transform: DCT

entailment: Συμπέρασμα

equality of concepts (roles) : Ισότητα εννοιών (ρόλων)

existential predicate restriction: Υπαρξιακός περιορισμός κατηγορήματος

Extensible Markup Language Schema: XML Schema

Extensible Markup Language: XML

fuzzy set: Ασαφές σύνολο

generalized terminological axiom: Γενικευμένο ορολογικό αξίωμα

HyperText Markup Language: HTML

inclusion of concepts (roles): Συμπερίληψη εννοιών (ρόλων)

individual: Οντότητα

instance checking: Εξακρίδωση στιγμοτύπου

instance of a concept: Στιγμιότυπο έννοιας

interpretation of a knowledge base: Ερμηνεία μιας βάσης γνώσης

Joint Photographic Experts Group: JPEG

knowledge – based system: Γνωσιακό σύστημα

knowledge base: Βάση γνώσης

Knowledge Representation Systems Syntax: KRSS

List Processing: LISP

model - theoretic (Tarski) semantics: Μοντελοθεωρητική σημασιολογία (τύπου Tarski)

model of a knowledge base: Μοντέλο μιας βάσης γνώσης

Moving Picture Experts Group: MPEG

MPEG-1/2 Audio Layer 3: MP3

Ontology Web Language: OWL

Ontology Web Language: OWL

ontology: Οντολογία

partonomy: Μερονομία

primitive concept (role): Πρωταρχική έννοια (ρόλος)

Pulse-code modulation: PCM

realization of individual: Πραγμάτωση οντότητας

reasoning task: Συλλογιστική εργασία

Resource Description Framework Schema: RDF Schema

Resource description framework schema: RDF Schema

Resource Description Framework: RDF

retrieval of a concept: Ανάκτηση έννοιας

role: Ρόλος

satisfiable concept: Ικανοποιήσιμη έννοια

semantics (formal): Σημασιολογία (τυπική)

shot: Σκηνή

Standard Generalized Markup Language: SGML

subsumption of concepts (roles) : Υπαγωγή εννοιών (ρόλων)

T-box: Σώμα όρων

taxonomy: Ταξινομία

terminological axiom: Ορολογικό αξίωμα

terminology: Ορολογία

UTF: Unicode

valuation of variable: Αποτίμηση μεταβλητής

ASCII (American Standard Code for Information Interchange): Ένα σύνολο χαρακτήρων και μία κωδικοποίηση χαρακτήρων βασισμένη στο λατινικό αλφάβητο όπως χρησιμοποιείται στα σύγχρονα Αγγλικά και άλλες δυτικοευρωπαϊκές γλώσσες

CACM (Communications of the ACM): Μία συλλογή εγγράφων που προέρχονται από το περιοδικό CACM και μία συλλογή από ερωτήματα και από σωστές απαντήσεις

CD (Compact Disk): Ένας οπτικός δίσκος για αποθήκευση ψηφιακών δεδομένων

DCT (Discrete Cosine Transform): Διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου

DIG (Description Logic Implementation Group): Γλώσσα επικοινωνίας με συλλογιστικές μηχανές που χρησιμοποιούν περιγραφικές λογικές

HTML (HyperText Markup Language): Μία γλώσσα επισήμανσης σχεδιασμένη για δημιουργία ιστοσελίδων, δηλ. πληροφορία που παρουσιάζεται στον παγκόσμιο ιστό

JPEG (Joint Photographic Experts Group): Ένα πρότυπο συμπίεσης ψηφιακών φωτογραφικών εικόνων

KRSS (Knowledge Representation Systems Syntax): Μία σύνταξη για λογικές περιγραφές, η οποία είναι μία εφαρμογή της γλώσσας LISP

LISP (List Processing): Γλώσσα συναρτησιακού προγραμματισμού

MP3 (MPEG-1/2 Audio Layer 3): Το τρίτο στρώμα κωδικοποίησης ήχου στα πρότυπα MPEG-1/2

MPEG (Moving Picture Experts Group): Μία ομάδα επιφορτισμένη με την ανάπτυξη προτύπων κωδικοποίησης κινούμενης εικόνας και ήχου

OWL (Ontology Web Language): Γλώσσα ορισμού οντολογιών για το σημασιολογικό ιστό

OWL (Ontology Web Language): Μία γλώσσα περιγραφής οντολογιών για ιστοσελίδες

PCM (Pulse-code modulation): Μία τεχνική διαμόρφωσης για την αναπαράσταση αναλογικού σήματος σε ψηφιακή μορφή

RDF Schema (Resource Description Framework Schema): Μία γλώσσα ορισμού σχημάτων για μεταδεδομένα

RDF Schema (Resource description framework schema): Γλώσσα ορισμού σχημάτων για έγγραφα RDF

RDF (Resource Description Framework): Μία γλώσσα μοντελοποίησης μεταδεδομένων

SGML (Standard Generalized Markup Language): Μία μεταγλώσσα με την οποία είναι δυνατό να οριστούν γλώσσες επισήμανσης για έγγραφα

Unicode (UTF): Ένα διεθνές πρότυπο, του οποίου ο στόχος είναι να προδιαγράψει μία κωδικοποίηση για κάθε χαρακτήρα που χρειάζεται για κάθε γραπτή ανθρώπινη γλώσσα σε ένα μοναδικό ακέραιο αριθμό

XML Schema (Extensible Markup Language Schema): Γλώσσα ορισμού σχημάτων για έγγραφα XML

XML (Extensible Markup Language): Μία γενικής χρήσης γλώσσα επισήμανσης

Βιογραφικό Σημείωμα

Γέννηση: 30 Απριλίου 1975, Αθήνα

Φοίτηση: Εισαγωγή το Σεπτέμβριο του 1993 στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Κατεύθυνση Πληροφορικής, ροές υπολογιστικών συστημάτων, λογισμικού και δικτύων επικοινωνιών.

Διπλωματική Εργασία: "Ανάλυση σκηνών σε συμπιεσμένο βίντεο", εξέταση 1999, υπό την επίβλεψη του καθ. Σ. Κόλλια.

Εκπόνηση Διδακτορικής διατριβής: 2000-2004, ερταστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας, Βίντεο και Πολυμέσων (ΨΕΕΒΠ) του ΕΜΠ. Ενδιάμεση κρίση: Σεπτέμβριος 2002

Ερευνητικά ενδιαφέροντα:

1. ψηφιακή επεξεργασία βίντεο: MPEG-1, ανίχνευση σκηνών, ανάκτηση με βάση το περιεχόμενο
2. περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου: MPEG-7, μεταδεδομένα, XML, RDF
3. ασαφής ανάκτηση πληροφορίας: ασαφείς σχέσεις, κατανομές δυνατοτήτων, ασαφής ανάλυση ερώτησης, σημασιολογικές εγκυκλοπαίδειες, ασαφείς θησαυροί

Συμμετοχή σε έργα:

1. ΕΠΕΑΕΚ: "Τράπεζα πληροφοριών ειδικής αγωγής - Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων"
2. Έργο ΠΕΝΕΔ 99ΕΔ 478: "Ανάπτυξη εργαλείων για την υλοποίηση του προτύπου MPEG-4"
3. MODULATES: Multimedia Organization for Developing the Understanding and Learning of Advanced Technologies in European Schools
4. IST-1999-20502: "FAETHON: Unified Intelligent Access to Heterogeneous Audiovisual Content"
5. Σύστημα ψηφιακής αρχειοθέτησης οπτικοακουστικού υλικού για το Υπουργείο Τύπου και ΜΜΕ
6. ΠΑΝΟΡΑΜΑ: σύστημα ευφούς αναζήτησης και εξόρυξης για βάσεις οπτικοακουστικών δεδομένων

Υποστήριξη εργαστηριακών μαθημάτων:

1. Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας: 7ο εξάμηνο Ηλεκτρολόγων (προπτυχιακό)
2. Τεχνολογία εικόνας σε συστήματα πολυμέσων: 8ο εξάμηνο Ηλεκτρολόγων (προπτυχιακό)

Υποστήριξη διπλωματικών εργασιών (υπό την επίβλεψη του καθ. Κόλλια):

1. Αναπαράσταση οπτικοακουστικών δομών με χρήση XML Schema, Η. Καρακουλάκης

2. Πρόσβαση σε βάσεις πολυμεσικών δεδομένων, Γ. Πατεροπούλου

Ο αναλυτικός κατάλογος των ερευνητικών εργασιών του Γ. Ακρίδα είναι ο ακόλουθος :

Περιοδικά

[1] G. Akrivas, G. B. Stamou and S. Kollias, "Semantic Association of Multimedia Document Descriptions through Fuzzy Relational Algebra and Fuzzy Reasoning", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, part A, Volume 34 (2), March 2004

[2] P. Daras, I. Kompatsiaris, I. Grinias, G. Akrivas, G. Tziritas, S. Kollias and M. Strintzis, "MPEG-4 Authoring Tool Using Moving Object Segmentation and Tracking in Video Shots", EURASIP Journal of Applied Signal Processing (JASP), volume 2003, issue 9, pages 861-877

Συνέδρια

[1] Giorgos Akrivas and Stefanos Kollias, "Detection of Composite Geometric Structures through Possibilistic Reasoning", Eunite03

[2] Wallace M., Akrivas G. and Stamou G., "Automatic Thematic Categorization of Documents Using a Fuzzy Taxonomy and Fuzzy Hierarchical Clustering", Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2003), St. Louis, MO, USA, May 2003

[3] Wallace M., Akrivas G., Mylonas P., Avrithis Y., Kollias S., "Using context and fuzzy relations to interpret multimedia content", Proceedings of the Third International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), IRISA, Rennes, France, September 2003

[4] Akrivas G., Wallace M., Andreou G., Stamou G. and Kollias S., "Context Sensitive Semantic Query Expansion", Proceedings of the IEEE International Conference on Artificial Intelligence Systems (ICAIS), Divnomorskoe, Russia, September 2002

[5] Akrivas, G., Wallace, M., Stamou, G. and Kollias, S., "Context Sensitive Query Expansion Based on Fuzzy Clustering of Index Terms", Flexible Query Answering Systems, LNCS 2522, Proceedings of FQAS 2002, Copenhagen, Denmark, October 27-29, 2002

[6] Gabriel Tsechenakis, Giorgos Akrivas, Giorgos Andreou, Giorgos Stamou and Stefanos Kollias, "Knowledge Assisted Video Analysis and Object Detection", Eunite 2002, European Symposium on Intelligent Technologies, Hybrid Systems and their implementation on Smart Adaptive Systems, Algarve, Portugal

[7] Wallace M., Akrivas G., Stamou G. and Kollias S., "Representation of user preferences and adaptation to context in multimedia content – based retrieval", Proceedings of the Workshop on Multimedia Semantics, SOFSEM 2002: Theory and Practice of Informatics, Milovy, Czech Republic, November 22-29, 2002

[8] Akrivas, G, Stamou, G, "Fuzzy semantic association of audiovisual document descriptions", Proc. of Int. Workshop on Very Low Bitrate Video Coding (VLBV)

[9] G. Akrivas, S. Ioannou, E. Karakoulakis, K. Karpouzis, Y. Avrithis, A. Delopoulos, S. Kollias, I. Varlamis and M. Vaziriannis, "An Intelligent System for Retrieval and Mining of Audiovisual Material Based on the MPEG-7 Description Schemes", Eunite 2001, European Symposium on Intelligent Technologies, Hybrid Systems and their implementation on Smart Adaptive Systems, Tenerife, Spain

[10] I. Varlamis, M. Vazirgiannis, P. Poulos, G. Akrivas, S. Ioannou, "X-Database. A middleware for collaborative video annotation, storage and retrieval", proceedings of the 8th Panhellenic Conference. Cyprus 2001.

[11] Spiros Ioannou, Giorgos Akrivas, "Archiving multimedia content descriptions: an early adaptation of MPEG-7", Proceedings of Int. Workshop on Very Low Bitrate Video Coding (VLBV01)

[12] Anastasios D. Doulamis, Nikolaos Doulamis, Georgios Akrivas and Stefanos Kollias, "Non-sequential video content representation using temporal variation of feature vectors", ICCE

[13] G. Akrivas, N. Doulamis, A. Doulamis and S. Kollias, "Scene Detection Methods for MPEG- encoded Video Signals", Proceedings of the MELECON 2000 Mediterranean Electrotechnical Conference, Nicosia, Cyprus, May 2000

[14] G. Votsis, A. Drosopoulos, G. Akrivas, V. Tzouvaras, and Y. Xirouhakis, "An MPEG-7 Compliant Integrated System for Video Archiving, Characterization and Retrieval", IASTED International Conference on Signal and Image Processing (SIP2000), Las Vegas, Nevada, November 2000

□

Ευρετήριο

- n*-αδική σχέση, 25
- ASCII, 2
- CACM, 3
- CD, 2
- DCT, 8
- DIG, 18
- HTML, 2
- JPEG, 2
- KRSS, 18
- LISP, 18
- MP3, 2
- MPEG, 2
- OWL, 3, 18
- PCM, 2
- RDF Schema, 3, 18
- RDF, 3
- SGML, 2
- Unicode, 2
- XML Schema, 18
- XML, 2
- Άρνηση έννοιας, 18
- Ένωση εννοιών, 18
- Ένωση ρόλων, 19
- Ανάκτηση έννοιας, 21, 24
- Ανακλαστικό-μεταδατικό κλείσιμο, 19
- Αντίστροφος ρόλος, 19
- Απαρίθμηση τιμών έννοιας, 18
- Απεικόνιση τιμών ρόλου, 18
- Αποτίμηση μεταδλητής, 16, 25
- Απόγονοι, παιδιά έννοιας, ρόλου, 21
- Ασαφές σύνολο, 51
- Ατομική έννοια (ρόλος), 18
- Βάση γνώσης, 17
- Βάση, 18
- Γενική συμπερίληψη έννοιας, 20
- Γενικευμένο ορολογικό αξίωμα, 23
- Γνωσιακό σύστημα, 16
- Εισαγωγή πρωταρχικής έννοιας, 20
- Εισαγωγή πρωταρχικού ρόλου, 20
- Έννοια, 17
- Έννοιολογική περιγραφή κόσμου, 49
- Εξακρίδωση στιγμιοτύπου, συσχέτισης, 21
- Εξακρίδωση στιγμιοτύπου, 24
- Επιλογή σχέσης, 25
- Επιτρεπτό συγκεκριμένο πεδίο, 26
- Ερμηνεία μιας βάσης γνώσης, 17
- Ικανοποιήσιμη έννοια, 24
- Ισχυρισμός (ισχυρισμικό αξίωμα), 23
- Ισχυρισμός έννοιας, 20
- Ισχυρισμός ρόλου, 20
- Ισότητα εννοιών (ρόλων), 23
- Ισότητα εννοιών, 20
- Καθολικός ρόλος, 19
- Κατάταξη έννοιας, 23
- Κορυφή, 18
- Μερονομία, 27
- Μεταδατικό κλείσιμο, 19
- Μοντέλο μιας βάσης γνώσης, 17
- Μοντελοθεωρητική σημασιολογία (τύπου Tarski), 17
- Οντολογία, 49
- Οντότητα, 17
- Ορισμός έννοιας (ρόλου), 23
- Ορολογία, 23
- Ορολογικό αξίωμα, 23
- Περιγραφικές λογικές, 16
- Περιορισμός ρόλου, 19
- Ποιοτικοποσοτικός περιορισμός, 18
- Ποιοτικός περιορισμός, 18
- Ποσοτικός περιορισμός, 18
- Πραγμάτωση οντότητας, 16, 21
- Πρωταρχική έννοια (ρόλος), 23
- Πρόγονοι, γονείς έννοιας, ρόλου, 21
- Ρόλος, 17
- Σημασιολογία (τυπική), 17
- Σκηνή, 7
- Σταθερό σημείο, 25
- Στιγμιότυπο έννοιας, 17
- Συγκεκριμένο πεδίο, υπαρξιακός περιορισμός κατηγορήματος, 25
- Συγκεκριμένο πεδίο, 24

Συλλογιστική εργασία, 16
Συμπέρασμα, 23
Συμπερίληψη εννοιών (ρόλων), 23
Συμπλήρωμα ρόλου, 19
Συσχετιζόμενες οντότητες, 21
Σύνθεση ρόλων, 19
Σύνθετη έννοια (ρόλος), 18
Σώμα ισχυρισμών, 17
Σώμα όρων, 17
Ταξινομία, 23
Ταυτοτικός ρόλος, 19
Ταύτιση εννοιών, 18
Τομή εννοιών, 18
Τομή ρόλων, 19
Υπαγωγή εννοιών (ρόλων), 23
Υπαγωγή εννοιών, ρόλων, 21
Υπαρξιακός περιορισμός κατηγορήμα-
τος, 26
Υπαρξιακός ποσοδείκτης, 18
ανακλαστικότητα, 51
αντίστροφη σχέση, 51
ασαφές συμπλήρωμα, 51
ασαφές υποσύνολο, 51
ασαφής ένωση, 51
ασαφής σχέση, 51
ασαφής σύνθεση, 51
ασαφής τομή, 51
βαθμωτός πληθικός αριθμός, 51
διάταξη, 51
ημιδιάταξη, 51
ισοδυναμία, 51
καθολικό σύνολο, 50
κανονικό ασαφές σύνολο, 51
μεταβατικότητα, 51
πεδίο ερμηνείας, 17
συγκεκριμένο πεδίο, 24
συμβατότητα, 51
συμμετρικότητα, 51
συνάρτηση ερμηνείας, 17
συνάρτηση συμμετοχής, 51
ταυτοτική σχέση, 51
υποσύνολο, 51