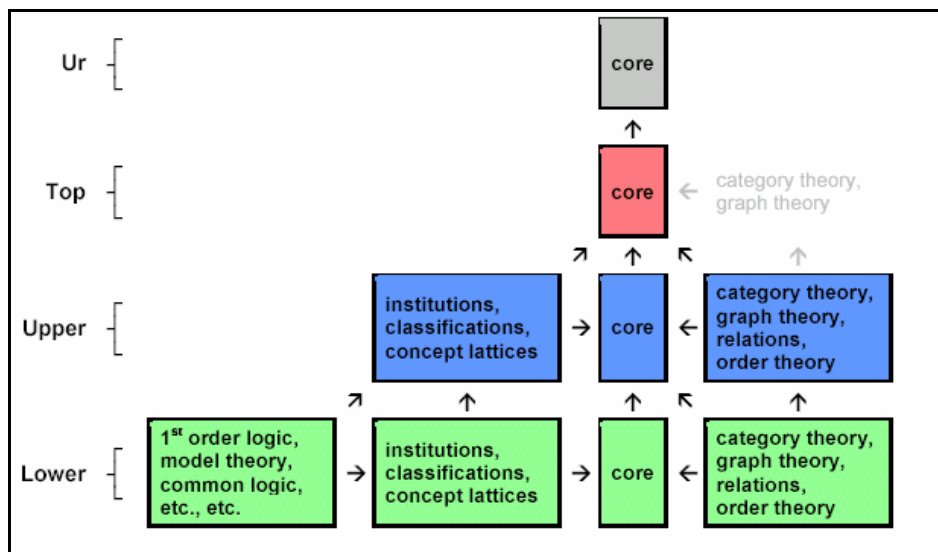




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: **ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : “Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ‘ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FCA)’
ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ‘ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ’
(IFF)”.



ΟΝΟΜΑ : ΕΥΓΕΝΙΑ

ΕΠΩΝΥΜΟ: ΛΥΤΡΙΒΗ

ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Μ. ΚΑΒΟΥΡΑΣ

Μάρτιος 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	Σελ.7
OVERVIEW (Περίληψη στα Αγγλικά)	Σελ.8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	Σελ.9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF).	Σελ.13
1.1. Εισαγωγή	Σελ.13
1.2. Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)	Σελ.13
1.2.1. Ορισμοί της Θεωρίας Κατηγοριών	Σελ.14
1.2.2. Παραδείγματα Κατηγοριών	Σελ.19
1.2.3. Χρησιμότητα Θεωρίας Κατηγοριών	Σελ.21
1.3. Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow)	Σελ.24
1.4. Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis)	Σελ.32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΘΕΩΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FORMAL CONCEPT ANALYSIS)	Σελ.33
2.1. Εισαγωγή	Σελ.33
2.2. Εισαγωγή για την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA)	Σελ.33
2.3. Βασικές Έννοιες της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis)	Σελ.34
2.3.1. Ορισμοί της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)	Σελ.34
2.3.2. Επαγωγικά Συμπεράσματα	Σελ.40
2.3.3. Πρόσθετα και Φωλιασμένα Γραμμικά Διαγράμματα (Additive and Nested Line Diagrams)	Σελ.41
2.3.4. Εννοιολογική κλίμακα – Conceptual Scaling	Σελ.43
2.4. Παραδείγματα	Σελ.46
2.4.1. Έννοιες και Τυπικές έννοιες (Concepts and Formal Concepts)	Σελ.46
2.4.2. Παράδειγμα 1 ^ο : Οι έννοιες ενός εννοιολογικού πλαισίου	Σελ.47
2.4.3. Πώς μπορεί κάποιος να διαβάσει ένα γραμμικό διάγραμμα	Σελ.48
2.4.4. Εννοιολογική Εκμάθηση – Conceptual Learning.	Σελ.49
2.4.5. Παράδειγμα 2 ^ο : Εννοιολογική κλιμάκωση : μετασχηματισμός των δεδομένων μέσα στα εννοιολογικά πλαίσια (Scaling : the transformation of data into contexts)	Σελ.51
2.4.6. Ένα φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα (a nested line diagram)	Σελ.54
2.4.7. Παράδειγμα 3 ^ο : Παράδειγμα Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)	Σελ.57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FCA) ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ	Σελ.61
3.1. Εισαγωγή	Σελ.61
3.2. Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών στη διαδικασία ανάκτησης πληροφορίας	Σελ.61
3.3. Οντολογίες και Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA)	Σελ.65
3.4. Οντολογική εκμάθηση βάσει της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)	Σελ.66
3.4.1. Οντολογική Συγχώνευση	Σελ.67

3.4.2.Οντολογική Εκμάθηση από κείμενο	Σελ.67
3.5.Χρήση των οντολογιών για εφαρμογές FCA	Σελ.69
3.5.1.Καθορισμός των FCA χαρακτηριστικών με περιγραφή Λογικής	Σελ.70
3.5.2.Προετοιμασία μεγάλων βάσεων δεδομένων για την FCA	Σελ.72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΛΑΙΣΙΟ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (Information Flow Framework)	Σελ.77
4.1.Εισαγωγή	Σελ.77
4.2.Οντολογίες	Σελ.77
4.3.Το σχέδιο Standard Upper Ontology (SUO)	Σελ.79
4.4.Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) και σκοπός ανάπτυξής του	Σελ.80
4.4.1.Σκοπός Ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF)	Σελ.80
4.4.2.Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (Information Flow Framework)	Σελ.82
4.5.Στόχοι Σχεδιασμού του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF)	Σελ.85
4.6.Βασικές Αρχές Ανάπτυξης και οδηγίες σχεδιασμού του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF)	Σελ.85
4.6.1.Βασικές Αρχές Ανάπτυξης	Σελ.85
4.6.2.Οδηγίες Σχεδιασμού του IFF	Σελ.88
4.7.Θεωρία IFF – Θεμελίωση Ροής Πληροφορίας (IFF Theory – Information Flow Foundation)	Σελ.89
4.8.Αρχιτεκτονική του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF)	Σελ.91
4.9.Μεταγλώσσες του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF metalanguages)	Σελ.96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	Σελ.99
5.1.Εισαγωγή	Σελ.99
5.2.Θεωρία IFF	Σελ.99
5.3.Αρχικός Τύπος Οντότητα – Primitive Relation Type	Σελ.101
5.4.Αρχικός Σχεσιακός Τύπος – Primitive Relation Type	Σελ.102
5.5.Έκφραση – Expression	Σελ.103
5.6.Πλαίσια (Θέματα) – Contexts	Σελ.106
5.7.Θεμελίωση Ροής Πληροφορίας	Σελ.109
5.8.Η συμβολή της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών εννοιών (FCA) στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF)	Σελ.113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ (IFF FOUNDATION ONTOLOGY)	Σελ.121
6.1.Εισαγωγή	Σελ.121
6.2.Οντολογική ολοκλήρωση και απόψεις Αριστοτέλη	Σελ.122
6.3.Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας στη διαδικασία της σημασιολογικής ολοκλήρωσης	Σελ.125
6.4.Η φύση της Σημασιολογικής Ολοκλήρωσης	Σελ.126
6.5.Η διαδικασία της Σημασιολογικής Ολοκλήρωσης (The process of semantic integration)	Σελ.129
6.5.1.Ευθυγράμμιση (Alignment)	Σελ.129
6.5.2.Ενοποίηση (Unification)	Σελ.133
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ	Σελ.135
7.1.Συμπεράσματα	Σελ.135
7.1.1.Συμπεράσματα από τη Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)	Σελ.135
7.1.2.Συμπεράσματα από τη Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow)	Σελ.136
7.1.3.Συμπεράσματα από τη Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)	Σελ.137
7.1.4.Συμπεράσματα από τις Οντολογίες και το ρόλο τους στη Θεωρία Ανάλυσης	Σελ.139

Τυπικών Εννοιών (FCA)	
7.1.5.Συμπεράσματα από το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF)	Σελ.140
7.1.6.Συμπεράσματα από το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) και τη Σημασιολογική Ολοκλήρωση	Σελ.142
7.2.Μελλοντικά Βήματα	Σελ.142
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	Σελ.145

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τη σημερινή εποχή οι επιστήμονες στρέφουν όλο και περισσότερο την προσοχή τους στην πληροφορία και τη γνώση. Προσπαθούν να κατανοήσουν πολύ καλά αυτές τις δύο έννοιες και ψάχνουν να βρουν τρόπους αξιοποίησης της πληροφορίας ώστε αυτή να μπορεί να μετατραπεί σε γνώση. Έτσι λοιπόν η επιστημονική κοινότητα τα τελευταία χρόνια δίνει ιδιαίτερη σημασία στη Ροή Πληροφορίας (Information Flow), την Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) και την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis - FCA), οι οποίες αποτελούν τρεις πολύ βασικές θεωρίες και προσπαθεί συνδυάζοντας τις να κατασκευάσει ένα Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (Information Flow Framework – IFF). Το Πλαίσιο αυτό θα προκύψει από τον πιο πάνω συνδυασμό θεωριών και αρχών αυτών των θεωριών και θα έχει τη δυνατότητα να απλοποιεί τη διαδικασία διαχείρισης και ανάλυσης της πληροφορίας, έτσι ώστε τελικά να καταφέρνει κάποιος να ανακτά σωστή και κατανοητή πληροφορία γρήγορα και εύκολα.

Στη συγκεκριμένη λοιπόν εργασία πρώτα απ' όλα θα αναπτυχθεί η πιο βασική θεωρία από τις τρεις που αναφέρθηκαν πιο πάνω και είναι η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA). Η θεωρία αυτή βοηθάει πάρα πολύ στην ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας. Εν συνεχεία θα αναλυθεί το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF). Αρχικά θα δοθεί ένας ορισμός γι' αυτό κι έπειτα θα αναλυθούν τα μετα-επίπεδα από τα οποία απαρτίζεται, η γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται, η αρχιτεκτονική του και γενικότερα η δομή του, για να μπορέσει να γίνει αντιληπτό από τους αναγνώστες, πως αυτό το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) μπορεί να κατασκευαστεί, αλλά και να αξιοποιηθεί και σε ποιους τομείς. Με λίγα λόγια στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι να αναλυθεί και να κατανοηθεί η χρησιμότητα του συγκεκριμένου Πλαισίου Ροής Πληροφορίας.

OVERVIEW

Nowadays scientists take care about the information and the knowledge. They try to understand, as better as they can, these two concepts and they want to find some ways to utilize the information in such a manner so as to convert the information into knowledge. Recent years the scientific community has occupied specifically with three theories, 1) the Information Flow, 2) the Category Theory and 3) the Formal Concept Analysis and they try to combine these three theories in order to construct an Information Flow Framework (IFF). The Information Flow Framework that will result, it will be able to simplify the process of management and analysis, so as to retrieve comprehensive and true information.

In this diploma, first of all it is going to be developed the most important theory of the three that has been referred above, and is the Formal Concept Analysis – FCA. This theory helps in the development of Information Flow Framework – IFF After the above first of all it will be analyzed the Information Flow Framework – IFF, specifying it and then analyzing the basic parts of IFF, such as the architecture, the meta-levels, the iff-language and grammar and generally the structure of IFF, so as to be able someone to understand how the IFF can be constructed and utilized, as well as in which sections it can be used.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια τόσο η **πληροφορία** όσο και η **γνώση**, καθώς επίσης και η μετατροπή της πληροφορίας σε γνώση, αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της σημερινής επιστημονικής κοινότητας. Οι επιστήμονες ασχολούνται ιδιαίτερα με αυτό που λέμε *Ροή Πληροφορίας (Information Flow)*, με την *Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)* αλλά και με την *Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis- FCA)* και προσπαθούν συνδυάζοντας σημαντικές αρχές των παραπάνω θεωριών να κατασκευάσουν ένα **Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (ή αλλιώς Information Flow Framework - IFF)** το οποίο θα διευκολύνει πάρα πολύ τη διαχείριση καθώς και την ανάκτηση σωστής και κατανοητής πληροφορίας. Η παρούσα λοιπόν εργασία αναφέρεται στον ορισμό, στην ανάλυση, στην αρχιτεκτονική, στη γλώσσα και γενικότερα στη δομή του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF), ώστε να μπορεί κάποιος να αντιληφθεί καλύτερα τον ορισμό αυτού, αλλά και το πώς αυτό το πλαίσιο μπορεί να αξιοποιηθεί και σε ποιους τομείς. Επιπλέον αναλύει και τη Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA), αφού αυτή συντελεί κατά μεγάλο ποσοστό στην ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF).

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία μικρή αναφορά στις τρεις βασικές θεωρίες – 1) Ροή Πληροφορίας (Information Flow), 2) Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) και 3) Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) – με σκοπό να παρουσιαστούν κάποιες σημαντικές αρχές των θεωριών αυτών οι οποίες μπορούν να διευκολύνουν τον αναγνώστη να αντιληφθεί καλύτερα αυτό που ονομάζουμε Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) καθώς επίσης και τον τρόπο λειτουργίας του. Άλλωστε το Πλαίσιο αυτό όπως αναφέρθηκε και αρχικά βασίζεται ουσιαστικά στις τρεις αυτές θεωρίες.

Εν συνεχεία στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται μία από τις παραπάνω θεωρίες, η Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA), αφού θεωρείται η πιο σημαντική για τη συγκεκριμένη εργασία. Αρχικά παρατίθενται κάποια βασικά στοιχεία αλλά και κάποιοι ορισμοί για την Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) και στη συνέχεια για καλύτερη κατανόηση της παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο ρόλος που παίζει η Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) στην ανάκτηση πληροφορίας καθώς και ο ρόλος των οντολογιών στη διαδικασία εννοιολογικής γνώσης. Αρχικά αναφέρονται κάποιες έννοιες σχετικά με τις οντολογίες και την θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) και στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να καθοριστούν κάποια FCA χαρακτηριστικά με περιγραφή λογικής αλλά και το πώς με βάση αυτά μπορούν να προετοιμαστούν μεγάλες βάσεις δεδομένων για την θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA).

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF). Αρχικά γίνεται μία μικρή αναφορά για τις οντολογίες- ορισμό και λίγα λόγια για κατανόηση του όρου οντολογία- και στη συνέχεια αναπτύσσεται το σχέδιο SUO πάνω στο οποίο στηρίζεται το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF). Επιπλέον το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στο σκοπό ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF), στις βασικές αρχές ανάπτυξης του και στις οδηγίες σχεδιασμού, στα μεταεπίπεδα στα οποία διαιρείται το συγκεκριμένο πλαίσιο IFF, στις μεταγλώσσες και γενικότερα στην δομή και αρχιτεκτονική του πλαισίου IFF.

Ακολούθως, στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται διάφορα παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) καθώς επίσης κι ένα παράδειγμα IFF και Concept Lattice για να μπορέσει να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται το πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) με την θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA).

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία που ακολουθείται για την οργάνωση της οντολογικής γνώσης. Είναι η γνωστή σημασιολογική ολοκλήρωση. Αρχικά γίνεται μία μικρή εισαγωγή γι' αυτή τη διαδικασία και στη συνέχεια παρουσιάζεται η φύση αυτής της διαδικασίας. Ουσιαστικά αυτή χωρίζεται σε δύο μεγάλες φάσεις : 1) Ευθυγράμμιση (Alignment) και 2) Ενοποίηση (Unification).

Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από όλη την παραπάνω ανάλυση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον παρατίθενται κάποιες προτάσεις για μελλοντικές εργασίες που αφορούν το πλαίσιο

ροής πληροφορίας – IFF αλλά και τις θεωρίες στις οποίες το συγκεκριμένο πλαίσιο βασίζεται.

ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1. ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF)

1.1. Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι τρεις βασικές θεωρίες πάνω στις οποίες στηρίζεται η ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (Information Flow Framework- IFF). Πρωταρχικός σκοπός του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) ήταν να εφαρμόσει την **Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)** σε διάφορα μηχανικά ζητήματα, ιδιαίτερα στην οντολογική αναπαράσταση και ολοκλήρωση. Αργότερα θέλησε να κάνει και το ανάποδο, δηλαδή να εφαρμόσει τα θέματα που απασχολούσαν τους μηχανικούς στην Θεωρία κατηγοριών (Category Theory), ιδιαίτερα να χρησιμοποιήσει στοιχεία από την θεωρία των θέσεων με συγκεκριμένες ιδιότητες (topos theory) - τοπολογία. Εκτός όμως από την Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) η ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) στηρίχτηκε και σε δύο επιπλέον συσχετιζόμενες θεωρίες :

- 1) την **Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow)** και
- 2) την **Θεωρία Ανάλυσης Τοπικών Εννοιών (FCA)**.

1.2. ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ (CATEGORY THEORY)

Σε αυτή την ενότητα αναλύονται κάποιες βασικές έννοιες που αφορούν τη Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory), αφού πάνω σε αυτή στηρίζεται μεγάλο τμήμα της ανάπτυξης του *Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF)*, Πριν αρχίσει η ανάπτυξη των βασικών εννοιών της Θεωρίας κατηγοριών (Category Theory) θα γίνει μία μικρή αναφορά στο τι είναι αυτή η θεωρία και σε τι αποσκοπεί.

Ουσιαστικά η Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) είναι μία καινούρια και πολύ βολική γλώσσα. Τοποθετεί τα ήδη υπάρχοντα μαθηματικά αποτελέσματα σε μία ιδέα και δίνει ιδιαίτερη εκτίμηση στην ενότητα των μοντέρνων μαθηματικών. Επιπλέον αποκαλύπτει κοινές ιδέες των φαινομενικά ασυσχέτιστων περιοχών των μαθηματικών καθώς επίσης παράγει και πολλά αποτελέσματα σε διαφορετικές μαθηματικές ενότητες. Έτσι δύσκολα προβλήματα σε ορισμένους τομείς μαθηματικών μπορούν να μετασχηματιστούν σε ευκολότερα προβλήματα άλλων περιοχών (π.χ. χρησιμοποιώντας μετασχηματισμούς απεικονίσεων, οι οποίοι απεικονίζουν το πέρασμα από τη μία κατηγορία στην άλλη). Σαν μία γλώσσα λοιπόν προσφέρει

οικονομία σκέψης αλλά και έκφρασης και μπορεί να κάνει πιο ακριβείς κάποιες έννοιες που στο παρελθόν ήταν αβέβαιες, π.χ. παγκοσμιοποίηση (universality), φυσικότητα (naturality).

Όπως είπε και ο Goguen : “ Σε κάθε είδος μαθηματικής δομής, αντιστοιχεί μία κατηγορία, της οποίας τα αντικείμενα έχουν αυτή τη δομή και της οποίας οι μορφισμοί τη διατηρούν.”

Ακολούθως θα αναλυθούν βασικές έννοιες της Θεωρίας Κατηγοριών (Category Theory). Αρχικά θα δοθεί ο ορισμός της έννοιας μορφισμός και έπειτα θα οριστεί η έννοια *Κατηγορία (category) ή αλλιώς μαθηματικό πλαίσιο (mathematical context)*.

1.2.1. Ορισμοί της Θεωρίας Κατηγοριών

Ορισμός ΜΟΡΦΙΣΜΟΥ (morphism):

Στα μαθηματικά ο μορφισμός είναι ένα είδος σύντομης απεικόνισης μεταξύ δύο μαθηματικών δομών με σημαντική ιδιότητα τη διατήρηση της δομής. Το πιο κοινό παράδειγμα συμβαίνει όταν η διαδικασία είναι μία λειτουργία (function) ή μία απεικόνιση (map), η οποία κατά κάποιο τρόπο διατηρεί τη δομή. Στη θεωρία συνόλων οι μορφισμοί είναι απλές λειτουργίες ενώ στην τοπολογία είναι συνεχείς λειτουργίες. Η σύντομη μελέτη των μορφισμών και των δομών (ή αντικειμένων) μεταξύ των οποίων ορίζονται, σχηματίζουν τμήμα της Θεωρίας Κατηγοριών (Category Theory) . Στη Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) οι μορφισμοί δεν είναι απαραίτητο να είναι εξ’ ολοκλήρου λειτουργίες. Συνήθως θεωρούνται τόξα μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων (τα οποία δεν είναι απαραίτητο να είναι σύνολα). Αντί να απεικονίζουν στοιχεία του ενός συνόλου σε κάποιο άλλο σύνολο, απλά αναπαριστούν κάποιο είδος σχέσης μεταξύ πηγής (domain) και στόχου (codomain). Παρόλο που η φύση των μορφισμών είναι περιληπτική, η αντίληψη των περισσότερων ανθρώπων σχετικά με την έννοια μορφισμός προέρχεται από την περίπτωση συγκεκριμένων κατηγοριών όπου τα αντικείμενα είναι απλά σύνολα με κάποια επιπλέον δομή και οι μορφισμοί είναι λειτουργίες που διατηρούν τη δομή.

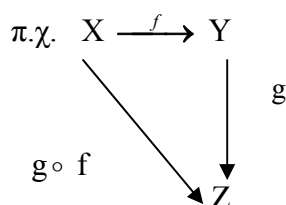
Μία κατηγορία C αποτελείται από δύο τμήματα δεδομένων :

1. Μία τάξη αντικειμένων
2. Μία τάξη μορφισμών

Υπάρχουν δύο βασικές λειτουργίες που ορίζουν ένα μορφοισμό. Η μία είναι η πηγή (domain – source) και η άλλη ο στόχος (codomain – target). Οι μορφοισμοί λοιπόν απεικονίζονται ως τόξα που ξεκινούν από την λειτουργία πηγή και καταλήγουν στη λειτουργία στόχο.

π.χ. εάν ένας μορφοισμός f έχει πηγή X και στόχο Y , δηλώνεται ως εξής : $f : X \rightarrow Y$. Το σύνολο όλων των μορφοισμών από το X στο Y δηλώνεται ως εξής : $\text{hom}_c (X, Y)$ και ονομάζεται σύνολο hom-set μεταξύ X και Y .

Για κάθε τρία αντικείμενα X, Y και Z υπάρχει μία δυαδική λειτουργία – σχέση : $\text{hom} (X, Y) \times \text{hom} (Y, Z) \rightarrow \text{hom} (X, Z)$ η οποία ονομάζεται **σύνθεση**. Το σύνθετο $f : X \rightarrow Y$ και $g : Y \rightarrow Z$ γράφεται $g \circ f$ ή gf . Η σύνθεση μορφοισμών δηλώνεται μέσω ενός επικοινωνιακού διαγράμματος .



Σχήμα 1.1. Απεικόνιση Σύνθεσης μορφοισμών

Οι μορφοισμοί πρέπει να ικανοποιούν δύο αξιώματα :

1. **ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ** : για κάθε αντικείμενο X υπάρχει ένας μορφοισμός ταυτότητα του X τέτοιος ώστε για κάθε μορφοισμό $f : A \rightarrow B$ να ισχύει η σχέση $\text{id}_B \circ f = f \circ \text{id}_A$
2. **ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ** : $h \circ (g \circ f) = (h \circ g) \circ f$
 Όταν C είναι μία συγκεκριμένη κατηγορία η σύνθεση είναι μία απλή συνήθης σύνθεση λειτουργιών, ο μορφοισμός ταυτότητα είναι απλά η λειτουργία ταυτότητας και η συσχέτιση είναι αυτόματη.

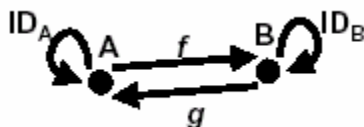
Να σημειωθεί ότι η πηγή και ο στόχος είναι πραγματικά μέρη της πληροφορίας, καθορίζοντας με αυτό τον τρόπο το μορφοισμό. Για παράδειγμα στην κατηγορία συνόλων όπου οι μορφοισμοί είναι λειτουργίες, δύο λειτουργίες μπορεί να είναι πανομοιότυπες με σύνολα ταξινομημένων ζευγαριών αλλά έχουν διαφορετικούς στόχους. Αυτές οι λειτουργίες στη Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) θεωρούνται ξεχωριστές.

Ορισμός ANΤΙΣΤΡΟΦΟΥ (Inverse):

Όσον αφορά τα αντίστροφα ισχύουν τα εξής :

- το $g : B \rightarrow A$ είναι ένα αντίστροφο για το $f : A \rightarrow B$ εάν και μόνο αν $f \circ g = ID_B$, $g \circ f = ID_A$.
- εάν υπάρχει το αντίστροφο του f τότε αυτό δηλώνεται f^{-1}
- ένας μορφισμός μπορεί να έχει τουλάχιστον ένα αντίστροφο.

Ένα σχήμα που απεικονίζει αντίστροφο είναι το εξής :



Σχήμα 1.2 : Απεικόνιση αντιστρόφου (Steve Easterbrook, 1999)

Ορισμός ΙΣΟΜΟΡΦΙΣΜΟΥ (Isomorphism):

Για τον ισομορφισμό αναφέρεται το εξής :

- εάν το f έχει έναν αντίστροφο, τότε αυτό λέγεται ισομορφισμός
- εάν το $f : A \rightarrow B$ είναι ένας ισομορφισμός, τότε τα A και B λέγονται ισομορφικά.

Ορισμός ΜΟΡΦΙΣΜΟΥ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ (identity morphism):

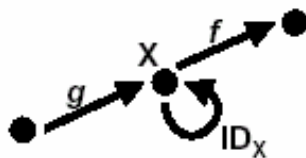
Υπάρχει επίσης και η έννοια του μορφισμού ταυτότητα (identity morphism):

- για κάθε αντικείμενο X, υπάρχει ένας μορφισμός ταυτότητα (identity morphism), ID_X , τέτοιος ώστε :

1) εάν το f είναι ένας μορφισμός με αρχή το X να ισχύει η σχέση

$$f \circ ID_X = f \text{ και}$$

2) εάν g είναι ένας μορφισμός με τέλος το X να ισχύει $ID_X \circ g = g$



Σχήμα 1.3 : Μορφισμός ταυτότητα (Steve Easterbrook, 1999)

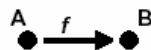
Ορισμός ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ (Category):

Όταν λέμε κατηγορία C (category) εννοούμε μία συλλογή C_1 από αντικείμενα (objects) και μία συλλογή C_0 από τόξα (arrows) ή αλλιώς μορφισμούς (morphisms), τα οποία έχουν την πιο κάτω δομή :

- κάθε τόξο (arrow ή morphism) έχει μία έναρξη (domain) και μία κατάληξη (codomain).

Κάποιος θα μπορούσε να γράψει το εξής:

$F : A \rightarrow B$ ή $A \xrightarrow{f} B$ εάν A είναι η έναρξη (domain) του τόξου f και



B η κατάληξη (codomain) του.

- για οποιοδήποτε αντικείμενο A υπάρχει ένα τόξο ταυτότητας (identity morphism) $id_A : A \rightarrow A$ ικανοποιώντας τη σχέση $id_{Ag} = g$ για κάθε $g : A \rightarrow B$



και $f id_A = f$ για κάθε $f : A \rightarrow B$

- για κάθε ζευγάρι μορφισμών – τόξων (morphisms) $f : A \rightarrow B$ και $g : B \rightarrow C$, όπου ισχύει η σχέση $cod(f) = dom(g)$, μπορούμε να πάρουμε έναν σύνθετο μορφισμό (composite morphism), που μπορεί να γραφτεί και ως gf , όπως



φαίνεται και στο σχήμα και για τον οποίο ισχύει η σχέση :

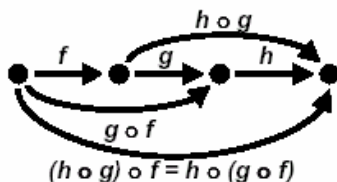
$$(A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{g} C) \rightarrow (A \xrightarrow{fg} C) \quad (\text{Steve Easterbrook : Category}$$

Theory for Beginners, 1999).

Για όλα τα παραπάνω ισχύουν οι παρακάτω κανόνες :

1. Σύνθεση Ταυτότητας (Identity Composition) : για κάθε μορφισμό

$$f : A \rightarrow B, \quad f \circ ID_A = f \quad \text{και} \quad ID_B \circ f = f$$



2. Συσχέτιση (Associativity) : για οποιοδήποτε σύνθεση μορφισμών έχουμε :

$$f : A \rightarrow B, \quad g : B \rightarrow C \quad \text{και} \quad h : C \rightarrow D \quad \rightarrow \quad (h \circ g) \circ f = h \circ (g \circ f)$$

Στη συνέχεια θα αναλυθεί η δυνατότητα που υπάρχει να απεικονιστεί η μετάβαση από μία κατηγορία σε άλλη. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται **Μετασχηματισμός ή αλλιώς μετατροπή - Functor.**

Ορισμός FUNCTOR:

Έστω ότι διατίθεται η κατηγορία στην οποία τα αντικείμενα είναι κατηγορίες και οι μορφοισμοί είναι γραφήματα – τόξα σύνδεσης μεταξύ των κατηγοριών. Οι μορφοισμοί σε μία τέτοια κατηγορία είναι γνωστοί σαν functors. Επιπλέον έχοντας δύο κατηγορίες, C και D ένας functor $F : C \rightarrow D$ σκιαγραφεί κάθε μορφοισμό από το C πάνω στο D, τέτοιο ώστε :

- το F να διατηρεί τις ταυτότητες , π.χ. εάν x είναι μία C- ταυτότητα, τότε F(x) είναι μία D- ταυτότητα
- το F διατηρεί τη σύνθεση, π.χ. $F(f \circ g) = F(f) \circ F(g)$ (Steve Easterbrook, 1999)



Σχήμα 1.8: Απεικόνιση ενός Functor (Steve Easterbrook, 1999)

Παράδειγμα : Σύμφωνα με τον Steve Easterbrook (1999) από την κατηγορία των τοπολογικών χώρων και των συνεχόμενων χαρτογραφήσεων – γραφημάτων υπάρχει δυνατότητα μετάβασης στην κατηγορία των ομάδων σημείων και των λειτουργιών μεταξύ αυτών.

Μετάβαση από το ένα εννοιολογικό πλαίσιο σε άλλο (Functor) $A \xrightarrow{F} B$

‘Σε οποιαδήποτε φυσική κατασκευή δομών πάνω σε ένα συγκεκριμένο είδος, αποδίδοντας δομές ενός άλλου είδους, αντιστοιχεί ένας μετατροπέας (μετασχηματισμός) – Functor από την κατηγορία του πρώτου είδους στην κατηγορία του δεύτερου.’ (Steve Easterbrook, 1999)

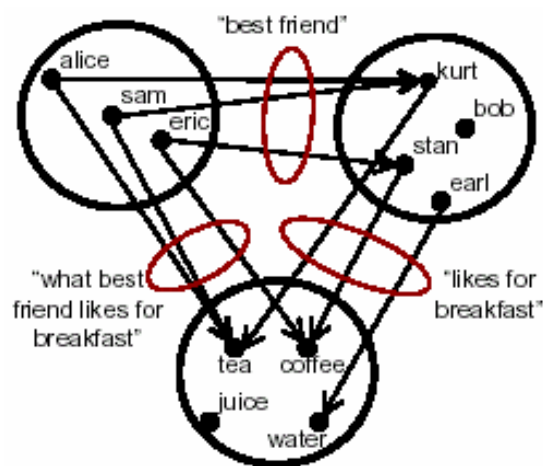
Μία σημαντική αρχή είναι η εξής : “ Οποιαδήποτε κανονική κατασκευή –πέρασμα από το ένα είδος δομής στο άλλο, ανταποκρίνεται ουσιαστικά σε μία σύνδεση (adjunction) μεταξύ αυτών των ανταποκρινόμενων κατηγοριών ”(Steve Easterbrook,

1999). Στο συγκεκριμένο σημείο θα μπορούσε να αναφερθεί απλά, ότι οι παραπάνω κατηγορίες δεν είναι άσχετες μεταξύ τους αλλά υπάρχει κάποιο κοινό σημείο στο οποίο αυτές διασταυρώνονται.

1.2.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ :

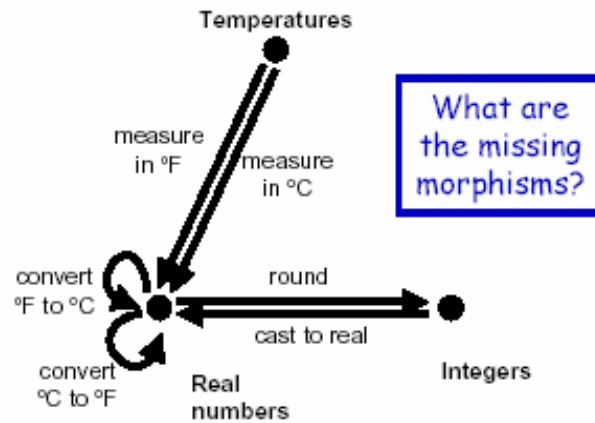
- Σύμφωνα με τον *Steve Easterbrook* ένα παράδειγμα με μαθηματικές έννοιες το οποίο αναφέρεται στον ορισμό του όρου κατηγορία είναι το εξής: ο αριθμός 1 είναι μία κατηγορία με ένα αντικείμενο * και ένα τόξο id^* , ενώ το 0 αποτελεί μία άδεια κατηγορία αφού δεν έχει ούτε αντικείμενα ούτε τόξα.
- Ένα άλλο πιο κατανοητό παράδειγμα, το οποίο διατυπώθηκε από τον *Steve Easterbrook* και αφορά την κατηγορία τάξεων (category of sets) είναι αυτό που φαίνεται στα δύο πιο κάτω σχήματα:

Στο πρώτο σχήμα παρουσιάζονται τρεις ομάδες αντικειμένων, οι δύο περιέχουν ονόματα ανθρώπων και η άλλη ονόματα υγρών (νερό, καφές, τσάι, χυμός). Σε αυτό το σχήμα συνδέονται οι φίλοι μεταξύ τους και έτσι φαίνεται ποιο υγρό προτιμά ο καθένας να έχει για πρωινό και το πώς συνδέονται όλα αυτά μεταξύ τους.



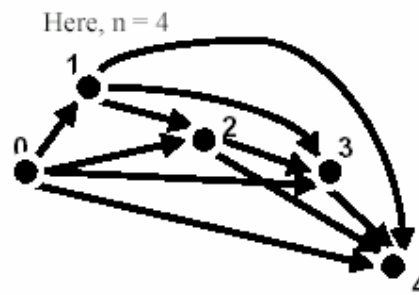
Σχήμα 1.4 : 1^ο Παράδειγμα Κατηγορίας (*Steve Easterbrook 1999*)

Στο δεύτερο σχήμα ως αντικείμενο θεωρείται η θερμοκρασία και οι λειτουργίες αφορούν τη μετατροπή από IF σε IC ή και το αντίστροφο. Επιπλέον μπορούν να μετατραπούν οι πραγματικοί αριθμοί σε ακέραιοι και το ανάποδο.



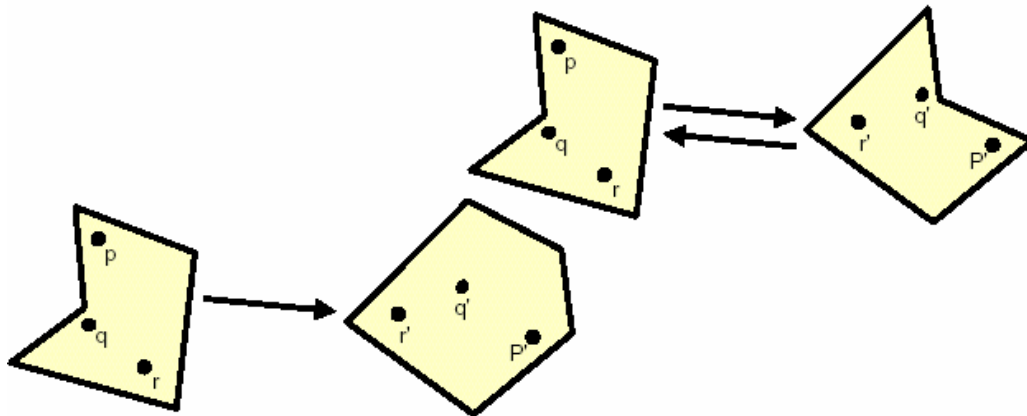
Σχήμα 1.5 : 2^ο Παράδειγμα Κατηγοριών (Steve Easterbrook 1999)

- Ένα ακόμα παράδειγμα κατηγορίας, σύμφωνα με τον *Steve Easterbrook* (1999) είναι το ακόλουθο το οποίο αφορά την μερική σειρά :
 - Αντικείμενα είναι τα στοιχεία της μερικής σειράς
 - Οι μορφισμοί αναπαριστούν τη σχέση \leq (μικρότερο ή ίσο)
 - Η σύνθεση υπάρχει και μπορεί να γίνει λόγω της μεταβατικότητας της σχέσης \leq
 Η μερική σειρά n σχηματίζεται από τους n πρώτους φυσικούς αριθμούς όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα :



Σχήμα 1.6 : Παράδειγμα κατηγοριών μερικής σειράς, (Steve Easterbrook, 1999)

- Τέλος ένα πολύ καλό παράδειγμα κατηγορίας κατά τα λεγόμενα του *Steve Easterbrook* (1999) είναι το εξής : κατηγορία γεωμετρικών σχημάτων (Ευκλείδεια κατηγορία).



Σχήμα 1.7: Παράδειγμα κατηγορίας γεωμετρικών σχημάτων – Ευκλείδεια κατηγορία (Steve Easterbrook, 1999)

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα

- τα αντικείμενα είναι πολυγωνικές φιγούρες σχεδιασμένες στο επίπεδο
- οι μορφισμοί (απεικονίσεις - morphisms) είναι γεωμετρικοί μετασχηματισμοί όλων των σημείων στο πολύγωνο τέτοιοι ώστε οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων να διατηρούνται.

1.2.3. Χρησιμότητα Θεωρίας Κατηγοριών

Ύστερα από όλη την παραπάνω ανάλυση θα γίνει μία μικρή αναφορά στην χρησιμότητα της Category Theory (Θεωρίας Κατηγοριών) στο λογισμικό που χρησιμοποιείται από μηχανικούς καθώς και σε κάποιες εφαρμογές αυτής στο συγκεκριμένο λογισμικό.

Αρχικά θα παρουσιαστεί η **χρησιμότητα** της Θεωρίας Κατηγοριών (Category Theory) στο **λογισμικό μηχανικών**. Η θεωρία αυτή, λοιπόν, είναι ιδανική στο λογισμικό για τους εξής λόγους:

1. αιτιολογεί μία συγκεκριμένη δομή αλλά και τους μορφισμούς που διατηρούν τη συγκεκριμένη δομή.
2. κρύβει τις λεπτομέρειες και αναφέρεται μόνο στα βασικά, μας δίνει στην ουσία τις ιδιότητες των δομών χωρίς να μας λέει το πως αυτές υλοποιούνται.
3. παρέχει ακριβείς έννοιες της τμηματοποίησης – κατηγοριοποίησης αλλά και σύνθεσης
4. οι εξειδικευμένοι μορφισμοί που διαθέτει συσχετίζουν το λεξιλόγιο αλλά και τις ιδιότητες των εξειδικεύσεων και

5. τέλος οδηγεί στην αυτοματοποίηση (οι κατασκευαστικές μέθοδοι υπάρχουν για πολλές χρήσιμες δομές κατηγοριών).

Κάποιες *εφαρμογές* της Θεωρίας Κατηγοριών (Category Theory) στο *λογισμικό μηχανικών* είναι οι παρακάτω :

1. εφαρμόζεται στην κατηγορία των αλγεβρικών προδιαγραφών στην οποία η Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπαραστήσει την σύνθεση αλλά και την διύλιση.
2. εφαρμόζεται στην κατηγορία των χρονικών προδιαγραφών λογικής όπου η Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κατασκευάσει τμήματα και να αποσυνθέσει συστήματα ιδιοτήτων σε όλες αυτές.
3. εφαρμόζεται στην θεωρία των αυτομάτων όπου η Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) προσφέρει έναν καινούριο τρόπο σύγκρισης αυτομάτων.
4. Εφαρμόζεται στη λογική την οποία θεωρούμε σαν μια ξεχωριστή κατηγορία και η οποία μπορεί να αναπαραστήσει ένα λογικό σύστημα σαν μια κατηγορία και να κατασκευάζει αποδείξεις χρησιμοποιώντας παγκόσμιες κατασκευές στην Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory) (“αναζήτηση διαγράμματος - diagram chasing”).
5. Εφαρμόζεται στην κατηγορία της λογικής. Εδώ τα συστήματα απόδειξης των θεωρημάτων σε διαφορετικά λογικά συστήματα μπορούν να ενωθούν μέσω των θεσμικών μορφισμών – institution morphisms.
6. Τέλος εφαρμόζεται στο λειτουργικό προγραμματισμό όπως θεωρία τύπων και στις γλώσσες προγραμματισμού που ασχολούνται με την σημασιολογία (programming language semantics).

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η θεωρία των κατηγοριών είναι ιδανική για την *τμηματοποίηση* των εννοιών. Οι λόγοι που είναι απαραίτητη η τμηματοποίηση στο λογισμικό μηχανικών είναι οι ακόλουθοι :

1. Χωρισμός της εργασίας σε κομμάτια – τμήματα. Με αυτό τον τρόπο γίνεται απλοποίηση όλης της διαδικασίας.
2. Χωρισμός του συστήματος σε τμήματα – συστατικά του συστήματος. Έτσι πετυχαίνεται απλοποίηση της εφαρμογής.

3. Χωρισμός του βασικού προβλήματος σε ξεχωριστά ενδιαφέροντα. Με αυτό το διαχωρισμό οι απαιτήσεις δεν είναι μεγάλες.

Από τα παραπάνω μπορεί να γίνει αντιληπτό ποια είναι τα πραγματικά οφέλη της παραπάνω τμηματοποίησης. Πρώτα απ' όλα γίνεται απόκρυψη της πληροφορίας κι έτσι δεν διαδίδεται οπουδήποτε και ανεξέλεγκτα κάποια σημαντική πληροφορία. Επιπλέον είναι πολύ πιθανό να προκύψει ένα αρκετά καλό αποτέλεσμα, κάτι το οποίο βέβαια σε κάθε περίπτωση είναι επιθυμητό, αφού μπορεί να γίνει καλύτερη επεξεργασία λόγω διαίρεσης της εργασίας σε διάφορα μικρότερα τμήματα. Έχοντας λοιπόν υπόψη τις διεπαφές, τις δομές, τη συμπεριφορά, τις εσωτερικές συνδέσεις καθώς και τις λειτουργίες μεταξύ των τμημάτων γίνεται αντιληπτό ότι μπορούν να συντεθούν δύο τμήματα και να σχηματιστεί ένα τρίτο.

Εν συνεχεία, αφού έγινε η ανάλυση όλων των βασικών εννοιών της θεωρίας κατηγοριών (Category Theory), θα αναφερθεί η αρχή πάνω στην οποία στηρίζονται οι αρμόδιοι για να σχεδιάσουν τις κατηγορίες (Categorical design Principle).

Όπως γίνεται φανερό παρακάτω αλλά και στα επόμενα κεφάλαια, η μοντελοποίηση του χαμηλού μετα – επιπέδου (lower metalevel) στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) στηρίζεται στην αρχή σχεδιασμού των κατηγοριών (categorical design principle, Robert Kent, 2006), η οποία είναι αυστηρά θεωρητική (category – theoretic). Σύμφωνα με την παραπάνω αρχή :

- Πρώτα απ' όλα, όλα τα **αξιώματα** εκφράζονται με όρους από κάποιο άλλο χαμηλό μετα-επίπεδο τμήμα ή με θεωρητικές αντιλήψεις – ιδέες κατηγοριών (υψηλές μετα-επίπεδες ιδέες), όπως οι τάξεις, οι δυαδικές σχέσεις, η σειρά, οι λειτουργίες σύνθεσης και ταυτότητας των τάξεων, τα διαγράμματα που αφορούν τις λειτουργίες τάξεων κτλ.
- Επιπλέον κανένα αξίωμα δεν χρησιμοποιεί κάποια σαφή και λογική σημείωση: καμία μεταβλητή ή λογικοί τελεστές σύνδεσης (και (and), ή (or), μην (not), ίσο ή μεγαλύτερο (\Rightarrow)) δεν χρησιμοποιούνται.
- Κανένα αξίωμα δεν χρησιμοποιεί όρους από την ανώτερη βασική οντολογία (Top Core Ontology), εκτός από κάποια ζευγάρια παρενθέσεων '[-]' (Robert E. Kent, 2006).

Η συγκεκριμένη αρχή είναι ιδανική, όπως έχει αποδειχθεί, για το σχεδιασμό των διαφόρων τμημάτων του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF). Όλα τα τμήματα που ικανοποιούν αυτή την ιδιότητα, πρώτα απ' όλα μπορούν εύκολα να σχεδιαστούν και έπειτα παρέχουν τη βάση για απλές τεχνικές απόδειξης. Έτσι φαίνεται πως αυτή η αρχή πρόκειται να επεκταθεί σε όλες τις οντολογίες για αληθινές κατηγορίες, αυτές δηλαδή τις κατηγορίες των οποίων τα αντικείμενα και οι μορφισμοί είναι τάξεις και όχι κάποιες γενικές συλλογές. Όλες οι οντολογίες λοιπόν που βρίσκονται στο χαμηλό μετα-επίπεδο θα επικεντρωθούν σε αληθινές κατηγορίες.

1.3. ΘΕΩΡΙΑ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (INFORMATION FLOW)

Σε αυτή την ενότητα δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στις τέσσερις βασικές αρχές της θεωρίας *Ροής Πληροφορίας (Information Flow)*, οι οποίες θα λέγαμε πως αποτελούν τους θεμέλιους λίθους της συγκεκριμένης θεωρίας. Δεν γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί κάποια φιλοσοφική επιχειρηματολογία γι' αυτές, αλλά εικονογραφούνται απαραίτητα στοιχεία με σκοπό να αναπτυχθεί μία ενδιαφέρουσα θεωρία. Ουσιαστικά παρουσιάζονται αυτές οι αρχές σαν μέσο κατανόησης του μαθηματικού μοντέλου και όχι σαν ανάλυση όλων των θεσμών που σχετίζονται με την πληροφορία αλλά και τη ροή πληροφορίας.

Τη σημερινή εποχή η κοινωνία μας κατακλύζεται από πολλές πληροφορίες. Άτομα και εταιρίες ανακαλύπτουν ότι πολλές πράξεις – δράσεις, που συνηθίζεται να απαιτούν την κίνηση των ανθρώπων αλλά και διαφόρων αγαθών, συχνά με μεγάλο κόστος, για την διεξαγωγή τους, τώρα μπορούν να επιτευχθούν κάνοντας ένα απλό κλικ στο ποντίκι ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η πληροφορία μπορεί να ταξιδέψει με την ταχύτητα του φωτός ενώ οι άνθρωποι και τα αγαθά όχι. Έτσι τα όρια μιας κοινωνίας είτε εμπορικά είτε πολιτισμικά αλλάζουν – μεταμορφώνονται ανάλογα με τον αυξανόμενο όγκο ροής πληροφορίας. Κάποτε κάποιος θα μπορούσε να διασπείρει την ιδέα της ροής πληροφορίας, θα μπορούσε να βλέπει να ρέει παντού – όχι μόνο στους Η/Υ και κατά μήκος των τηλεφωνικών συρμάτων αλλά και σε οποιαδήποτε ανθρώπινη χειρονομία – ενέργεια και διακύμανση του φυσικού κόσμου. Η ροή πληροφορίας είναι πολύ σημαντική για τη ζωή. Καθοδηγεί κάθε κίνηση, υποστηρίζει κάθε σκέψη καθώς και αρκετές πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις που φτιάχνουν οποιοδήποτε φυσικό σύστημα ή κοινωνικό οργανισμό. Τα σύννεφα για παράδειγμα

μεταφέρουν πληροφορία σχετικά με τις προβλεπόμενες καταιγίδες, μια μυρουδιά στον αέρα μεταφέρει πληροφορία σε κάποιο αρπακτικό σχετικά με τη θέση που θα μπορέσει να βρει τροφή, εικόνες στην τηλεόραση της Ελλάδας μεταφέρουν πληροφορία για γεγονότα που συμβαίνουν εκείνη τη στιγμή στο Λονδίνο. Με αυτή λοιπόν την προοπτική, η πρόσφατη επανάσταση φαίνεται να είναι πρωταρχικά τεχνολογική με τους ανθρώπους να ανακαλύπτουν συνεχώς καινούριους αλλά και πιο ικανούς τρόπους για να μεταφέρουν αλλά και να μεταβιβάζουν πληροφορία. Η πληροφορία βρίσκεται παντού γύρω μας.

Αυτό που μας ενδιαφέρει λοιπόν δεν είναι οι τρόποι με τους οποίους παράγεται η πληροφορία αλλά η πιθανότητα του να μεταφέρεται πληροφορία από ένα αντικείμενο σε κάποιο άλλο. Η μεταφορά της ροής της πληροφορίας είναι ολισθηρή, προτείνοντας την κίνηση κάποιας ουσίας. Όταν κάτι συμβαίνει δεν περιλαμβάνει απαραίτητα κάποια κίνηση ή ουσία.. Η αξία λοιπόν της μεταφοράς βρίσκεται στην εξής ερώτηση: “Πως τα απομακρυσμένα αντικείμενα, καταστάσεις και γεγονότα μεταφέρουν πληροφορία μεταξύ τους χωρίς κάποια ουσία να κινείται ανάμεσά τους”; Η ερώτηση αυτή είναι καινούρια κι έχουν δοθεί κατά καιρούς διάφορες απαντήσεις από φιλοσόφους, μαθηματικούς, και επιστήμονες υπολογιστών.

Παρακάτω θα αναφερθεί μία ιστορία η οποία διατυπώθηκε από τον *J.Barwise* προκειμένου να εξηγηθούν αλλά και να κατανοηθούν οι τέσσερις αρχές της θεωρίας ροής πληροφορίας

«Η Judith μία θαρραλέα αλλά άπειρη ορειβάτης ξεκίνησε τη άνοδο ενός όρους του Ateb. Πήρε μαζί της μία πυξίδα, έναν φακό, ένα τοπογραφικό χάρτη και μία σοκολάτα. Ο χάρτης που είχε πάρει μαζί της ήταν δέκα χρόνια παλαιότερος, αλλά θεώρησε ότι το βουνό δεν θα είχε αλλάξει σημαντικά. Φτάνοντας στην κορυφή του βουνού ύστερα από δύο ώρες περίπου σταμάτησε για να φάει λίγη σοκολάτα. Βλέποντας γύρω της το περιβάλλον μαγεύτηκε από τη μεγαλειότητα γύρω της. Στις δύο και δέκα ξεκίνησε για την κατάβαση. Ενθαρρυσμένη αρκετά από την εύκολη ανάβαση αποφάσισε να αλλάξει πορεία. Φαινόταν καθαρά στο χάρτη και ήταν σημειωμένες οι απότομες πλαγιές, αλλά καθώς κατέβαινε οι πέτρες που είχαν αφήσει πίσω τους άλλοι ορειβάτες άρχισαν σιγά – σιγά να μειώνονται. Λίγο αργότερα διαπίστωσε ότι είχε χαθεί. Κατευθύνθηκε προς μια πλαγιά σκεφτόμενη ότι ήταν

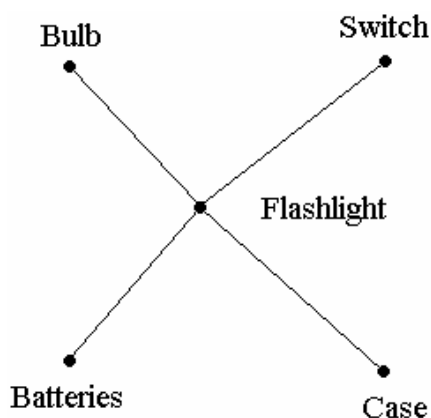
καλύτερα να κατεβεί προς τα κάτω από το να ανέβει. Οι ολισθηρές πέτρες την πρόδωσαν και έπεσε πάνω σε ένα αγκάθι. Ποσοκλημένη λοιπόν πάνω στο θάμνο και δειλιάζοντας μπροστά στον πόνο του αριστερού ποδιού της φοβήθηκε ότι θα είναι αγνοούμενη. Σύντομα θα νύχτωνε. Εκτός του ότι είχε καθυστερήσει υπήρχε μεγάλος κίνδυνος καθώς ήταν ακόμα χαμένη. Έφαγε και την υπόλοιπη σοκολάτα. Ξαφνικά θυμήθηκε τον φακό ο οποίος ακόμα δούλευε. Άρχισε λοιπόν να τον αναβοσβήνει μέσα στο ημίφως. Ως εκ θαύματος τα σήματα που έκανε τα είδε κάποιος άλλος ορειβάτης που βρισκόταν στους πρόποδες του βουνού. Η Miranda κατάλαβε τα σήματα SOS και έτρεξε προς το αμάξι όπου πήρε τηλέφωνο την ομάδα διάσωσης. Είκοσι λεπτά αργότερα έφτασε ένα ελικόπτερο το οποίο ερεύνησε την περιοχή στο σημείο που βρισκόταν η Judith κι έτσι την εντόπισε να βρίσκεται πεσμένη στο θάμνο. Τότε η νεαρή κοπέλα άρχισε να κάνει ευχάριστα νοήματα προς το αεροσκάφος.

Μία λοιπόν πλήρη εξήγηση για το πώς μπόρεσαν να συνεννοηθούν τα δύο άτομα τα οποία δεν γνώριζαν το ένα που βρίσκεται το άλλο, είναι χρησιμοποιώντας την επιστημονική γνώση. Ο τρόπος με τον οποίο η Judith έκανε τα σήματα αναβοσβήνοντας τον φακό, το πέρασμα του φωτός από το φακό στα μάτια της Miranda και η μεταμόρφωση των λεγόμενων λέξεων σε ηλεκτρικά σήματα στα τηλεφωνικά σύρματα και στα ράδιο - κύματα όλα μπορούν να εξηγηθούν χρησιμοποιώντας μοντέλα προερχόμενα από την φυσική κατανόηση. Η κίνηση των μυών της Judith και ο τρόπος αντίδρασης του αμφιβληστροειδούς χιτώνα των ματιών της Miranda καθώς επίσης και άλλες κριτικές διαδικασίες και ανθρώπινες δράσεις σε αυτή την ιστορία μπορούν να εξηγηθούν με φυσικό τρόπο. Έτσι λοιπόν εδώ μιλάμε για πληροφορία, γνώση και επικοινωνία»

Εν συνεχεία θα αναπτυχθούν οι τέσσερις αρχές της **Θεωρίας Ροής Πληροφορίας (Information Flow)**.

- **1^η αρχή Ροής Πληροφορίας (Information Flow)**: ‘η ροή πληροφορίας προκύπτει από συχνότητες εμφάνισης ενός αντικειμένου ή κάποιας ενέργειας καθώς επίσης και από κανονικότητες-ομαλότητες (Regularities) σε ένα κατανεμημένο σύστημα’ (J.Barwise and J. Seligman, *Information Flow: The Logic of Distributed Systems*, 1997)

Δύο χαρακτηριστικά αυτής της αρχής απαιτούν άμεσο σχολιασμό. Το σύστημα στο οποίο η πληροφορία ρέει είναι **κατανεμημένο (distributed)** και η ροή αυτή προκύπτει από συχνότητες εμφάνισης και **κανονικότητες (ομαλότητες) (Regularities)** του συστήματος. Λέγοντας κατανεμημένο εννοείται ότι το σύστημα διαιρείται κατά κάποιο τρόπο σε κομμάτια έτσι ώστε η πληροφορία να μεταβαίνει από το ένα τμήμα στο άλλο. Για παράδειγμα ο φακός της Judith θεωρείται ένα σύστημα ροής πληροφορίας. Η αναμμένη λάμπα μεταφέρει πληροφορία ότι ο διακόπτης είναι αναμμένος και η μπαταρία είναι φορτισμένη. Ο φακός μπορεί να διαιρεθεί στα εξής κομμάτια χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αυτός ο διαχωρισμός είναι μοναδικός και δεν μπορεί να γίνει κάποιος άλλος.



Σχήμα 1.9. Τμήματα από τα οποία αποτελείται ο φακός (J.Barwise and J. Seligman, 1997)

Η αντίληψη της ροής της πληροφορίας για την οποία γίνεται προσπάθεια να αναπτυχθεί περιλαμβάνει αφηρημένα συστήματα όπως μαθηματικές αποδείξεις και ταξινομημένες ιεραρχίες, καθώς επίσης και συγκεκριμένες έννοιες όπως οι παραπάνω.

Η πρώτη αρχή επίσης δηλώνει ότι η ροή πληροφορίας ρέει - προκύπτει από επαναλαμβανόμενες πράξεις ή αλλιώς συχνότητες αλλά και από κανονικότητες (ομαλότητες) του συστήματος. Ουσιαστικά η παρουσία των κανονικοτήτων (ομαλοτήτων) είναι αυτή που συνδέει μαζί τα τμήματα του συστήματος μ' έναν τρόπο που επιτρέπει τη ροή πληροφορίας. Έτσι και στην περίπτωση της Judith τα συστατικά μέρη του φακού είναι τοποθετημένα και συνδεδεμένα ώστε ο φακός να συμπεριφέρεται μ' έναν προβλέψιμο τρόπο. Εδώ οι κανονικότητες (ομαλότητες) που επιβεβαιώνουν την ομοιόμορφη συμπεριφορά του συστήματος είναι κυρίως

ηλεκτρονικοί και μηχανικοί στη φύση τους. Οι επαφές του διακόπτη, ο σχεδιασμός της περίπτωσης και πολλές άλλες λεπτομέρειες της κατασκευής του φακού επιβεβαιώνουν ότι το άναμμα – σβήσιμο της λάμπας συσχετίζεται με τη θέση του διακόπτη. Επομένως η ομοιομορφία της σχέσης κάνει δυνατή τη γνώση. Η συμπεριφορά ενός συστήματος όμως μπορεί να μην είναι ολοκληρωτικά προβλέψιμη όσον αφορά τη ροή πληροφορίας. Μπορεί για παράδειγμα το πλαστικό μέρος ενός φακού να έχει αποχρωματιστεί λόγω της έκθεσής του στον ήλιο. Αυτό όμως δεν μπορεί να μας δώσει κάποια πληροφορία σχετικά με το σύστημα και τη ροή πληροφορίας. Μερικές φορές η ομοιομορφία είναι δύσκολο να μεταφέρει ροή πληροφορίας, γι' αυτό θα πρέπει να μπορούμε να ξεχωρίζουμε τις γνήσιες ομοιομορφίες από τις απλά τυχαίες ή στατιστικές. Οι τυχαίες δεν είναι επαρκής για ροή πληροφορίας. Για παράδειγμα στην περίπτωση της Judith εάν η Miranda έβλεπε την αντανάκλαση του φωτός του φεγγαριού πάνω σε έναν καταρράκτη και η αντανάκλαση γινόταν ρυθμικά με τέτοιο τρόπο που να πιστεύει η Miranda ότι υπάρχει κάποιος που καλεί σε βοήθεια κάνοντας σήματα SOS, τότε αυτό δεν θα ήταν πραγματική πληροφορία. Απλά κατά τύχη αυτό που πίστεψε η Miranda θα έβγαине αληθινό. Η πληροφορία δεν ρέει από το A στο B απλά επειδή κάποιος στο B έχει οδηγηθεί στο να πιστέψει κάτι σωστό σχετικά με το τι συμβαίνει στο A. Αυτή λοιπόν η αρχή εστιάζει περισσότερο και δίνει ιδιαίτερη έμφαση στα καταναμημένα συστήματα..

- **2^η αρχή Ροής Πληροφορίας (Information Flow):** 'η ροή πληροφορίας περιλαμβάνει αυστηρά τόσο τους τύπους όσο και τις ιδιαιτερότητες – λεπτομέρειες'(J.Barwise and J. Seligman, *Information Flow:The Logic of Distributed Systems*, 1997).

Για την ανάλυση της συγκεκριμένης αρχής εισάγεται ένα από τα διακριτά χαρακτηριστικά της παρούσας προσέγγισης δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση τόσο στους τύπους όσο και στις ιδιαιτερότητες – λεπτομέρειες. Υποθετικά έστω ότι έχουμε ένα σύστημα δύο ζαριών. Υπάρχουν τριάντα έξι πιθανές καταστάσεις αυτού του συστήματος, σύμφωνα με το γεγονός ότι κάθε ζάρι μπορεί να φέρει τους αριθμούς από το ένα έως το έξι. Έτσι οι πιθανές ομάδες του συστήματος είναι $\{(n,m) \mid 1 \leq n, m \leq 6\}$. Έστω ότι η Judith ενδιαφέρεται για την περίπτωση που το σύστημα

αντιμετωπίζει την περίπτωση του εφτά. Δηλαδή η Judith ενδιαφέρεται για το αποτέλεσμα της ομάδας :

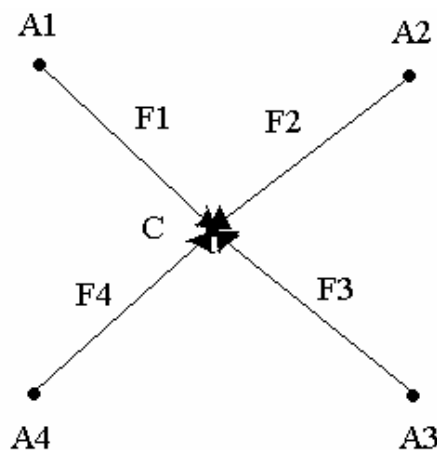
$$\alpha = \{(1, 6), (2, 5), (3, 4), (4, 3), (5, 2), (6, 1)\}$$

Στη θεωρία πιθανοτήτων αυτή η ομάδα λέγεται ότι είναι το «γεγονός - event» να πάρεις εφτά. Αυτό με το «γεγονός» είναι λίγο παραπλανητικό αφού το α δεν είναι ένα γεγονός αλλά μάλλον ένας τύπος γεγονότος, δηλαδή ένας τρόπος ταξινόμησης των ζευγαριών που προκύπτουν από τη ρίψη δύο ζαριών ή πράγματι η ρίψη οποιουδήποτε ζευγαριού που προκύπτει από το ολοκληρωτικό εφτά. Έτσι λοιπόν από τριάντα έξι καταστάσεις και από 2^{36} γεγονότα, υπάρχει η πιθανότητα ενός ατελείωτου αριθμού ιδιαιτεροτήτων. Διαισθητικά λοιπόν οι ρίψεις των ζαριών ονομάζονται “γεγονότα – events”, α είναι ο τύπος του γεγονότος ή το α μοντελοποιεί τον τύπο του γεγονότος. Η θεωρία πιθανοτήτων και τα εφαρμοσμένα μαθηματικά δουλεύουν με τους τύπους. Κάποιος θεωρεί ότι έχει ένα σύστημα που έχει διάφορα στιγμιότυπα στο χρόνο. Κάθε στιγμιότυπο υποτίθεται ότι είναι σε μία μοναδική κατάσταση Ω . Ομάδες α των καταστάσεων ονομάζονται γεγονότα.. Έτσι εάν μια κατάσταση S_i ανήκει στο α τότε το S_i είναι τύπος του α .. Απ’ όταν δημιουργήθηκε αυτό το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) με τα γεγονότα και τις καταστάσεις, τα στιγμιότυπα αγνοήθηκαν για μια θεωρία που αφορά πληροφορία ωστόσο οι ιδιαιτερότητες ή τα στιγμιότυπα δεν μπορούν να αγνοηθούν. Είναι ιδιαιτερότητες, πράγματα στον κόσμο, που μεταφέρουν πληροφορία και η οποία είναι με τη μορφή τύπων. Για παράδειγμα ήταν κάποιος *ιδιαίτερος* φωτισμός που μετέφερε την πληροφορία για τη Judith, ήταν το γεγονός του τύπου SOS που μετέφερε την πληροφορία ότι η Judith χρειαζόταν βοήθεια, ήταν κάποιος *ιδιαίτερος* χάρτης που μετέφερε την πληροφορία ή και παραπληροφορία σχετικά με το βουνό. Όντας ο χάρτης ενός συγκεκριμένου τύπου, μετέφερε πληροφορία ότι το βουνό ήταν κάποιου άλλου τύπου. Όλα λοιπόν τα παραπάνω κωδικοποιούνται στην δεύτερη αρχή. Η δεύτερη αρχή δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στα τεκμήρια – στιγμιότυπα τα οποία περιλαμβάνουν τις συνδέσεις. Χωρίς αυτά δεν θα μπορούσαν να ανιχνευτούν ποια αντικείμενα συνδέονται με ποια κι έτσι δεν θα γινόταν κατανοητό τι μεταφέρει πληροφορία και γιατί. .

- **3^η αρχή Ροής Πληροφορίας (Information Flow):** ‘εν δυνάμει των ομοιομορφιών μεταξύ των συνδέσεων κάποια συστατικά σε ένα καταναμημένο

σύστημα μεταφέρουν πληροφορία για κάποια άλλα συστατικά μέρη του ίδιου συστήματος' (J.Barwise and J. Seligman, *Information Flow: The Logic of Distributed Systems*, 1997).

Μία από τις κεντρικές ιδέες της παρούσας προσέγγισης είναι ότι τα κανάλια πληροφοριών μπορούν τώρα να εξηγηθούν. Έστω ότι υπάρχει ένα καταναμημένο σύστημα μοντελοποιημένο μέσω της ταξινόμησης C και διάφορα στοιχεία μοντελοποιημένα μέσω των ταξινομήσεων A_i . Επειδή τα A_i είναι μέρη της ταξινόμησης C , πρέπει να υπάρχει ένας μορφισμός $f_i \rightarrow C$, τέτοιος ώστε να αντανακλά τις σχέσεις μεταξύ συστήματος και των τμημάτων του. Έτσι ένα κανάλι πληροφορίας αποτελείται από μία οικογένεια C μορφισμών A_i μαζί με κοινό τμήμα C που είναι το βασικό κανάλι. Ένα κανάλι πληροφοριών σε ένα καταναμημένο σύστημα όπως στο παράδειγμα με το φακό της Judith μπορεί να έχει την εξής μορφή :



Σχήμα 1.10. Μορφή καναλιού πληροφοριών σε ένα καταναμημένο σύστημα
(J.Barwise and J. Seligman, 1997)

Πάλι κάθε τόξο αναπαριστά ένα μορφισμό, γι' αυτό και κάθε ζευγάρι λειτουργιών έχει την εξής μορφή: το ένα πάνω στους τύπους πηγαίνει προς τα μέσα και το άλλο που πάει προς την αντίθετη κατεύθυνση, λαμβάνοντας σαν κεντρικό σημείο το C . Επομένως αντιλαμβάνεται κανείς ότι το C ολόκληρου του συστήματος αποτελεί τη σύνδεση μεταξύ των διαφόρων συστατικών A_i . Για παράδειγμα η λάμπα συνδέεται μέσω ενός διακόπτη εάν αποτελούν και τα δύο μέρη ενός φακού. Η σύνδεση είναι που επιτρέπει τη μεταφορά πληροφορίας από το ένα στο άλλο. Η ταξινόμηση C και η συσχετιζόμενη θεωρία $Th(c)$ μας δίνουν ένα ν τρόπο μοντελοποίησης των

ομοιομορφιών. Χρησιμοποιώντας τους περιορισμούς της θεωρίας και τους μορφισμούς, μπορούν να δεσμευτούν και τελικά να προκύψουν οι βασικές αρχές της ροής πληροφορίας που σχετίζονται με τα συστατικά μέρη ενός συστήματος. Ένα απλό παράδειγμα, σύμφωνα με τον J.Barwise, θα μπορούσε να γίνει ακόμα πιο κατανοητό. . «Έστω ότι έχουμε χτυπήσει ελαφρώς ένα διακόπτη φωτός, το οποίο φως εξαρτάται από το διακόπτη με τον οποίο είναι συνδεδεμένο. Παρομοίως έστω ότι έχουμε δύο φωτογραφίες μία για κάθε άτομο. Η μία φωτογραφία μεταφέρει πληροφορία για το ένα άτομο και η άλλη για το άλλο. Αλλά αυτό που καθορίζει για ποιο άτομο η δοσμένη φωτογραφία μεταφέρει πληροφορία είναι ακριβώς η σύνδεση μεταξύ ατόμου και της δικιάς του φωτογραφίας».

- **4^η αρχή Ροής Πληροφορίας (Information Flow)**: *‘οι ομοιομορφίες ενός δοσμένου κατανεμημένου συστήματος σχετίζονται με όρους πληροφοριακών καναλιών’ (J.Barwise and J. Seligman, Information Flow:The Logic of Distributed Systems, 1997).* .

Η ροή πληροφορίας ,όπως φαίνεται παραπάνω, σ’ ένα σύστημα εξαρτάται από την υπευθυνότητα, από την ορθότητα αλλά και από τα λάθη που μπορεί να υπάρχουν και τα οποία περιγράφουν τα κατανεμημένα συστήματα. Προς το παρόν τα κατανεμημένα συστήματα μοντελοποιούνται μέσω ταξινομήσεων και μορφισμών. Τυπικά υπάρχουν πολλοί τρόποι να αναλυθεί ένα ιδιαίτερο σύστημα σαν πληροφοριακό κανάλι. Για παράδειγμα στην περίπτωση του φακού της Judith, το επίπεδο ανάλυσης του συστήματος μπορεί να καθοριστεί από τους ίδιους τους ανθρώπους. Σαν σύστημα λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί μόνο η λάμπα και ο διακόπτης ή να ληφθούν υπόψη και οι μπαταρίες, τα ελατήρια, τα σύρματα και άλλα κομμάτια του φακού; Στη συνέχεια είναι θέμα του ίδιου του ατόμου που επεξεργάζεται το συγκεκριμένο σύστημα αν επιθυμεί να έχει ένα απλό σύστημα ή κάτι πιο περίπλοκο. Παραδέχεται λοιπόν μόνο κανονικές περιπτώσεις ή λαμβάνει υπόψη και άλλες καταστάσεις ;

Σύμφωνα λοιπόν με αυτή την αρχή, μία ανάλυση ενός συστήματος σαν ένα κανάλι εξαρτάται από τις προοπτικές και τα πρότυπα – κριτήρια. Το εάν ή όχι κάποια συνακόλουθα αποτελέσματα αποτελούν ή όχι κάποιον περιορισμό ενός δοσμένου συστήματος δεν είναι κάτι απόλυτο αλλά εξαρτάται από το κανάλι που κάποιος χρησιμοποιεί για να κατανοήσει το σύστημα. Ένα τέτοιο κανάλι μπορεί να

περιγράφεται σαφώς από έναν θεωρητικό επιστήμονα ή μπορεί και να υπονοείται από τις κριτικές ενός χρήστη του συστήματος. Τελικά το βασικό σημείο είναι ότι αν κάποιος αλλάξει το κανάλι τότε αλλάζουν τυπικά και οι περιορισμοί κι έτσι κάθε φορά προκύπτει διαφορετική ροή πληροφορίας. Έτσι λοιπόν, εάν ή όχι ένα ιδιαίτερο τεκμήριο μεταφέρει πληροφορία σχετικά με αυτό, εξαρτάται από το θεωρούμενο κανάλι. Όσο πιο ραφινρισμένο – καθαρισμένο δηλαδή χωρίς πολλές λεπτομέρειες κανάλι χρησιμοποιείται για να αναλυθεί κάποιο σύστημα τόσο πιο αξιόπιστη ροή πληροφορίας προκύπτει τελικά

1.4. ΘΕΩΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FORMAL CONCEPT ANALYSIS).

Η τρίτη θεωρία στην οποία στηρίζεται η ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι η θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) και θα αναλυθεί λεπτομερώς στο κεφάλαιο που ακολουθεί. (κεφάλαιο 2),

ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2. ΘΕΩΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FORMAL CONCEPT ANALYSIS)

2.1. Εισαγωγή

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι βασικές έννοιες της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis - FCA) και θα αναλυθεί μία σημαντική τεχνική αναπαράστασης της γραφικής γνώσης, τα λεγόμενα γραμμικά διαγράμματα των εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων). Τέλος θα αναφερθούν κάποια παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση όλων των παραπάνω.

2.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ FCA

Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι μία μεθοδολογία ανάλυσης δεδομένων και αναπαράστασης της γνώσης, η οποία διευκρινίζει τις εννοιολογικές δομές μεταξύ συνόλων δεδομένων. Εισήχθηκε για πρώτη φορά από τον Rudolf Wille το 1982 και από τότε εξελίχθηκε με γρήγορους ρυθμούς. Οι μέθοδοι της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε πάρα πολλά πεδία, όπως φιλοσοφία, ψυχολογία, ιατρική, ανθρωπολογία, βιολογία, αστρονομία, κοινωνιολογία, μαθηματικά, επιστήμη των υπολογιστών και πολλές άλλες επιστήμες και έχει καταφέρει να επιλύσει αρκετά γλωσσολογικά προβλήματα.

Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επικοινωνία μεταξύ γλωσσολόγων. Κάτι άλλο αρκετά σημαντικό είναι η μοντελοποίηση και η αποθήκευση λεξιλογικών πληροφοριών για διαδικασίες φυσικών λεξιλογικών καθηκόντων. Αυτό λοιπόν προκαλεί μία αυξανόμενη ανάγκη για λεπτομερείς λεξιλογικές βάσεις δεδομένων, οι οποίες κατά προτίμηση θα πρέπει να είναι αυτόματα κατασκευασμένες. Σε αυτή την αυτόματη ή ημιαυτόματη κατασκευή λεξιλογικών βάσεων δεδομένων μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA).

Ένα πολύ δυνατό χαρακτηριστικό της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι η ικανότητά της να παράγει γραφικές οπτικοποιήσεις των έμφυτων δομών μεταξύ των δεδομένων. Η ιδιότητά της αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους κοινωνικούς επιστήμονες, οι οποίοι συχνά χειρίζονται σύνολα δεδομένων που δεν μπορούν

πλήρως να τα περιορίσουν σε ποσοτικές αναλύσεις. Με αυτό τον τρόπο η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) επεκτείνει τα επιστημονικά εργαλεία των μεθόδων τυπικής ανάλυσης. Από αυτή την άποψη η στατιστική και η ανάλυση εννοιών συμπληρώνουν η μία την άλλη. Στον τομέα της επιστήμης πληροφορίας υπάρχει μία επιπλέον εφαρμογή: τα μαθηματικά πλέγματα τα οποία χρησιμοποιούνται στην Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) και μπορούν να ερμηνευτούν ως συστήματα ταξινόμησης. Τα τυποποιημένα συστήματα ταξινόμησης μπορούν να αναλυθούν σύμφωνα με τη συνέπεια των σχέσεων τους. Ένα παράδειγμα συστήματος ταξινόμησης αποτελεί, μία on – line βιβλιοθήκη όπως η βιβλιοθήκη ZIT στο Darmstadt η οποία χρησιμοποιεί τα εννοιολογικά διαγράμματα μιας αυτόματα κατασκευασμένης τάξης ιεραρχίας

Μεταξύ πολλών αναπαραστάσεων γνώσης, φορμαλισμοί, οντολογίες και η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) στοχεύουν στη μοντελοποίηση τέτοιων εννοιών. Έτσι λοιπόν κάτι άλλο που θα αναλυθεί στη συγκεκριμένη ενότητα, είναι πως αυτοί οι φορμαλισμοί μπορούν να συμπληρώνουν ο ένας τον άλλο από την άποψη εφαρμογής.

Εν συνεχεία θα αναφερθούν οι βασικές έννοιες της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA), δηλαδή [έκταση (extension), ένταση (intention), εννοιολογικά πλέγματα (concept lattices), εννοιολογική κλίμακα (conceptual scaling), φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα (nested line diagrams) κτλ] και θα παρατεθούν ορισμένα παραδείγματα – εφαρμογές για την καλύτερη κατανόησή τους.

2.3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FORMAL CONCEPT ANALYSIS).

2.3.1. Ορισμοί της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)

‘Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis - FCA) είναι μία μέθοδος (μαθηματική θεωρία) που χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάλυση δεδομένων αλλά και για την μοντελοποίηση της έννοιας των ‘εννοιών’ με όρους θεωρίας δικτυωτού (lattice theory) , π.χ. για την δημιουργία σαφών σχέσεων μεταξύ αντικειμένων και χαρακτηριστικών των αντικειμένων (τα αντικείμενα περιγράφονται μέσω ενός συνόλου χαρακτηριστικών). Τα δεδομένα δομούνται σε μονάδες τα οποία

είναι τυπικές γενικεύσεις (αφαιρέσεις – συνόψεις) των εννοιών της ανθρώπινης σκέψης, δίνοντας με αυτό τον τρόπο μία κατανοητή ερμηνεία.’ (Uta Priss, 2000).

Η Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί ως μία τεχνική εννοιολογικής ταξινόμησης καθώς παρέχει εντατικές περιγραφές για τις αφηρημένες έννοιες ή τις μονάδες δεδομένων που αυτή παράγει. Κεντρική ιδέα της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι το τυπικό πλαίσιο (formal context).

Τυπικό πλαίσιο – Formal context

‘Τύπικό πλαίσιο είναι μία τριπλέτα $K := (G, M, I)$ όπου το G είναι ένα σύνολο του οποίου τα στοιχεία ονομάζονται αντικείμενα, M είναι ένα σύνολο του οποίου τα στοιχεία ονομάζονται χαρακτηριστικά και I είναι μία δυαδική σχέση μεταξύ G και M (π.χ. $I \subseteq G \times M$), $(g, m) \in I$ το οποίο διαβάζεται “το αντικείμενο g έχει χαρακτηριστικό m – object g has attribute m .”’ (Bernhard Ganter, 2002)

Τυπική έννοια – Formal concept

Για $A \subseteq G$ έστω ότι έχουμε

$$A' := \{m \in M \mid \forall g \in A: (g, m) \in I\}$$

και για $B \subseteq M$

$$B' := \{g \in G \mid \forall m \in B: (g, m) \in I\}.$$

‘Μία τυπική έννοια ενός τυπικού πλαισίου (G, M, I) είναι ένα ζευγάρι (A, B) με $A \subseteq G$, $B \subseteq M$, $A' = B$ και $B' = A$. Τα σύνολα A και B ονομάζονται έκταση (extent) και ένταση (intent) της τυπικής έννοιας (A, B) , αντίστοιχα. Η σχέση της υποέννοιας-υπερέννοιας (subconcept – superconcept) τυποποιείται όπως φαίνεται παρακάτω:

$$(A_1, B_1) \leq (A_2, B_2) : \Leftrightarrow A_1 \subseteq A_2 (\Leftrightarrow B_1 \supseteq B_2).'$$
 (Bernhard Ganter, 2002)

Ορισμοί της Έκτασης (Extension) και έντασης (Intension) της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA).

Η κεντρική ιδέα της **Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)** βασίζεται στη δυαδικότητα που ονομάζεται και “σύνδεση Galois”. Αυτή η δυαδικότητα μπορεί να παρατηρηθεί μεταξύ δύο τύπων αντικειμένων τα οποία συσχετίζονται το ένα με το άλλο σε μία εφαρμογή όπως τα αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά ή οι εγγραφές και οι όροι που χρησιμοποιούνται. “Η σύνδεση Galois υποστηρίζει ότι αν κάποιος φτιάξει

τα σύνολα ενός τύπου μεγαλύτερα, αυτά αντιστοιχούν σε μικρότερα σύνολα άλλων τύπων αλλά και το αντίστροφο.” (Uta Priss, 2000)

Για παράδειγμα θεωρώντας τα έγγραφα και τους όρους για την ανάκτηση πληροφορίας, και μεγεθύνοντας ένα σύνολο όρων θα μειωθεί το σύνολο των εγγραφών το οποίο περιέχει όλους αυτούς τους όρους ενώ ένα μικρότερο σύνολο όρων θα ταιριάζει σε ένα μεγαλύτερο σύνολο εγγραφών.

	cartoon	real	tortoise	dog	cat	mammal
Garfield	X				X	X
Snoopy	X			X		X
Socks		X			X	X
Greyfriar's Bobby		X		X		X
Harriet		X	X			

Εικόνα 2.1 : Ένα τυπικό εννοιολογικό πλαίσιο των διάσημων ζώων (A formal context of famous animals) (Uta Priss, 2000).

Στην ανάλυση τυπικών εννοιών το επίθετο “formal - τυπικός” χρησιμοποιείται για να τονίσει ότι αυτές είναι τυπικές έννοιες/ ιδέες (formal notions). Τα τυπικά αντικείμενα (formal objects) δεν είναι απαραίτητο να είναι αντικείμενα οποιουδήποτε είδους κοινής λογικής, αλλά η χρήση αντικειμένων και χαρακτηριστικών είναι ενδεικτική γιατί σε πολλές εφαρμογές μπορεί να είναι χρήσιμο να επιλέξει κάποιος θέματα που να μοιάζουν με αντικείμενα ως τυπικά αντικείμενα (formal objects) και τα χαρακτηριστικά τους ως τυπικά χαρακτηριστικά (formal attributes). Σε οποιαδήποτε ανάκτηση εφαρμογής οι εγγραφές μπορούν να θεωρηθούν ως αντικείμενα και οι όροι ως χαρακτηριστικά. Άλλα παραδείγματα συνόλων τυπικών αντικειμένων και χαρακτηριστικών είναι τα σημεία – σύμβολα και οι τύποι, οι τιμές και οι τύποι δεδομένων, τα γεγονότα δεδομένων και οι θεωρίες, οι λέξεις και οι ερμηνείες κι έτσι μπορεί να συνεχιστεί αυτή η ακολουθία.

Τα σύνολα των τυπικών αντικειμένων και τυπικών χαρακτηριστικών μαζί με τη σχέση που τα συνδέει σχηματίζουν ένα τυπικό πλαίσιο (formal context), το οποίο μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα πίνακα, όπως για παράδειγμα στον πίνακα της εικόνας 2.1. Σε έναν τέτοιο πίνακα τα στοιχεία της πρώτης στήλης (πιο συγκεκριμένα στα αριστερά του πίνακα) είναι τα τυπικά αντικείμενα ενώ τα στοιχεία της πρώτης γραμμής (πιο συγκεκριμένα στο πάνω μέρος του πίνακα) είναι τυπικά χαρακτηριστικά και η σχέση μεταξύ αυτών αναπαρίσταται με X εντός του κάθε

κελιού του πίνακα, εφόσον βέβαια υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ αντικειμένου και χαρακτηριστικού.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα (εικόνα 2.1.) τα τυπικά αντικείμενα είναι ζώα τα οποία είναι διάσημα σε ορισμένα μέρη του κόσμου : οι γνωστοί από τα κινούμενα σχέδια Garfield και Snoopy, η γάτα του Bill Clinton Socks, ο Bobby (ένας σκύλος που ζούσε στη Σκοτία και ο οποίος είναι γνωστός ως ο σκύλος που παρέμεινε πιστός και αφοσιωμένος στο αφεντικό του), η χελώνα Harriet (που ισχυρίστηκε πως ήταν το γηραιότερο ζώο στον πλανήτη, ήρθε από το Δαρβίνο στην Αγγλία και τώρα ζει στο ζωολογικό κήπο της Αυστραλίας). Τα χαρακτηριστικά εδώ περιγράφουν εάν τα ζώα είναι χαρακτήρες κινούμενων σχεδίων ή πραγματικά ζώα, εάν είναι σκύλοι, γάτες, θηλαστικά ή χελώνες. Αυτό βέβαια είναι ένα πολύ απλό παιχνίδι αλλά ταυτόχρονα αρκετά καλό για να εξηγήσει τα βασικά χαρακτηριστικά της τυπικής ανάλυσης εννοιών.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των συνδέσεων Galois είναι ότι υπονοείται εδώ μία συγκεκριμένη κλειστή σχέση. Με τον όρο κλειστή σχέση εννοείται ότι κανένας δεν μπορεί να μεγεθύνει ούτε το σύνολο των χαρακτηριστικών αλλά ούτε και το σύνολο των αντικειμένων. Όπως είπε και ο Uta Priss “Ξεκινώντας με ένα οποιοδήποτε σύνολο τυπικών αντικειμένων κάποιος μπορεί να ταυτοποιεί όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν κοινά.” (Uta Priss, 2000).

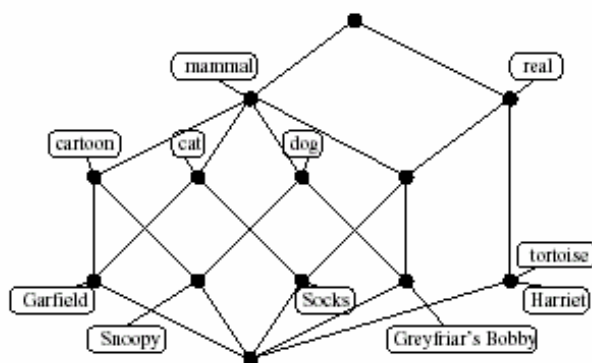
Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα από την εικόνα (2.1) το μόνο κοινό χαρακτηριστικό της Harriet και του Bobby είναι ότι και τα δύο είναι αληθινά. Εάν κάποιος ξεκινήσει με την Harriet και τον Bobby εξάγει όλα τα κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. αληθινά) κι έπειτα εξάγει όλα τα άλλα ζώα που είναι αληθινά, οπότε κάποιος μπορεί να αποκτήσει το σύνολο αντικειμένων “Harriet, Bobby, Socks” και το σύνολο χαρακτηριστικών “real - αληθινό”. Σε αυτό το σημείο η σχέση είναι κλειστή διότι κάποιος δεν μπορεί ούτε να μεγεθύνει το χαρακτηριστικό ούτε το σύνολο αντικειμένων. Εάν κάποιος ξεκινήσει με το Bobby και το Socks, θα αποκτήσει τα χαρακτηριστικά ‘θηλαστικό’ και ‘αληθινό’ και όχι άλλα επιπλέον αντικείμενα ή χαρακτηριστικά διότι δεν υπάρχουν άλλα αντικείμενα που να έχουν και τα δύο χαρακτηριστικά. Ένα ζευγάρι συνόλου αντικειμένων και συνόλου χαρακτηριστικών το οποίο είναι κλειστό με αυτό τον τρόπο ονομάζεται ‘τυπική έννοια – formal concept’. Έτσι ‘Harriet, Bobby, Socks’ και ‘real’ σχηματίζουν μία τυπική έννοια και ‘Bobby, Socks’ και ‘mammal’, ‘real’, σχηματίζουν μία διαφορετική ‘τυπική έννοια – formal concept’. “Το σύνολο των τυπικών αντικειμένων μιας τυπικής έννοιας

ονομάζεται “ έκταση - extension” και το σύνολο των χαρακτηριστικών “ένταση - intension”” (Uta Priss, 2000). Για ένα δοσμένο τυπικό πλαίσιο, οι τυπικές έννοιες, τα σύνολα των αντικειμένων (extensions) και τα σύνολα των χαρακτηριστικών (intensions) είναι μοναδικά ορισμένα και καθορισμένα.

Σύμφωνα με όλα όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι το σύνολο όλων των εννοιών ενός πλαισίου K μαζί με την σχεσιακή σειρά \leq είναι πάντοτε ένα πλήρες εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) του K (**concept lattice**). Παρακάτω θα οριστεί και θα αναλυθεί με τη βοήθεια κάποιου παραδείγματος ο όρος εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα).

Ορισμός Εννοιολογικού Δικτύου (πλέγματος) – Concept Lattice

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι ότι οι συνδέσεις – ενώσεις Galois και τα σύνολα των τυπικών εννοιών μπορούν να οπτικοποιηθούν και να απεικονιστούν.



Εικόνα 2.2 : Ένα εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) για το εννοιολογικό πλαίσιο της εικόνας 2.1
(Uta Priss, 2000)

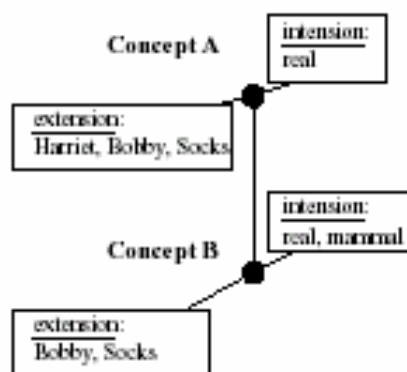
Η εικόνα 2.2 δείχνει ένα γραμμικό διάγραμμα, ενός εννοιολογικού δικτύου (πλέγματος) που αντιστοιχεί στο τυπικό πλαίσιο (formal context) το οποίο αναφέρθηκε στην προηγούμενη υποενότητα και αφορά τα πιο γνωστά ζώα (εικόνα 2.1)

Ένα εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) αποτελείται από το σύνολο των εννοιών ενός τυπικού πλαισίου και την σχέση υπερέννοιας-υποέννοιας μεταξύ των εννοιών. Οι κόμβοι στην εικόνα 2.2 αναπαριστούν τις τυπικές έννοιες. Τα τυπικά αντικείμενα σημειώνονται ελαφρώς παρακάτω και τα τυπικά χαρακτηριστικά ελαφρώς παραπάνω

από τους κόμβους που έχουν κάποια ετικέτα. Συνεχίζοντας με το παράδειγμα από την προηγούμενη ενότητα, ο κόμβος στη δεξιά πλευρά, ο οποίος έχει την ετικέτα “αληθινό - real” θα ονομαστεί έννοια A.

Για να ανακτήσει κάποιος το σύνολο των αντικειμένων – extension της τυπικής έννοιας χρειάζεται να περπατήσει σε όλα τα μονοπάτια τα οποία έχουν κατεύθυνση προς τα κάτω από τον κόμβο για να συλλέξει τα τυπικά αντικείμενα. Σε αυτό το παράδειγμα, τα τυπικά αντικείμενα της έννοιας A είναι Socks, Bobby και Harriet. Για να αποκτηθεί το σύνολο των χαρακτηριστικών – intension μιας τυπικής έννοιας χρειάζεται να περπατήσει κάποιος όλα τα μονοπάτια τα οποία κατευθύνονται προς τα πάνω με σκοπό να συλλέξει όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά.

Σε αυτό το παράδειγμα, υπάρχει ένας κόμβος πάνω από την έννοια A αλλά αυτός ο κόμβος δεν έχει καθόλου τυπικά χαρακτηριστικά που να είναι προσκολλημένα σε αυτόν. Έτσι η έννοια A αναπαριστά την τυπική έννοια με το σύνολο αντικειμένων (extension) να είναι “Harriet, Bobby, Socks” και το σύνολο των χαρακτηριστικών (intension) “real - αληθινό, mammal - θηλαστικό”. Αυτή η έννοια συνδέεται με την έννοια A μέσω μιας ακμής (η γραμμή προχωρά προς τα κάτω από την έννοια A στα αριστερά) και δεν χαρακτηρίζεται από ένα οποιοδήποτε αντικείμενο ή χαρακτηριστικό στο εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) στην εικόνα 2.2. Αυτή η έννοια θα ονομαστεί έννοια B.



Σχήμα 2.3.: Απεικόνιση υποέννοιας – υπερέννοιας (Uta Priss, 2000)

Το σχήμα 2.3 περιλαμβάνει τη σχέση μεταξύ έννοιας A και έννοιας B. Η έννοια B είναι μία υποέννοια της έννοιας A διότι το σύνολο των αντικειμένων της έννοιας B είναι ένα υποσύνολο του συνόλου των αντικειμένων της έννοιας A και το σύνολο των

χαρακτηριστικών της έννοιας B είναι ένα υπερσύνολο του συνόλου των χαρακτηριστικών της έννοιας A. Όλες οι ακμές στο γραμμικό διάγραμμα ενός εννοιολογικού πλέγματος αναπαριστά αυτή την σχέση υποέννοιας – υπερέννοιας.

Οι ανώτατες και οι κατώτατες έννοιες σε ένα εννοιολογικό πλέγμα είναι ιδιαίτερες. Η ανώτατη έννοια έχει όλα τα τυπικά αντικείμενα στο σύνολο των αντικειμένων. Το σύνολο των χαρακτηριστικών είναι συχνά άδειο αλλά δεν είναι απαραίτητο να είναι άδειο. Στο παράδειγμα στην εικόνα 2.2, η ανώτατη έννοια θα μπορούσε να έχει ένα επίσημο χαρακτηριστικό “animal- ζώο”. Η κατώτερη έννοια έχει όλα τα τυπικά χαρακτηριστικά στο σύνολο των χαρακτηριστικών. Εάν οποιοδήποτε από τα τυπικά χαρακτηριστικά αμοιβαία αποκλείει το ένα το άλλο (όπως ο σκύλος και η γάτα) τότε το σύνολο των αντικειμένων της κατώτερης έννοιας πρέπει να είναι άδειο (διότι κανένα τυπικό αντικείμενο δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονα και σκύλος και γάτα). Η ανώτατη έννοια μπορεί να θεωρηθεί ως αναπαράσταση της παγκόσμιας έννοιας και η κατώτατη έννοια το κενό ή η αντίθετη έννοια ενός τυπικού πλαισίου.

Η σχέση υποέννοιας – υπερέννοιας είναι μεταβατική, που σημαίνει ότι μία έννοια είναι μία υποέννοια οποιασδήποτε έννοιας στην οποία μπορεί να φτάσει κάποιος ταξιδεύοντας προς τα πάνω από αυτή. Εάν μία τυπική έννοια έχει ένα τυπικό χαρακτηριστικό τότε τα χαρακτηριστικά της κληρονομούνται από τις υποέννοιες. Αυτό αντιστοιχεί στην ιδέα της “κληρονομιάς” που χρησιμοποιείται στις βιβλιοθήκες τάξεων και στη μοντελοποίηση των προσανατολισμένων αντικειμένων. Γι’ αυτό το λόγο η ανάλυση τυπικών εννοιών είναι κατάλληλη για μοντελοποίηση και ανάλυση βιβλιοθηκών που ταξινομούν προσανατολισμένα αντικείμενα, τα οποία έχουν περιγραφεί, για παράδειγμα, από τους Godin & Mili (1993) και από τους Huchard & Leblanc.

2.3.2. Επαγωγικά Συμπεράσματα (Implications)

Το παράδειγμα στην εικόνα 2.2 δείχνει κάποιες εξαρτήσεις μεταξύ τυπικών χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα, το τυπικό χαρακτηριστικό ‘θηλαστικό - mammal’ προσκολλάται στον κόμβο που είναι πάνω από τους κόμβους για το ‘σκύλο - dog’ και τη ‘γάτα - cat’. Αυτό σημαίνει ότι τα τυπικά χαρακτηριστικά σκύλος και γάτα υπονοούν το τυπικό χαρακτηριστικό ‘θηλαστικό - mammal’. Αυτό, είναι φυσικά μία βιολογική αλήθεια. Αλλά υπάρχουν περισσότερα επαγωγικά συμπεράσματα που μπορούν να προκύψουν σε αυτό το παράδειγμα. Για παράδειγμα το ‘cartoon - κινούμενο σχέδιο’ υπονοεί το επίθετο ‘θηλαστικό - mammal’ και η ‘χελώνα -

tortoise' το επίθετο 'αληθινός – real'. Στην εικόνα 2.2 η 'γάτα – cat' και ο 'σκύλος – dog' μαζί υπονοούν όλα τα υπόλοιπα τυπικά χαρακτηριστικά διότι είναι αντίθετα και τα μονοπάτια προς τα κάτω από το 'σκύλο – dog' και τη 'γάτα – cat' συναντούνται στον κάτω κόμβο.

Τα επαγωγικά συμπεράσματα έχουν μελετηθεί από τους Ganter & Wille (1986). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δόμηση μίας βοηθητικής εννοιολογικής γνώσης σε υπολογιστές που ονομάζεται 'εξερεύνηση χαρακτηριστικών – attribute exploration' (Ganter & Wille, 1999 a).

Σε αυτή την εξερεύνηση βοήθησε πολύ το λογισμικό ConImp (Burmeister, 2000) αλλά και το πρόγραμμα ConExp. Ξεκινώντας με ένα αρχικό τυπικό πλαίσιο, το λογισμικό υπενθυμίζει σε ένα χρήστη τη σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών, με μία σειρά από ερωτήσεις. Στο παράδειγμα από την εικόνα 2.2 το λογισμικό θα μπορούσε να ρωτήσει αν όλα τα ζώα των κινούμενων σχεδίων είναι θηλαστικά. Ο χρήστης τότε θα έπρεπε ή να συμφωνήσει ότι αυτό συμβαίνει πάντοτε ή θα έπρεπε να αναφέρει κάποιο άλλο παράδειγμα ενός ζώου κινούμενου σχεδίου το οποίο να μην είναι θηλαστικό και με το οποίο να αντικρούει την παραπάνω πρόταση. Αυτό το αντίθετο παράδειγμα τότε προστίθεται στο τυπικό πλαίσιο. Η διαδικασία σταματά όταν όλα τα πιθανά επαγωγικά συμπεράσματα έχουν ελεγχθεί. Η εξερεύνηση των χαρακτηριστικών μελετήθηκε παραπάνω από τον Stumme (1996a, 1996b) και αναπτύχθηκε σε 'εξερεύνηση εννοιών – concept exploration' (Stumme, 1997), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξερεύνηση μεγαλύτερων υπο-πλεγμάτων μεγαλύτερων συνόλων δεδομένων. Αλλά τουλάχιστον στη δική μας γνώση, η εννοιολογική εξερεύνηση είναι ένα άλλο παράδειγμα προχωρημένης FCA τεχνολογίας η οποία μέχρι τώρα υπάρχει μόνο ουσιαστικά και δεν υπάρχει δημοσίως κάποιο διαθέσιμο λογισμικό.

2.3.3. Πρόσθετα και Φωλιασμένα Γραμμικά Διαγράμματα – Additive and Nested Line Diagrams

Ο καλύτερος, ο πιο ευέλικτος αλλά και ο πιο έξυπνος τρόπος αναπαράστασης ενός εννοιολογικού δικτύου (πλέγματος) είναι ένα καλά σχεδιασμένο γραμμικό διάγραμμα. Για να είναι καλά σχεδιασμένο ένα τέτοιο διάγραμμα θα πρέπει να είναι εμφανές, εύκολα αναγνώσιμο και να διευκολύνει την ερμηνεία των δεδομένων που αναπαρίστανται, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να αντιλαμβάνεται την πληροφορία που του προσφέρει το διάγραμμα. Πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανόηση αλλά και

στην απόκτηση σωστής και εύκολης πληροφορίας παίζει η δομή του διαγράμματος (αριθμός ακμών, επίπεδα σχεδιασμού, πολυπλοκότητα, μέγεθος κτλ). Τη σημερινή εποχή τέτοια διαγράμματα μπορούν να κατασκευαστούν αυτόματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Έτσι δεν απαιτείται ούτε ιδιαίτερος χρόνος αλλά ούτε και ιδιαίτερος κόπος όπως παλαιότερα που η δημιουργία τέτοιων διαγραμμάτων γινόταν με το χέρι. Τα γραμμικά διαγράμματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- 1) τα προσθετικά γραμμικά διαγράμματα (Additive line diagrams) και
- 2) τα φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα (Nested line diagrams).

1) Προσθετικά γραμμικά διαγράμματα – Additive line diagrams

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθεί η μέθοδος δημιουργίας ενός προσθετικού διαγράμματος ακολουθώντας τον κανόνα θέσης ο οποίος προσδιορίζει σημεία στο επίπεδο των στοιχείων ενός δοσμένου ταξινομημένου συνόλου (P, \leq) . Έτσι λοιπόν, εάν a και b είναι στοιχεία ενός ταξινομημένου συνόλου P με $a < b$, το σημείο που προσδιορίζεται με το a πρέπει να βρίσκεται χαμηλότερα από το σημείο που καθορίζεται με το b . (π.χ. πρέπει να έχει μία μικρότερη y συντεταγμένη). Τα αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους διαγράμματα δεν μπορούν να ελαττωθούν παραπάνω. Βρίσκονται στο τελευταίο επίπεδο απλοποίησης.

Οποιοδήποτε πεπερασμένο γραμμικό διάγραμμα μπορεί να ερμηνευτεί ως ένα πρόσθετο διάγραμμα σύμφωνα με μία κατάλληλη αναπαράσταση συνόλου.

Παρόλα αυτά, ακόμα και προσεχτικά κατασκευασμένα γραμμικά διαγράμματα χάνουν την αναγνωσιμότητά τους από ένα ορισμένο μέγεθος και πάνω (ως κανόνας από περίπου 50 στοιχεία και πάνω), για αυτό δημιουργήθηκαν τα φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα που ακολουθούν. Ωστόσο αυτά τα διαγράμματα δεν βοηθούν μόνο στην αναπαράσταση μεγαλύτερων εννοιολογικών πλεγμάτων, αλλά προσφέρουν την δυνατότητα οπτικοποίησης της αλλαγής ενός εννοιολογικού πλέγματος όταν προστεθούν σε αυτό επιπλέον χαρακτηριστικά.

2) Φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα – Nested line diagrams

Τα φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα επιτρέπουν μία ικανοποιητική γραφική αναπαράσταση κάποιων μεγαλύτερων εννοιολογικών πλεγμάτων. Η βασική ιδέα αυτών των διαγραμμάτων αποτελείται από ταξινομημένα τμήματα ενός κανονικού

διαγράμματος και αντικαθιστά τους διάφορους δεσμούς παράλληλων γραμμών μεταξύ αυτών των τμημάτων με μία γραμμή στο καθένα. Έτσι ένα φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα αποτελείται από σχήματα οβάλ, τα οποία περιέχουν συστάδες του κανονικού γραμμικού διαγράμματος και τα οποία συνδέονται με γραμμές. Στην απλούστερη περίπτωση δύο οβάλ σχήματα τα οποία συνδέονται με μία απλή γραμμή συμφωνούν μεταξύ τους. Ένα παράδειγμα δίνεται στην εικόνα 2.6. Είναι, ουσιαστικά, η οθόνη ενός πληροφοριακού συστήματος βιβλιοθήκης το οποίο δημιουργήθηκε για τη βιβλιοθήκη του τεχνολογικού κέντρου έρευνας στο τεχνολογικό πανεπιστήμιο του Darmstadt.

Τα φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα προέρχονται από διαιρέσεις του συνόλου των χαρακτηριστικών.

2.3.4. Εννοιολογική κλίμακα – Conceptual Scaling

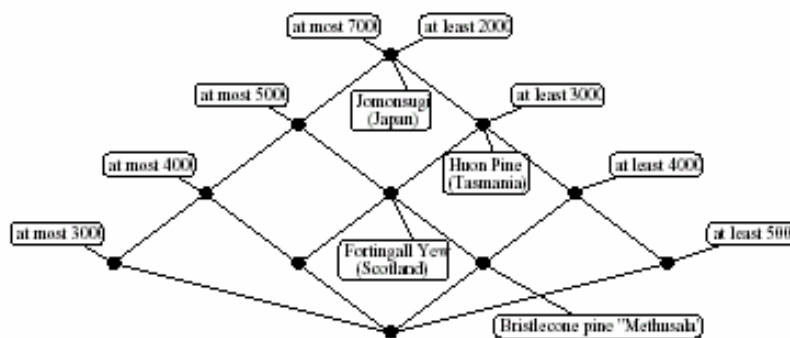
Ένα απλό εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) μεγάλων συνόλων αντικειμένων και χαρακτηριστικών μπορεί να γίνει αρκετά μεγάλο και πολύπλοκο. Οι απεικονίσεις των εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων) είναι ενδιαφέρουσες μόνο αν είναι τακτικές και κατανοητές για έναν άνθρωπο χρήστη. Εάν το εννοιολογικό δίκτυο είναι αρκετά μεγάλο και περίπλοκο τότε το μόνο που μπορεί να παρέχει είναι μία ακατάστατη οπτικοποίηση του δικτύου μη αναγνώσιμη από τους ανθρώπους με αποτέλεσμα να μπερδεύονται και έτσι να προκύπτουν λανθασμένες πληροφορίες.

Μία διαφορετική προσέγγιση για να μειωθεί η πολυπλοκότητα των εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων) είναι η ιδέα της διαίρεσης των δικτύων (πλεγμάτων) σε διαφορετικά συστατικά βασιζόμενοι στην ομαδοποίηση συσχετισμένων τυπικών χαρακτηριστικών (παρόμοια με την ιδέα των διαφόρων πλευρών – όψεων στην επιστημονική βιβλιοθήκη). Αυτές οι ομάδες τότε οπτικοποιούνται ως διαφορετικά δίκτυα (πλέγματα). Για ορισμένα χαρακτηριστικά των ομάδων, είναι δυνατόν να προβλέπεται η δομή των τυπικών χαρακτηριστικών χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα τυπικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, η δομή των δεδομένων που προέρχεται από μία έρευνα συχνά αναπαριστά διάφορες σειρές – βαθμίδες (π.χ. “συμφωνώ απόλυτα–agree strongly”, “agree - συμφωνώ”, “neutral - ουδέτερος”, “disagree - διαφωνώ”, “disagree strongly – διαφωνώ πάρα πολύ”).

Το πλέγμα για μία τέτοια σειρά μπορεί να σχεδιαστεί χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα πραγματικά αποτελέσματα από την έρευνα. Οι Ganter & Wille (1980) ονομάζουν

τέτοια δίκτυα (πλέγματα) “conceptual scales – εννοιολογικές κλίμακες”. Αφού σχεδιαστεί μία εννοιολογική κλίμακα, τα τυπικά αντικείμενα μπορούν να τοποθετηθούν στις θέσεις τους πάνω στην κλίμακα. Με αυτό τον τρόπο μία απλή κλίμακα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για διαφορετικά εννοιολογικά πλαίσια.

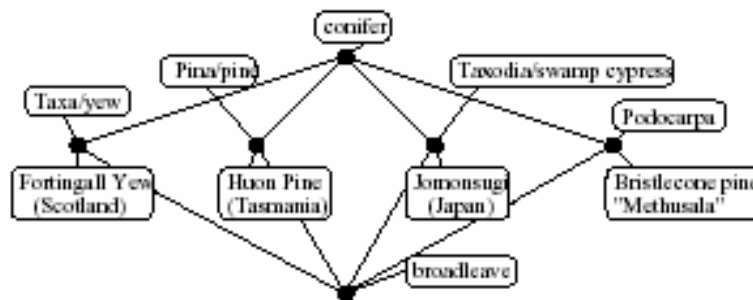
Στο ερευνητικό παράδειγμα η ίδια κλίμακα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικές έρευνες για να συγκρίνει τα αποτελέσματά τους. Σύμφωνα με τους Ganter & Wille (1989), οι τυπικές εννοιολογικές κλίμακες είναι ‘ονομαστικές κλίμακες’ – (nominal scales), ‘τακτικές κλίμακες’ – (ordinal scales) και ‘κλίμακες διαστήματος’ – (interval scales). Τα ονόματα αυτών των κλιμάκων υιοθετούνται από παραδοσιακές στατιστικές. Επιπλέον οι εννοιολογικές κλίμακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναλυθούν και να συγκριθούν τα χαρακτηριστικά μεταξύ τους κι έτσι να προκύψουν οι σχέσεις εξάρτησης μεταξύ αυτών.(Ganter & Wille (1989)).



Εικόνα 2.4 : Μία κλίμακα διαστήματος για τα γηραιότερα δέντρα του κόσμου. (Ganter and Wille, 1989)

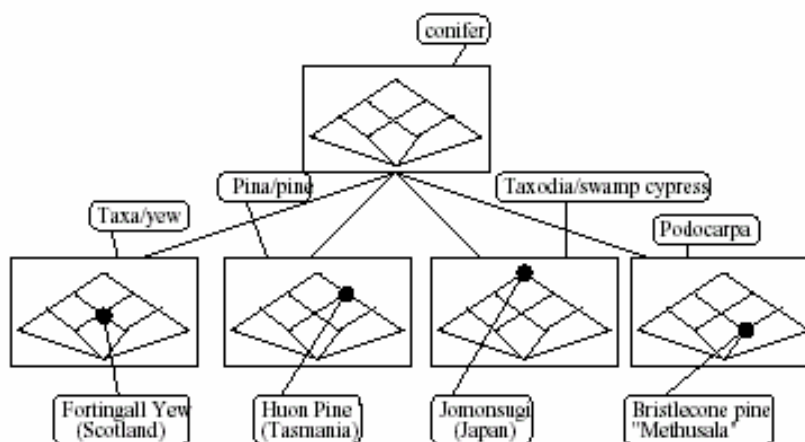
Μία ‘κλίμακα διαστήματος’ όπως φαίνεται στην εικόνα 2.4 είναι κατάλληλη για τυπικά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν μία γκάμα πιθανών τιμών. Σε αυτό το παράδειγμα, τα τυπικά αντικείμενα είναι τα δέντρα, τα οποία θεωρούνται ως τα αρχαιότερα δέντρα στον κόσμο σύμφωνα με πολλούς επιστήμονες.. Τα τυπικά χαρακτηριστικά περιγράφουν τις ηλικίες που ισχυρίζονται ότι έχουν. Για παράδειγμα, κάποιοι επιστήμονες ισχυρίζονται ότι το Jomonsugi δέντρο είναι 2000 χρόνια παλιό ενώ άλλοι πιστεύουν ότι είναι 7000 χρόνια γηραιότερο. Επομένως σε αυτό το δέντρο του εκχωρούνται τα τυπικά χαρακτηριστικά ‘τουλάχιστον 2000’ και ‘το περισσότερο 7000’. Η γκάμα τιμών για το νοτιοαμερικάνικο Methusala είναι ακόμα μικρότερη. Υποστηρίζεται συνήθως να είναι γύρω στα 4700 χρόνια γηραιότερο. Αφού το 4000

είναι μεγαλύτερο από το 2000, αυτό το δέντρο επίσης περιγράφεται από τα τυπικά χαρακτηριστικά ‘τουλάχιστον 2000’ και ‘τουλάχιστον 3000’ κι έτσι συνεχίζεται η ακολουθία, αλλά είναι πιο ακριβείς οι τιμές ‘τουλάχιστον 4000’ και ‘το περισσότερο 5000’. Όσο πιο χαμηλά σε μία κλίμακα διαστήματος βρίσκεται ένα τυπικό αντικείμενο τόσο πιο ακριβής είναι η γκάμα των τιμών.



Εικόνα 2.5. : Μία ονομαστική κλίμακα για τα γηραιότερα δέντρα του κόσμου. (Ganter & Wille, 1999)

Η εικόνα 2.5 δείχνει μία δεύτερη κλίμακα για το ίδιο σύνολο τυπικών αντικειμένων όπως στην εικόνα 2.4. Σε αυτή την περίπτωση τα τυπικά χαρακτηριστικά είναι οι βοτανικές ταξινομήσεις των δέντρων. Όλα τα δέντρα είναι κωνοφόρα, αλλά το καθένα ανήκει σε μία διαφορετική βοτανική οικογένεια. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, αυτό το είδος κλίμακας, το οποίο στην πραγματικότητα είναι απλά μία διαίρεση –των αντικειμένων σε διαφορετικές τάξεις, ονομάζεται ‘ονομαστική κλίμακα – nominal scale’. Διάφορες κλίμακες οι οποίες εφαρμόζονται στο ίδιο σύνολο αντικειμένων μπορούν να συνδυαστούν στα λεγόμενα φωλιασμένα διαγράμματα (nested line diagrams) (Ganter & Wille (1999 a).



Εικόνα 2.6. : Ένα φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα συνδυάζοντας τις εικόνες 2.4 και 2.5 (Ganter & Wille, 1999)

Τα φωλιασμένα διαγράμματα στην εικόνα 2.6 δείχνουν τις κλίμακες από τις εικόνες 2.4 και 2.5, συνδυασμένες (αν και με έναν απλοποιημένο τρόπο). Η κλίμακα διαστήματος χρησιμοποιείται σαν μία εσωτερική κλίμακα (inner scale), ενώ η ονομαστική κλίμακα χρησιμοποιείται ως μία εξωτερική κλίμακα (outer scale).

Τα φωλιασμένα διαγράμματα αλλά και οι εννοιολογικές κλίμακες χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά σε καταλόγους βιβλιοθηκών

2.4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Στη συγκεκριμένη υποενότητα θα αναλυθούν διάφορα παραδείγματα για να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα όσα έχουν αναφερθεί πιο πάνω (δηλαδή να κατανοηθούν οι ορισμοί αλλά και οι θεωρίες που χρησιμοποιήθηκαν στην Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών – FCA).

2.4.1. Έννοιες και τυπικές έννοιες (concepts and formal concepts)

Αρχικά γίνεται προσπάθεια να διαχωριστούν αλλά και να κατανοηθούν οι τυπικές έννοιες όπως π.χ. το *κυνήγι – λεία* (ζώων) (1^ο παράδειγμα). Αλλά ποια τελικά είναι η σημασία της έννοιας *λεία – κυνήγι*; Είναι φανερό ότι διαφορετικοί άνθρωποι χρησιμοποιούν την ίδια λέξη “*λεία - κυνήγι*” σε διαφορετικά εννοιολογικά πλαίσια. Εννοούν όμως το ίδιο πράγμα; Τι τελικά σημαίνει αυτή η λέξη και ποια είναι η τυπική της έννοια;

Από μία φιλοσοφική άποψη μία έννοια είναι μία μονάδα σκέψης αποτελούμενη από δύο μέρη, όπως έχει ήδη αναφερθεί πιο πάνω. Το ένα μέρος ονομάζεται έκταση - *extension* (δηλαδή το σύνολο των αντικειμένων) και το άλλο ένταση - *intension* (δηλαδή το σύνολο των χαρακτηριστικών).

Έτσι λοιπόν τα αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο μαζί με διάφορες σχέσεις όπως η ιεραρχική σχέση της υπερέννοιας – υποέννοιας μεταξύ εννοιών, οι σχέσεις (συνδέσεις) μεταξύ χαρακτηριστικών και οι σχέσεις επιπτώσεων, για παράδειγμα ‘ένα αντικείμενο έχει κάποιο χαρακτηριστικό’.

2.4.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1^ο : Οι έννοιες ενός εννοιολογικού πλαισίου.

Ένα εννοιολογικό πλαίσιο ζώων.

Ο πίνακας 2.7. που ακολουθεί περιγράφει τα χαρακτηριστικά κάποιων ζώων, τα οποία δηλώνονται με τα X που έχουν σχεδιαστεί μέσα στα κελιά του πίνακα. Ένα άδειο κελί μπορεί να δηλώνει ότι το αντίστοιχο ζώο δεν έχει το αντίστοιχο χαρακτηριστικό ή μπορεί να σημαίνει ότι δεν είναι γνωστό αν το συγκεκριμένο αντικείμενο έχει κάποιο χαρακτηριστικό ή όχι.

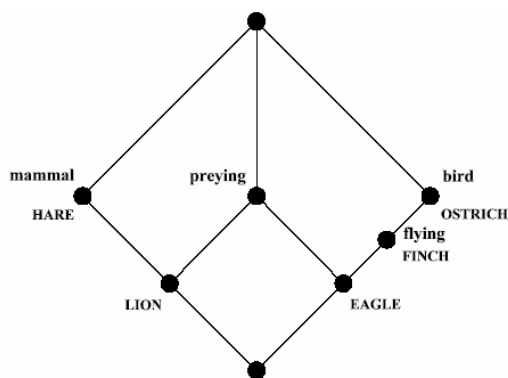
ANIMALS	preying	flying	bird	mammal
LION	X			X
FINCH		X	X	
EAGLE	X	X	X	
HARE				X
OSTRICH			X	

Πίνακας 2.7. : ο παραπάνω πίνακας περιγράφει χαρακτηριστικά κάποιων ζώων (Karl Erich Wolff, 1993)

Ένας τέτοιος πίνακας με X αναπαριστά έναν πολύ απλό και συχνά χρησιμοποιούμενο τύπο δεδομένων. Η μαθηματική δομή η οποία χρησιμοποιείται για να περιγράψει επίσημα αυτούς τους πίνακες ονομάζεται τυπικό πλαίσιο (ή πιο σύντομα απλά πλαίσιο). Για να γίνει κατανοητή η σημασία της τυπικής έννοιας ενός πλαισίου αρχικά δίνεται έμφαση στα χαρακτηριστικά του Σπίνου και έπειτα αναζητούνται όλα εκείνα τα ζώα τα οποία έχουν όλα τα χαρακτηριστικά του Σπίνου. Έτσι αποκτά κάποιος το σύνολο A το οποίο αποτελείται από τον Σπίνο και τον Αετό. Αυτό το σύνολο A των αντικειμένων συνδέεται στενά με το σύνολο B το οποίο αποτελείται από τα κοινά χαρακτηριστικά 'πέταγμα' και 'πουλί' : A είναι το σύνολο όλων των αντικειμένων έχοντας όλα τα χαρακτηριστικά B και B είναι το σύνολο όλων των χαρακτηριστικών τα οποία ισχύουν για όλα τα αντικείμενα του συνόλου A. Κάθε τέτοιο ζευγάρι (A, B) ονομάζεται τυπική έννοια (ή σύντομα έννοια) του δοσμένου πλαισίου. Κάποιος θα πρέπει να αναφέρει ότι η έκταση - extent μιας έννοιας καθορίζει την ένταση - intent αυτής την έννοιας, αλλά και το αντίστροφο, δηλαδή η ένταση - intent καθορίζει την έκταση - extent. Γι' αυτό το λόγο η ιδέα μιας τυπικής έννοιας περιέχει κάποιες επιπλέον πληροφορίες. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο αφού

κάποιος μπορεί να διαλέξει ποιο από τα δύο μέρη της έννοιας θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε μία συγκεκριμένη κατάσταση. Μεταξύ των εννοιών ενός δοσμένου πλαισίου υπάρχει μία φυσική ιεραρχική σειρά, η λεγόμενη σχέση υπερέννοιας – υποέννοιας. Για παράδειγμα η λεία των αποδημητικών πουλιών περιγράφει μία υποέννοια της έννοιας των αποδημητικών πουλιών. Η έκταση - extent αυτής της υποέννοιας αποτελείται μόνο από τον αετό, η ένταση - intent αποτελείται από τα τρία χαρακτηριστικά ‘λεία’, ‘πέταγμα’ και ‘πουλί’. Η έκταση - extent της δοσμένης υπερέννοιας αποτελείται από τον Σπίνο και τον Αετό, η ένταση - intent μόνο από το ‘πέταγμα’ και το ‘πουλί’. Γενικά μία έννοια C είναι υποέννοια μιας έννοιας D (και D ονομάζεται μία υπερέννοια του C) εάν η έκταση - extent του C είναι ένα υποσύνολο της έκτασης - extent του D (ή ισοδύναμα : εάν η ένταση - intent του C είναι μία υπερσύνολο της έντασης - intent του D).

Απλά όπως στο παράδειγμα του Σπίνου μπορεί να κατασκευαστεί για κάθε αντικείμενο g η δική του αντικειμενική έννοια (A, B) όπου B είναι το σύνολο όλων των χαρακτηριστικών του C και A είναι το σύνολο όλων των αντικειμένων που έχουν όλα τα χαρακτηριστικά του B, με τον ίδιο τρόπο κάθε χαρακτηριστικό m καθορίζει την χαρακτηριστική έννοια (C,D) όπου C είναι το σύνολο όλων των αντικειμένων του m και D είναι το σύνολο όλων των χαρακτηριστικών που ισχύουν για όλα τα αντικείμενα του C. Στο ακόλουθο γραμμικό διάγραμμα (διάγραμμα 2.8.) αναπαρίσταται η εννοιολογική ιεραρχία όλων των εννοιών του πλαισίου ΖΩΑ (ANIMALS).



Διάγραμμα 2.8. : Αναπαράσταση της εννοιολογικής ιεραρχίας όλων των εννοιών του πλαισίου ΖΩΑ (Karl Erich Wolff, 1993)

2.4.3. Πώς μπορεί κάποιος να διαβάσει ένα γραμμικό διάγραμμα.

Ένα γραμμικό διάγραμμα αποτελείται από κύκλους, γραμμές και τα ονόματα όλων των αντικειμένων και όλων των χαρακτηριστικών του δοσμένου πλαισίου. Οι κύκλοι

αναπαριστούν τις έννοιες και η πληροφορία του πλαισίου μπορεί να διαβαστεί από το γραμμικό διάγραμμα σύμφωνα με τον απλό κανόνα ανάγνωσης :

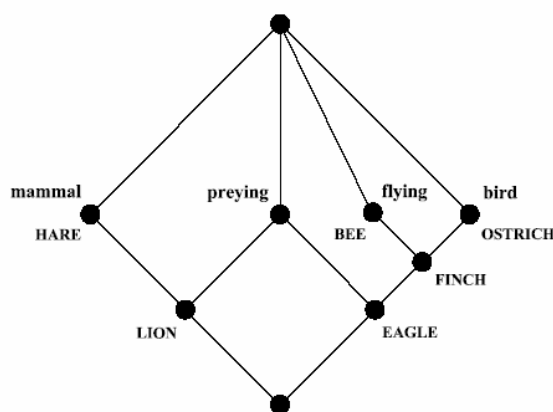
«Ένα αντικείμενο g έχει ένα χαρακτηριστικό m αν και μόνο αν υπάρχει ένα μονοπάτι με κατεύθυνση προς τα πάνω από τον κύκλο που χαρακτηρίζει το αντικείμενο “ g ” και προχωρώντας συναντά το χαρακτηριστικό με το όνομα “ m ”. Γι’ αυτό το λόγο αναγνωρίζουμε από το γραμμικό διάγραμμα παραπάνω ότι ο Σπίνος έχει ακριβώς τα χαρακτηριστικά ‘πέταγμα’ και ‘πουλί’» (Karl Erich Wolff, 1993)

Ως συνέπεια του κανόνα ανάγνωσης μπορεί εύκολα κάποιος να διαβάσει από το γραμμικό διάγραμμα την ένταση - intent και την έκταση - extent κάθε έννοιας συλλέγοντας όλα τα αντικείμενα παρακάτω και αντίστοιχα όλα τα χαρακτηριστικά πάνω από τον κύκλο της δοσμένης έννοιας. Έτσι η αντικειμενική έννοια ‘Σπίνος’ έχει ως έκταση - extent τις λέξεις Σπίνος και Αετός και ως ένταση - intent τις λέξεις ‘πέταγμα’ και ‘πουλί’. Η έκταση - extent της ανώτατης έννοιας είναι σχεδόν πάντα το σύνολο όλων των αντικειμένων ενώ η ένταση - intent αυτού δεν περιέχει κάποιο χαρακτηριστικό, όπως φαίνεται στο συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο. Αλλά σε άλλα εννοιολογικά πλαίσια μπορεί να συμβαίνει η ένταση - intent της ανώτατης έννοιας να μην είναι άδεια, π.χ. εάν προστεθεί στο δοσμένο πλαίσιο το χαρακτηριστικό ‘ζώο’ με τα X να βρίσκονται σε κάθε γραμμή, τότε η ανώτατη έννοια θα ήταν η χαρακτηριστική έννοια του ‘ζώου’ και η ένταση - intent της ανώτατης έννοιας θα περιείχε απλά το χαρακτηριστικό ‘ζώο’.

2.4.4. Εννοιολογική εκμάθηση – Conceptual Learning

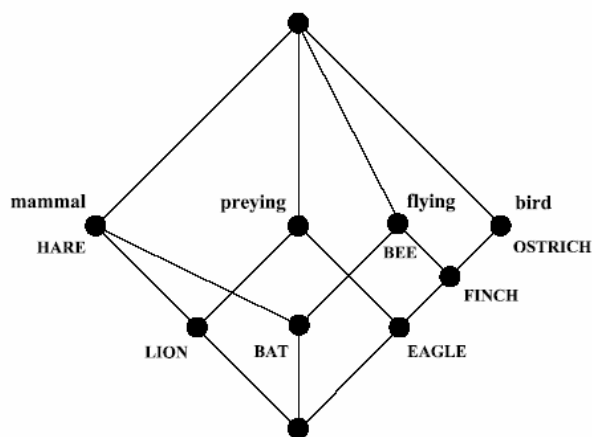
Για να μοντελοποιηθεί η εννοιολογική δομή μιας απλής κατάστασης απλά για εκμάθηση, ακολουθείται η εξής διαδικασία όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί : σύμφωνα με τον Robert Kent, ένας υιός μαθαίνει κάτι καινούριο από τον πατέρα του. Η γνώση αυτή που αποκομίζει ο γιος από τον πατέρα του μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα πλαίσιο U (ονομάζεται παγκόσμιο – universe) ενώ η πραγματική γνώση του γιου με ένα μερικό πλαίσιο K του U , π.χ. τα αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά του K είναι αντικείμενα και αντίστοιχα χαρακτηριστικά του U . Επιπλέον αν ένα αντικείμενο έχει ένα χαρακτηριστικό στο K τότε έχει αυτό το χαρακτηριστικό και στο U , γι’ αυτό υποτίθεται ότι ο γιος μαθαίνει χωρίς λάθη (σύμφωνα με τη γνώση του πατέρα).

Αν υποθεθεί τώρα ότι ο γιος ενδιαφέρεται μόνο για κάποια χαρακτηριστικά μεταξύ των αντικειμένων ζώα, έστω για τα δοσμένα τέσσερα χαρακτηριστικά, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι το πλαίσιο U έχει επίσης απλά αυτά τα χαρακτηριστικά. Αν όμως ο γιος έχει μάθει από τον πατέρα του το πλαίσιο ζώα, τότε αυτός συνειδητοποιεί ότι σε αυτό το μικρό πλαίσιο κάθε ζώο που πετάει είναι πουλί. Γι' αυτό ρωτάει τον πατέρα του εάν αυτό το συμπέρασμα που προκύπτει είναι επίσης έγκυρο και στο U. Ο πατέρας απαντά όχι και δίνει ένα παράδειγμα αντίθετο για να το κατανοήσει αυτό ο γιος του. Π.χ. μία μέλισσα έχει από τα τέσσερα δοσμένα χαρακτηριστικά του K μόνο το χαρακτηριστικό 'πέταγμα'. Η καινούρια γνώση του γιου αναπαρίσταται στο ακόλουθο διάγραμμα (διάγραμμα 2.9.):



Διάγραμμα 2.9.: Αναπαράσταση της καινούριας γνώσης του γιου (Karl Erich Wolff, 1993)

Σε αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο είναι δύσκολο να υπονοηθεί κάποιο χαρακτηριστικό από κάποιο άλλο. Επομένως τα τέσσερα χαρακτηριστικά είναι ανεξάρτητα. Όμως τα χαρακτηριστικά 'λεία και πουλί υπονοούν το πέταγμα', κάτι το οποίο ισχύει στο καινούριο πλαίσιο. Αυτό όμως που προέκυψε από τα παραπάνω ισχύει σε ολόκληρο τον πλανήτη; Ο πατέρας λέει 'ναι' (και μάλλον και ο αναγνώστης συμφωνεί σύμφωνα με τη δική του γνώμη). Αλλά ο έξυπνος γιος επίσης αναγνωρίζει στο πλαίσιο που δημιουργήθηκε ότι τα χαρακτηριστικά 'θηλαστικό και πέταγμα', μαζί, υπονοούν 'λεία και πουλί'. Είναι επίσης και αυτό έγκυρο σε ολόκληρο τον κόσμο; Ο πατέρας λέει 'όχι', δίνοντας ως αντίθετο παράδειγμα τη νυχτερίδα η οποία είναι ένα πετούμενο θηλαστικό που δεν συμπεριλαμβάνεται ούτε στα πτηνά αλλά ούτε και για λεία (preying animal). Η καινούρια γνώση του γιου αναπαρίσταται στο ακόλουθο γραμμικό διάγραμμα (διάγραμμα 2.10)



Διάγραμμα 2.10 : Γραμμικό διάγραμμα αναπαράστασης της καινούριας γνώσης του γιου. (Karl Erich Wolff, 1993)

Τώρα η κατάσταση έχει ως εξής : ο πατέρας βλέπει ότι το εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) του γιου του έχει την ίδια δομή όπως το δικό του εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) (με μαθηματικούς όρους και τα δύο δίκτυα - πλέγματα είναι ισομορφικά). Το εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) του U έχει πολύ περισσότερα αντικείμενα αλλά όλα είναι ρυθμιζόμενα στο σχέδιο του διαγράμματος 2.10. Για παράδειγμα η αντικειμενική έννοια της νυχτερίδας είναι η ίδια όπως αυτή της μέλισσας, η αντικειμενική έννοια του αλιγάτορα είναι η χαρακτηριστική έννοια της λείας και το χρυσόψαρο δεν έχει κανένα από τα χαρακτηριστικά, γι' αυτό το λόγο η αντικειμενική του έννοια είναι η ανώτατη έννοια. Τώρα ο γιος έχει φτάσει σε τέτοια κατάσταση γνώσης ώστε να κατανοεί την εννοιολογική δομή της γνώσης του πατέρα του. Π.χ. του δοσμένου σύμπαντος.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι κάποιος μπορεί με τα εννοιολογικά πλαίσια και τα εννοιολογικά δίκτυα - πλέγματα να κατανοήσει τον κόσμο γύρω του γνωρίζοντας τις συνδέσεις μεταξύ των εννοιών και αναπαριστώντας αυτές σε ένα γραμμικό διάγραμμα.

2.4.5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2^ο : Κλιμάκωση → ο μετασχηματισμός των δεδομένων μέσα στα εννοιολογικά πλαίσια (scaling : the transformation of data into contexts).

Τα δεδομένα συνήθως δίνονται σε έναν πίνακα με την ακόλουθη μορφή (πίνακα 2.11), όπως λέει και ο Karl Erich Wolff :

K₀	sex	age
ADAM	m	21
BETTY	f	50
CHRIS	/	66
DORA	f	88
EVA	f	17
FRED	m	/
GEORGE	m	90
HARRY	m	50

Πίνακας 2.11 (*Karl Erich Wolff, 1993*)

Αυτός ο πίνακας (πίνακας 2.11) θα μπορούσε να είναι ένα τμήμα ερωτηματολογίου. Συνήθως υπάρχουν κάποιες ελλειπείς τιμές στα στοιχεία, τα οποία φαίνονται στον πίνακα 2.12. με το συμβολισμό “/”. Έτσι το επόμενο βήμα είναι να μετασχηματιστεί αυτό το πολύτιμο πλαίσιο σε ένα τυπικό πλαίσιο. Ουσιαστικά γίνεται μία ομαδοποίηση :

K	sex		age				
	m	f	<18	<40	≤65	>65	≥80
ADAM	x			x	x		
BETTY		x			x		
CHRIS						x	
DORA		x				x	x
EVA		x	x	x	x		
FRED	x						
GEORGE	x					x	x
HARRY	x				x		

Πίνακας 2.12 (*Karl Erich Wolff, 1993*)

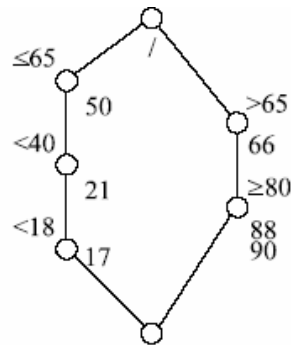
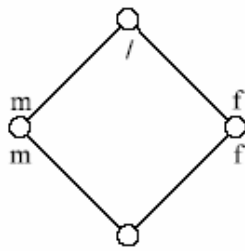
Αυτός ο μετασχηματισμός ταιριάζει πιο πολύ στην όψη και τη μορφή που επιθυμεί κάποιος να έχουν τα στοιχεία του. Στην έναρξη της εξερεύνησης και μελέτης των δεδομένων κάποιος θα πρέπει να επιλέξει μία πρόχειρη μορφή των δεδομένων για να έχει μία συνοπτική άποψη γι' αυτά. Αργότερα θα μπορεί να αποκαλύψει βήμα-βήμα οποιαδήποτε λεπτομέρεια δίνεται στα αρχικά στοιχεία. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα αρχικά φαίνονται οι τιμές της ηλικίας με έναν πρόχειρο τρόπο, χρησιμοποιώντας κάποια καινούρια χαρακτηριστικά (τα ονομαζόμενα χαρακτηριστικά κλίμακας) που δίνονται στη δεύτερη γραμμή του πίνακα 2.12 κάτω από την επικεφαλίδα ‘ηλικία – age’. Ο κανόνας πώς να μετασχηματίζονται δύο πολύτιμες στήλες σε στήλες ενός τυπικού πλαισίου δίνονται από τα ακόλουθα δύο τυπικά πλαίσια, που ονομάζονται κλίμακες :

S ₁	m	f
m	×	
f		×
/		

S ₂	<18	<40	≤65	>65	≥80
17	×	×	×		
21		×	×		
50			×		
66				×	
88				×	×
90				×	×
/					

Πίνακες 2.13 και 2.14 (Karl Erich Wolff, 1993)

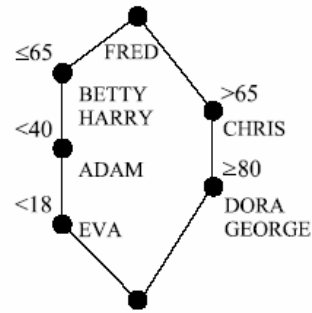
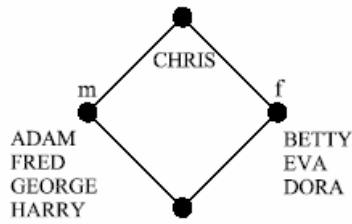
Αυτές οι κλίμακες αναπαριστούν τη γλώσσα περιγράφοντας την όψη που επιθυμεί κάποιος να έχουν τα δεδομένα του. Η έννοια των χαρακτηριστικών κλίμακας μπορεί να οπτικοποιηθεί με τα ακόλουθα γραμμικά διαγράμματα κλίμακας (διαγράμματα 2.15 και 2.16) :



Διάγραμμα 2.15 και 2.16 (Karl Erich Wolff, 1993)

Και στις δύο κλίμακες το σύμβολο “/” ως ένα αντικείμενο της κλίμακας δεν έχει κανένα χαρακτηριστικό κλίμακας, γι’ αυτό το λόγο η έννοια αντικείμενο είναι η ανώτατη έννοια. Το γραμμικό διάγραμμα της κλίμακας για την ηλικία δείχνει ότι τα χαρακτηριστικά αυτής της κλίμακας διαιρούν τις τιμές της ηλικίας σε δύο τάξεις, την τάξη των νέων και την τάξη των παλιών και κάθε τάξη ταξινομείται μέσω μιας αλυσίδας. Έτσι αυτή η κλίμακα ονομάζεται ημιταξινομημένη κλίμακα.

Εν συνεχεία θα παρουσιαστεί η δομή του κλιμακωτού πλαισίου του πίνακα 2.12. Πρώτα απ’ όλα φαίνεται ότι τα δύο υποπλαίσια ανοίγονται με τα κλιμακούμενα χαρακτηριστικά προς δύο κατευθύνσεις, αυτή της ηλικίας και αυτή του φύλλου. Τα αντίστοιχα εννοιολογικά δίκτυα - πλέγματα δίνονται στα ακόλουθα διαγράμματα :

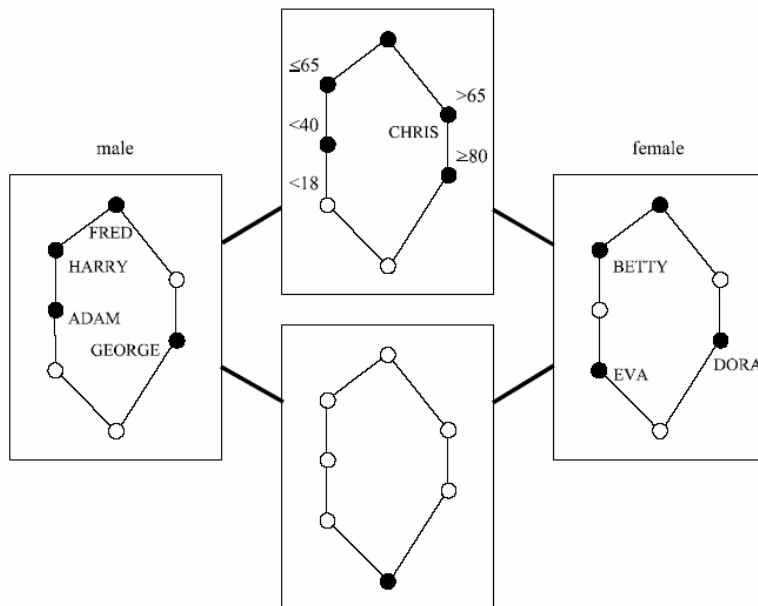


Διαγράμματα 2.17 και 2.18 (Karl Erich Wolff, 1993)

Αυτά τα διαγράμματα (διαγράμματα 2.17 και 2.18) μπορούν να προκύψουν από τα διαγράμματα κλίμακας (διαγράμματα 2.15 και 2.16) αντικαθιστώντας κάθε τιμή (π.χ. την τιμή της ηλικίας 50) με το σύνολο όλων των ανθρώπων που η ηλικία τους αντιστοιχεί σε αυτή την τιμή (π.χ. BETTY, HARRY). Αυτή η απλή κατηγορία δίνει για κάθε πολύτιμο χαρακτηριστικό τη διανομή των αντικειμένων στο γραμμικό διάγραμμα της επιλεγμένης κλίμακας. Τα πολύ γνωστά ιστογράμματα για μία μεταβλητή προκύπτουν ως ιδιαίτερες περιπτώσεις γραμμικών διαγραμμάτων. Συνήθως κάποιος ενδιαφέρεται για την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο ή περισσότερων πολύτιμων χαρακτηριστικών. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να οπτικοποιηθούν χρησιμοποιώντας τα φωλιασμένα γραμμικά διαγράμματα.

2.4.6. Ένα φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα – a nested line diagram

Το φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα – *nested line diagram* κατασκευάζεται από το διάγραμμα 2.17 και το διάγραμμα 2.18 με ένα απλό τρόπο: αυτό που μπορεί να ενδιαφέρει κάποιον είναι να δει για κάθε μία από τις έννοιες του διαγράμματος 2.17 πως οι άνθρωποι κατανέμονται στην ηλικιακή κλίμακα. Έτσι ανοίγει κάθε κύκλο του διαγράμματος 2.17 και εισάγει το γραμμικό διάγραμμα της κλίμακας ηλικιών.



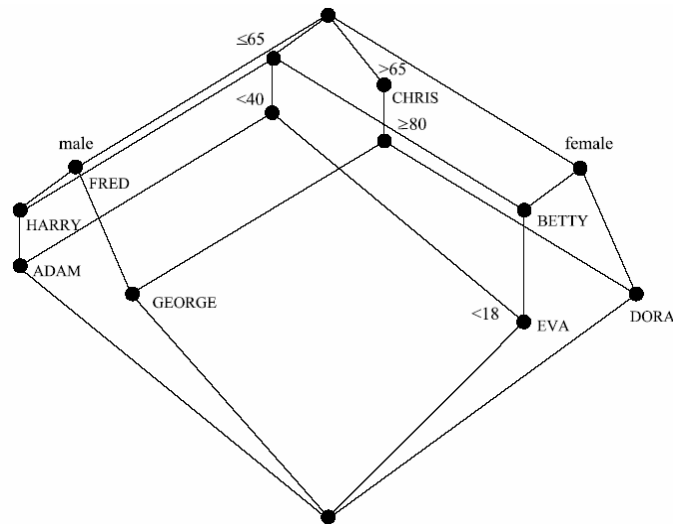
Διάγραμμα 2.19 : Απεικόνιση ενός φωλιασμένου γραμμικού διαγράμματος (Karl Erich Wolff, 1993)

Γι' αυτό το λόγο το παραπάνω διάγραμμα – διάγραμμα 2.19 αναπαριστά όλα τα ζευγάρια (c, d) των εννοιών c από το πρώτο δίκτυο - πλέγμα και όλες τις έννοιες d από το δεύτερο δίκτυο - πλέγμα. Αυτή η δομή ονομάζεται άμεσο προϊόν των δύο δοσμένων δικτύων - πλεγμάτων. Πως όμως μπορεί κάποιος να διαβάσει την εννοιολογική ιεραρχία σε ένα φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα ;

Μία απάντηση θα μπορούσε να είναι: “διαβάστε πρώτα στον πρώτο παράγοντα (το πρόχειρο γραμμικό διάγραμμα) και έπειτα στο δεύτερο”. (Karl Erich Wolff, 1993)

Παράδειγμα : Σύμφωνα με τον Karl Rich Wolff “η έννοια DORA, είναι μία υποέννοια της έννοιας CHRIS, αφού πρώτα απ’ όλα η πρόχειρη έννοια DORA, αυτό που λέμε ‘θηλυκό’, είναι μία υποέννοια της πρόχειρης έννοιας CHRIS, και δεύτερον η εκλεπτυσμένη έννοια DORA, δηλαδή ≥ 80 , είναι μία υποέννοια της εκλεπτυσμένης έννοιας CHRIS.” (Karl Erich Wolff, 1993)

Από το φωλιασμένο γραμμικό διάγραμμα μπορεί εύκολα να σχεδιαστεί ένα πολύ ωραίο και συνηθισμένο γραμμικό διάγραμμα του ίδιου πλαισίου (διάγραμμα 2.20).



Διάγραμμα 2.20 : Παράδειγμα φωλιασμένου γραμμικού διαγράμματος (Karl Erich Wolff, 1993)

Τα τελευταία δύο διαγράμματα δηλώνουν την γενική κατάσταση, ότι το εννοιολογικό δίκτυο - πλέγμα ενός πλαισίου κλίμακας μπορεί να τοποθετηθεί στο άμεσο προϊόν εννοιολογικών δικτύων - πλεγμάτων των κλιμάκων. Συνήθως το άμεσο προϊόν έχει κάποια στοιχεία τα οποία δεν βρίσκονται στο δίκτυο - πλέγμα. Αυτά τα στοιχεία δηλώνονται με άσπρους κύκλους στο διάγραμμα 2.19 κι έχουν την ίδια έννοια όπως τα άδεια κελιά σε τυχαίους πίνακες. Πράγματι όλοι οι τυχαίοι πίνακες μπορούν να αναπαρασταθούν ως ειδικά εννοιολογικά δίκτυα -πλέγματα.

Για να γίνει κατανοητή μία άλλη έννοια των άσπρων κύκλων παρατίθεται ένα άλλο παράδειγμα : από τον άσπρο κύκλο πάνω από τον κύκλο της αντικειμενικής έννοιας EVA υπονοείται το εξής: “κάθε γυναίκα μικρότερη από σαράντα είναι κάτω από δεκαοχτώ (σε αυτό το πλαίσιο)”. (Karl Erich Wolff, 1993)

Σε μεγαλύτερα εννοιολογικά δίκτυα - πλέγματα αυτοί οι υπαινιγμοί πλαισίων και τα συμπεράσματα στα οποία μπορεί να καταλήξει κάποιος δίνουν τη δυνατότητα να περιγραφούν περιοχές άδειων κελιών αρκετά εύκολα. Τελικά θα μπορούσε να αναφερθεί ότι η διαδικασία κλιμάκωσης, π.χ. ο μετασχηματισμός των δοσμένων στοιχείων – δεδομένων σε έναν πίνακα με X μπορεί να φαίνεται με πρώτη ματιά σαν μία γρήγορη και πρόχειρη περιγραφή των πρωτότυπων δεδομένων, αλλά αυτή είναι μία πραγματικά δυνατή μέθοδος για να αναπαρασταθούν τα δοσμένα δεδομένα σύμφωνα με πολλές διαφορετικές απόψεις, απλά στη γλώσσα του χρήστη. Είναι πολύ πιθανό να αναπαρασταθούν τα δεδομένα χωρίς οποιαδήποτε απώλεια πληροφορίας. Από το άμεσο προϊόν των εννοιολογικών δικτύων - πλεγμάτων των επιλεγμένων κλιμάκων προκύπτει ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την αναπαράσταση των

δεδομένων κάτω από αυτή την ιδέα. Ωστόσο αυτό το άμεσο προϊόν μπορεί να δηλωθεί ως χώρος αντίληψης της δοσμένης ιδέας.

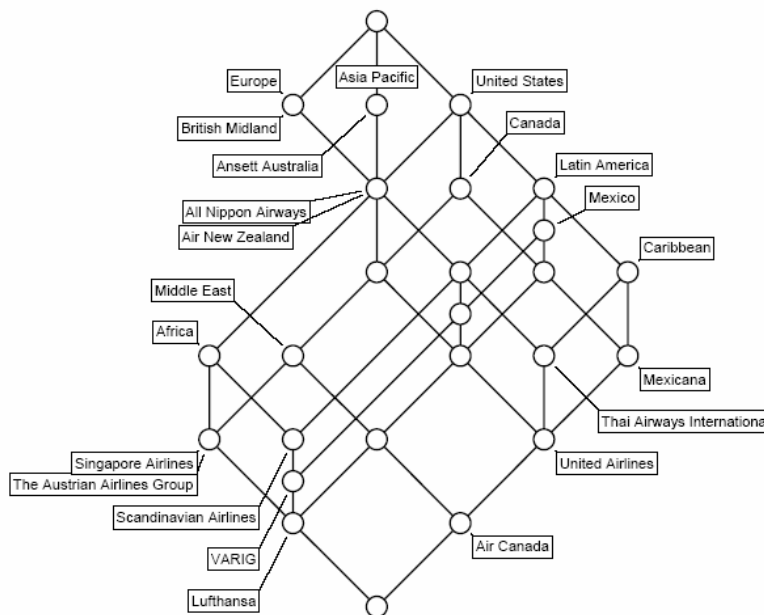
2.4.7. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3^ο : Παράδειγμα Ανάλυσης Τοπικών Εννοιών (FCA)

Ένα άλλο παράδειγμα του Bernhard Ganter, το οποίο αφορά την Θεωρία Ανάλυσης Τοπικών Εννοιών – FCA φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα (εικόνα 2.21) και δείχνει ένα τυπικό πλαίσιο όπου το σύνολο αντικειμένων G περιλαμβάνει όλες τις αερογραμμές της ομάδας Star Alliance και το σύνολο των χαρακτηριστικών M παραθέτει τους προορισμούς τους.

	Latin America	Europe	Canada	Asia Pacific	Middle East	Africa	Mexico	Caribbean	United States
Air Canada	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Air New Zealand		X		X					X
All Nippon Airways		X		X					X
Ansett Australia				X					X
The Austrian Airlines Group		X	X	X	X				X
British Midland		X							X
Lufthansa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mexicana	X		X				X	X	X
Scandinavian Airlines	X	X		X	X				X
Singapore Airlines		X	X	X	X				X
Thai Airways International	X	X	X	X				X	X
United Airlines	X	X	X				X	X	X
VARIG	X	X	X	X	X			X	X

Εικόνα 2.21: Παρουσίαση του Formal Context των αερογραμμών της ομάδας Star Alliances (Bernhard Ganter, 2002)

Η δυαδική σχέση I δίνεται από τον πίνακα με τα X και περιγράφει ποιοί προορισμοί εξυπηρετούνται και από ποιο μέλος του Star Alliances.



Εικόνα 2.22 : Αναπαράσταση του εννοιολογικού πλαισίου της εικόνας 2.21 (Bernhard Ganter, 2002)

Στην εικόνα 2.22 αναπαρίσταται το εννοιολογικό δίκτυο - πλέγμα του πλαισίου της εικόνας 2.21 από ένα γραμμικό διάγραμμα. Σε κάθε γραμμικό διάγραμμα, όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα, κάθε κόμβος αναπαριστά μία τυπική έννοια.

“Μία έννοια c_1 είναι μία υποέννοια της έννοιας c_2 αν και μόνο αν υπάρχει ένα μονοπάτι κατερχόμενων ακμών από τον κόμβο που αναπαριστά την έννοια c_2 στον κόμβο που αναπαριστά την έννοια c_1 . Το όνομα ενός αντικειμένου g πάντοτε προσκολλάται στον κόμβο που αναπαριστά την μικρότερη έννοια, με το g να βρίσκεται στη δική του έκταση - extent. Αντίστοιχα, το όνομα ενός χαρακτηριστικού m πάντοτε προσκολλάται στον κόμβο που αναπαριστά την μεγαλύτερη έννοια με το m να είναι στη δική του ένταση - intent”. (Bernhard Ganter, 2002)

Μπορεί επομένως να διαβάσει κάποιος την εννοιολογική σχέση από το διάγραμμα αφού ένα αντικείμενο g έχει ένα χαρακτηριστικό m αν και μόνο αν η έννοια που ονομάζεται με το g είναι μία υποέννοια αυτής που ονομάζουμε με το m . Η έκταση - extent μιας έννοιας αποτελείται από όλα τα αντικείμενα των οποίων οι ετικέτες προσκολλούνται σε υποέννοιες και αντίστοιχα η ένταση - intent αποτελείται από όλα τα χαρακτηριστικά που προσκολλούνται σε όλες τις υπερέννοιες. Για παράδειγμα, η έννοια που καλείται ‘Μέση Ανατολή – Middle East’ έχει ως έκταση - extent {Singapore Airlines, The Austrian Airlines Group, Lufthansa, Air Canada} και ως ένταση - intent {Middle East, Canada, United States, Europe, Asia Pacific}. Στο πάνω μέρος του διαγράμματος, φαίνονται οι προορισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα μέλη : Europe, Asia Pacific και United States. Για παράδειγμα, εκτός από την British Midland και την Ansett Australia όλες οι αερογραμμές εξυπηρετούν τα Ενωμένα Έθνη (United States). Αυτές οι δύο αερογραμμές τοποθετούνται στην κορυφή του διαγράμματος, καθώς εξυπηρετούν τους λιγότερους προορισμούς – λειτουργούν μόνο στην Ευρώπη και στην Asia Pacific, αντίστοιχα. Όσο πιο κάτω προχωρά κάποιος στο διάγραμμα, τόσο πιο σφαιρικά λειτουργούν οι αερογραμμές. Οι περισσότεροι προορισμοί εξυπηρετούνται από τις αερογραμμές που βρίσκονται στο κάτω μέρος του διαγράμματος : η Lufthansa (εκτελεί όλους τους προορισμούς εκτός από Caribbean) και ο Air Canada (εκτελεί όλους τους προορισμούς εκτός από Africa). Επίσης όσο πιο χαμηλά προχωρά κάποιος στο διάγραμμα, τόσο πιο λίγοι προορισμοί εκτελούνται. Για παράδειγμα Africa, Middle East και Caribbean εξυπηρετούνται από σχετικά λίγα μέλη του Star Alliance. Εξαρτήσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών μπορούν να περιγραφούν με συνεπαγωγές. Για $X, Y \subseteq M$, λέμε ότι

η συνεπαγωγή $X \rightarrow Y$ διατηρείται στο πλαίσιο, εάν κάθε αντικείμενο έχοντας όλα τα χαρακτηριστικά στο X επίσης έχει και όλα τα χαρακτηριστικά στο Y . Για παράδειγμα, η συνεπαγωγή $\{Europe, United States\} \rightarrow \{Asia Pacific\}$ διατηρείται στο πλαίσιο Star Alliance. Μπορεί να διαβαστεί άμεσα στο γραμμικό διάγραμμα : η μεγαλύτερη έννοια έχοντας και την 'Ευρώπη - Europe' και τα 'Ενωμένα έθνη - United States' στην ένταση - INTENT (π.χ. η έννοια διακρίνεται με τις ετικέτες από 'All Nippon Airways' και 'Air New Zealand') έχει επίσης την 'Asia Pacific' στην ένταση - INTENT. Παρόμοια κάποιος μπορεί να ανακαλύψει ότι οι προορισμοί 'Africa' και 'Canada' μαζί υπονοούν τον προορισμό 'Μέση Ανατολή - Middle East' (και επίσης τους 'Europe', 'Asia Pacific' και 'United States').

ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3. Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FCA) ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ

3.1. Εισαγωγή

Οι έννοιες είναι οι πιο βασικές μονάδες σκέψης γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα Τεχνητής Νοημοσύνης, στην αναπαράσταση της γνώσης (π.χ. σημασιολογικά διαδίκτυα, εννοιολογικούς γράφους, περιγραφές λογικής), καθώς επίσης και στη μηχανή εκμάθησης (εννοιολογική συλλογή, εννοιολογική εκμάθηση). Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθεί ο ρόλος της *Ανάλυσης Τοπικών Εννοιών (FCA)* στην ανάκτηση πληροφορίας καθώς επίσης και ο ρόλος των *οντολογιών* στην εννοιολογική γνώση. Η Ανάλυση Τοπικών Εννοιών (FCA) παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην διαδικασία ανάκτησης πληροφορίας γι' αυτό και πάρα πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με αυτό το θέμα από πολύ παλιά. Επιπλέον σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν οι οντολογίες και η Ανάλυση Τοπικών Εννοιών (FCA) και το πώς αυτές οι δύο προσεγγίσεις μπορούν να συμπληρώνουν η μία την άλλη από άποψη εφαρμογής, καθώς επίσης και το πώς η Ανάλυση Τοπικών εννοιών (FCA) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει την μηχανική οντολογία αλλά και να εκμεταλλευτεί τις οντολογίες στις διάφορες εφαρμογές της. Η συνεργασία μεταξύ Ανάλυσης Τοπικών εννοιών (FCA) και οντολογιών μπορεί να μελετηθεί κατά τη διάρκεια ζωής μιας οντολογίας :

1. Η Ανάλυση Τοπικών Εννοιών (FCA) μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο και να υποστηρίξει τη δόμηση μιας οντολογίας
2. Μία γνωστή οντολογία μπορεί να αναλυθεί σύμφωνα με τεχνικές Ανάλυσης Τοπικών Εννοιών (FCA)
3. και τέλος η οντολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει εφαρμογές Ανάλυσης Τοπικών Εννοιών (FCA).

3.2. Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Η χρήση των εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων) βοηθάει πάρα πολύ στην ανάκτηση πληροφορίας. Με αυτό το θέμα ασχολήθηκαν κατά καιρούς διάφοροι επιστήμονες και ερευνητές. Για παράδειγμα ο Salton (1968) και πολλοί άλλοι

ερεύνησαν τα έγγραφα που αφορούσαν τα δίκτυα (πλέγματα) μαζί με τις συνδυαστικές Boolean ερωτήσεις των συγκεκριμένων δικτύων (πλεγμάτων). Σύμφωνα όμως με τον Robert Kent καμία από αυτές τις προσπάθειες δεν κατέληξε σε κάποια πρακτική εφαρμογή και για πολύ καιρό το κυρίαρχο μαθηματικό μοντέλο ανάκτησης πληροφορίας ήταν το μοντέλο διανυσματικού χώρου, αποκλείοντας μία προσέγγιση δικτύου (πλέγματος). Το ενδιαφέρον για τα δίκτυα (πλέγματα) ανακτήθηκε πάλι από τον Godin et al (1989), ο οποίος ανέπτυξε ένα σύστημα ανάκτησης πληροφορίας βασιζόμενο σε κάποιο αρχείο /ορολογικό δίκτυο - πλέγμα. Το σύστημα αυτό βασίστηκε περισσότερο σε κείμενα χωρίς να διαθέτει κάποια γραφική αναπαράσταση των δικτύων (πλεγμάτων), λόγω των περιορισμών λογισμικού εκείνη την εποχή. Συζητήθηκαν και άλλες τεχνικές οι οποίες ήταν κατάλληλες για οπτικοποιήσεις. Η ομάδα του Godin συνέχισε τις εφαρμογές ανάκτησης πληροφορίας για κάποιο χρονικό διάστημα ακόμη. Έτσι λοιπόν οι συγκεκριμένοι ερευνητές συνέκριναν την ανάκτηση πληροφορίας η οποία βασιζόταν σε εννοιολογικά δίκτυα (πλέγματα) Boolean ερωτήσεων και στην πλοήγηση σε ιεραρχικές ταξινομήσεις (Godin et al. 1993a) και έβγαλαν το συμπέρασμα ότι η λειτουργία και ο τρόπος εκτέλεσης μεταξύ Boolean ερωτήσεων και πλοήγησης δικτύου (πλέγματος) ήταν παρόμοιες και αρκετά καλύτερες από τη χρήση της ιεραρχικής ταξινόμησης. Αργότερα το ενδιαφέρον τους άλλαξε και μετακινήθηκε στην ανάκτηση πληροφορίας συστατικών λογισμικού, τα οποία διαφέρουν από την ανάκτηση γενικής πληροφορίας διότι ο χώρος έρευνας είναι περιορισμένος από την επίσημη φύση των προγραμματιστικών γλωσσών. Ο Mili et al (1997) ανακάλυψε ότι η χρήση πολύπλευρων ταξινομήσεων δεν είναι αξιόσυστατη για λογισμικό ανάκτησης κάποιου συστατικού διότι το κόστος ανάπτυξης τέτοιων ταξινομήσεων ξεπερνούσε οποιοδήποτε όφελος. Επιπλέον σύμφωνα με αυτά, τα ελεγχόμενα λεξιλόγια (όπως χρησιμοποιούνται στις πολύπλευρες ταξινομήσεις) μπορεί να είναι αρκετά περιοριστικά σύμφωνα με διάφορες προγραμματιστικές γλώσσες. Ενώ αυτά τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ενδιαφέρον, θα πρέπει πιθανόν να μελετούνται με προφύλαξη διότι, τουλάχιστον στη δική μας γνώση, κανένας εκτός από την ομάδα του Godin δεν προσπάθησε να αντιγράψει οποιοδήποτε από αυτά τα πειράματα.

Η έρευνα των Carpineto & Romano (1993) επηρεάστηκε αρχικά από τη δουλειά του Godin αλλά μέχρι τότε είχε αναπτυχθεί ανεξάρτητα σε ένα υψηλό επίπεδο. Η μηχανή Credo (Carpineto & Romano, 2004b) διευκολύνει μία μετα-έρευνα των αποτελεσμάτων στη μηχανή αναζήτησης Google, στηριζόμενη σε δίκτυα (πλέγματα).

Γενικά μία μικρή αναφορά της δουλειάς τους και εφαρμογές Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) στην ανάκτηση πληροφορίας μπορεί να βρεθεί στον Carpineto & Romano (2004b). Αυτοί υποστηρίζουν ότι η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών - FCA μπορεί να εξυπηρετήσει τρεις σκοπούς στην ανάκτηση πληροφορίας :

2. Πρώτον, με την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών – FCA μπορούν να γίνονται λεπτομερείς ερωτήσεις (διαδικασία διύλισης). Λόγω του ότι ένα έγγραφο/όρος δικτύου (πλέγματος) δομεί έναν χώρο έρευνας σε ομάδες συσχετιζόμενων εγγράφων, τα δίκτυα (πλέγματα) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν προτάσεις για μεγέθυνση ερωτήσεων σε περιπτώσεις όπου πολύ λίγα έγγραφα ανακτούνται και για ελάττωση ερωτήσεων (διύλιση) σε περίπτωση όπου πάρα πολλά αρχεία ανακτούνται.
3. Δεύτερον, τα δίκτυα (πλέγματα) μπορούν να υποστηρίξουν ολοκλήρωση της διαδικασίας ερωτήσεων και πλοήγηση (ή φυλλομέτρηση – browsing). Μία αρχική ερώτηση καθορίζει έναν αρχικό κόμβο σε ένα έγγραφο/ δίκτυο - πλέγμα όρων. Οι χρήστες τότε μπορούν να πλοηγηθούν σε συσχετιζόμενους κόμβους. Επιπλέον ερωτήσεις χρησιμοποιούνται τότε για να περικόψουν ένα έγγραφο / δίκτυο - πλέγμα όρων ώστε να βοηθήσουν τους χρήστες να εστιάσουν την έρευνά τους (Carpineto & Romano, 1996a).
4. Τρίτον, μία ιεραρχία εγγράφων και όρων μπορεί να ολοκληρωθεί με ένα εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) – μία ιδέα η οποία συζητήθηκε ανεξάρτητα από διαφορετικούς ερευνητές π.χ. Carpineto & Romano (1996b), Skorsky (1997), Priss (1997) αλλά πιθανόν ακόμα να μην έχει επιλυθεί.

Εκτός από τον Credo, μία δεύτερη εφαρμογή FCA είναι το λογισμικό Mail – Sleuth (Eklund et al., 2004). Αυτό το λογισμικό αγοράστηκε από μία αυστραλέζικη εταιρεία και αποτελείται από το λογισμικό MS Outlook email, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χειριστεί μεγάλα email αρχεία. Η ανάπτυξη του συγκεκριμένου λογισμικού βασίστηκε σε προηγούμενες έρευνες που αφορούσαν την ανάκτηση πληροφορίας από ημι-δομημένα κείμενα (Cole & Eklund (2001) και Cole & Stumme (2000)).

Γενικά, το λογισμικό FCA εμφανίζεται να δείχνει μία υπόσχεση για εφαρμογές που αφορούν την ανάκτηση πληροφορίας, ωστόσο με κάποιους περιορισμούς. Ουσιαστικά η Ανάλυση Τυπικών εννοιών (FCA) δεν είναι κατάλληλη για να χειριστεί άμεσα μεγάλες πηγές δεδομένων. Είναι δύσκολο να τεθούν ακριβή πάνω όρια διότι αυτό εξαρτάται κάθε φορά από τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Επιπλέον επηρεάζεται τόσο από το μέγεθος των συνόλων *αντικειμένων* όσο και από το μέγεθος των συνόλων *χαρακτηριστικών*. Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) έχει εφαρμοστεί βέβαια σε χιλιάδες αρχεία και έγγραφα μιας μικρής βιβλιοθήκης (Rock & Wille, 2000). Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται σε πίνακες για την ανάκτηση πληροφορίας.

Σύμφωνα με τον Wille(1982) η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για την αναπαράσταση και την ανακάλυψη της γνώσης. Αρχικά ξεκίνησε σαν μία προσπάθεια για την αναδόμηση της θεωρίας του μαθηματικού δικτύου (πλέγματος), με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνει την επικοινωνία και την κατανόηση της μαθηματικής θεωρίας από ένα ευρύ κοινό (μαθηματικό και μη μαθηματικό), καθώς επίσης και την εκμετάλλευση της μαθηματικής θεωρίας από μία μεγάλη γκάμα εφαρμογών.

Τα εννοιολογικά δίκτυα (πλέγματα) στην Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) χρησιμοποιούνται ως μέσα για επικοινωνία, εξερεύνηση και συζήτηση. Διευκολύνουν πάρα πολύ τη συζήτηση και αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αντίληψη και την κατανόηση κάποιων θεμάτων. Άλλωστε όπως φαίνεται και από τις επιστήμες των μαθηματικών, της φυσικής και γενικότερα τις θετικές επιστήμες, η χρήση των διαγραμμάτων και των εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων) απλοποιεί και οπτικοποιεί τις θεωρίες κι έτσι γίνονται κατανοητές από ένα ευρύ κοινό (δηλαδή ακόμα και από άτομα τα οποία δεν έχουν καμία σχέση με τους συγκεκριμένους τομείς). Αποτελούν ουσιαστικά ένα μέσο αναπαράστασης της γνώσης και συντελούν σε μία γρήγορη, έξυπνη και σαφή εξήγηση. Αυτό με τη σειρά του βοηθάει στο να γίνει ένας ικανός υπολογισμός και να προκύψει μία κατανοητή πληροφορία.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι διαδικασίες που εμπλέκονται για να δημιουργήσουν μία εννοιολογική αναπαράσταση, με τη βοήθεια της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) ενθαρρύνει την ανακάλυψη υπονοούμενης πληροφορίας και διευκολύνει τη διαδικασία μετατροπής της πληροφορίας σε γνώση.

3.3. ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FCA)

“Η ‘οντολογία’ αρχικά θεωρήθηκε ως μία φιλοσοφική αρχή η οποία διαχειρίζεται τις πιθανότητες και τις συνθήκες ύπαρξης. Όπως αναλύεται λεπτομερώς και στο κεφάλαιο τέσσερα (βλέπε παράγραφο 4.2) στην επιστήμη των υπολογιστών, οι ‘οντολογίες’ έχουν εισαχθεί εδώ και μία δεκαετία ως μέσο για τυπική αναπαράσταση της γνώσης και χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν διάφορες έννοιες καθώς και τις σχέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών. Με μία πρώτη ματιά λοιπόν φαίνεται ότι η χρήση του όρου ‘οντολογία’ διαφέρει αρκετά στη φιλοσοφία και στην επιστήμη των υπολογιστών”. (*Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003*)

Οι οντολογίες έχουν την οντολογική κατάσταση ενός μοντέλου και βασικός στόχος τους είναι να μοντελοποιούν την αντίληψη της πραγματικότητας, όπως αυτή κατανοείται από ορισμένα άτομα, με σκοπό να υποστηρίξουν εφαρμογές που σχετίζονται με τη γνώση. Από την άλλη μεριά η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) παίζει ένα διαφορετικό ρόλο. Τα εννοιολογικά δίκτυα (πλέγματα) δεν κατανοούνται ως μοντελοποίηση κάποιου τμήματος της πραγματικότητας, αλλά μάλλον ως ένα τεχνητό κατασκεύασμα το οποίο μάλιστα προέρχεται από κάποιο σύνολο δεδομένων, και το οποίο έχει σκοπό να υποστηρίξει την ανάλυση και τη δόμηση του τμήματος βασιζόμενο στα δοσμένα στοιχεία. Ενώ οι οντολογίες μπορούν να ιδρυθούν χωρίς κάποια δοσμένα στοιχεία, ωστόσο η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) στηρίζεται πάντοτε σε κάποιο σύνολο αντικειμένων. Έτσι λοιπόν οι πλευρές ‘extensional’ και ‘intentional’ στην Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι ισοδύναμα σημαντικές, ενώ οι οντολογίες θα λέγαμε ότι εστιάζουν στο τμήμα ‘intentional’.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) και οντολογιών ίσως να έχει δύο διευθύνσεις. Από τη μία μεριά, η FCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία τεχνική μηχανικής οντολογίας, ενώ από την άλλη υποστηρίζει την δόμηση κάποιων δοσμένων στοιχείων μέσω εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για να εξάγουν, από ένα δοσμένο σύνολο στοιχείων, μία εννοιολογική ιεραρχία, ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απεικόνιση της οντολογίας. Και για τις δύο πλευρές υπάρχουν βασικά δύο τρόποι πως μπορούν να συνδυαστούν οι έννοιες και οι ιδέες της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) και των οντολογιών. Ο πιο φανερός τρόπος, από θεωρητική άποψη, είναι να καθορίσουμε τις οντολογικές έννοιες με τυπικές από την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA). Σε πολλές εφαρμογές, ωστόσο, αποδεικνύεται ότι το κανονικό ταίριασμα είναι μεταξύ οντολογικών εννοιών και χαρακτηριστικών FCA. Ενώ η θεωρία Ανάλυσης Τυπικών

Εννοιών (FCA) προϋποθέτει να υπάρχει διάκριση μεταξύ εννοιών και χαρακτηριστικών, αυτή η διάκριση δεν είναι τόσο δυνατή στον κόσμο των οντολογιών. Για την δόμηση λοιπόν εννοιών, κάποιος χρειάζεται άλλες έννοιες, οι οποίες παίζουν τότε το ρόλο των χαρακτηριστικών. Στην πραγματικότητα η απόφαση του αν κάτι πρέπει να μοντελοποιηθεί ως χαρακτηριστικό ή ως μία έννοια, είναι μία συζήτηση η οποία πάντοτε προκύπτει στην μηχανική οντολογία. Είναι ωστόσο ένα ενδιαφέρον θέμα συζήτησης, πως ο δυαδικός ρόλος των χαρακτηριστικών και των εννοιών μπορεί να συσσωματωθεί στην FCA θεωρία.

Από την άλλη μεριά, οι οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν τις FCA εφαρμογές. Στην Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA), το σύνολο των χαρακτηριστικών δεν μεταφέρει οποιαδήποτε δομή. Θεωρώντας αυτό το σύνολο ως ένα σύνολο οντολογικών εννοιών, μπορούμε να μοντελοποιήσουμε σχέσεις και εξαρτήσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών. Αν και αυτό δεν αυξάνει την πολυπλοκότητα των δικτύων (πλεγμάτων) στα οποία καταλήγουμε εμπλουτίζει παρόλα αυτά την εννοιολογική δομή και παρέχει καινούρια μέσα αλληλεπίδρασης και ανάλυσης.

Τελικά ο συνδυασμός FCA και εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων) στοχεύει σε μία ενοποιημένη θεωρία για το σχηματισμό μιας παραδοσιακής λογικής η οποία θα βασίζεται στην τριάδα : *έννοια (concept) – κρίση (Judgment) – συμπέρασμα (conclusion)*.

3.4. ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (FCA).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μία οντολογία είναι μία σαφής ειδίκευση μιας εννοιολόγησης (σκέψης – ιδέας). Ωστόσο, στην πραγματικότητα οι περισσότερες εννοιολογήσεις δεν γίνονται σαφείς αλλά μάλλον υπονοούνται σε διάφορα έγγραφα, υπάρχουν μέσα στα κεφάλια των ανθρώπων ή ακόμα και στις πράξεις που διεξάγονται από τους ανθρώπους. Από αυτή την άποψη, μία μεγάλη πρόκληση είναι να εξωτερικευθεί η γνώση που υπάρχει σε αυτές τις πηγές και να παρουσιαστεί σαν μία οντολογία. Επιπλέον δεν θα πρέπει να θεωρείται από κανέναν ότι μπορεί να υπάρχει μία μοναδική και πλήρης οντολογία για ένα δοσμένο τομέα ενδιαφέροντος. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλές και διαφορετικές απόψεις πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα ή κάποιο τομέα, οι οποίες συνυπάρχουν η κάθε μία με το δικό της επίπεδο λεπτομέρειας, συμπληρωματικότητας και με τη δική τους επικέντρωση στο

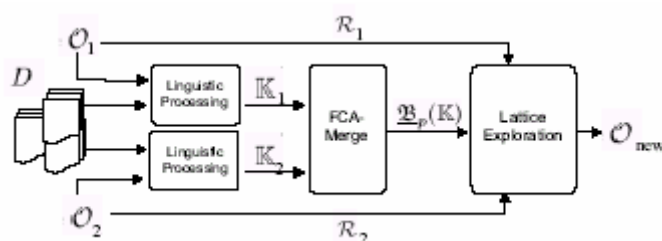
θέμα. Έτσι, ένα πολύ σημαντικό θέμα είναι να γίνει συνδυασμός όλων των διαφορετικών ιδεών για ένα συγκεκριμένο θέμα και να αναδειχθούν οι πιο σημαντικές οντολογίες που θα βοηθήσουν στην ανάκτηση ουσιαστικής πληροφορίας. Δύο πολύ σημαντικά ζητήματα που θα αναλυθούν πιο κάτω είναι:

1. η σύζευξη υπαρχόντων οντολογιών
2. κι ο ρόλος της Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών στην εξωτερικευση γνώσης από κάποιο κείμενο

3.4.1. Οντολογική Συγχώνευση

Η διαδικασία της οντολογικής συγχώνευσης παίρνει ως στοιχεία εισόδου δύο ή περισσότερες οντολογίες – πηγές και επιστρέφει πίσω μία συγχωνευμένη οντολογία βασισμένη στις δοσμένες οντολογίες – πηγές. Για να προκύψουν υψηλής ποιότητας αποτελέσματα από την διαδικασία συγχώνευσης, πάντοτε θα χρειάζονται έναν άνθρωπο να εμπλέκεται, ο οποίος θα μπορεί να κάνει κρίσεις που θα βασίζονται σε παλιές γνώσεις, κοινωνικές εφευρέσεις και σκοπούς. Έτσι όλες οι συγχωνευμένες προσεγγίσεις στοχεύουν στην υποστήριξη της μηχανικής γνώσης και όχι στην αντικατάσταση του ανθρώπου.

Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται μία τέτοια μέθοδος συγχώνευσης οντολογίας η οποία ονομάζεται μέθοδος FCA – MERGE και ακολουθεί μία προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω (Bottom – Up). Έτσι τελικά αυτό που προκύπτει είναι μία συγχωνευμένη οντολογία.



Εικόνα 3.1 :FCA – MERGE approach (Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

3.4.2. Οντολογική εκμάθηση από κείμενο

Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η προφορική επικοινωνία ή κατανόηση κάποιου κειμένου προϋποθέτει με κάποιο τρόπο κοινή θεμελίωση αλλά και κοινό λεξιλογικό υπόβαθρο μεταξύ επικοινωνιακών ομάδων ή μεταξύ συγγραφέα και αναγνώστη ενός κειμένου. Ωστόσο, αυτή η κοινή θεμελίωση – λεξιλογικό υπόβαθρο δεν είναι τυπικά

σαφής σε μία συζήτηση ή στο ίδιο το κείμενο. Ο Brewster για παράδειγμα υποστηρίζει ότι η γραφή κάποιου κειμένου αλλά και η ανάγνωση του είναι στην πραγματικότητα μία διαδικασία διατήρησης της παλιάς γνώσης, από την άποψη ότι ο βασικός τομέας γνώσης υποτίθεται ότι αποτελεί το σχετικό κομμάτι της γνώσης και είναι το θέμα του άρθρου το οποίο αναφέρεται με έναν περισσότερο ή λιγότερο σαφή τρόπο. Στην πραγματικότητα, η γνώση μπορεί να βρεθεί στα κείμενα σε διαφορετικά επίπεδα σαφήνειας, εξαρτώμενη από το είδος του κειμένου. Τα μικρά βιβλία χειρός, τα κείμενα ή τα λεξικά για παράδειγμα, περιέχουν σαφή γνώση με τη μορφή ορισμών όπως ‘μία τίγρης είναι θηλαστικό’ ή ‘θηλαστικά όπως οι τίγρεις, λιοντάρια ή ελέφαντες’. Στην πραγματικότητα κάποιοι ερευνητές έχουν εκμεταλλευτεί τέτοια κανονικά σχέδια για να ανακαλύψουν σχέσεις ταξινόμησης ή ονομαστικές σχέσεις στα κείμενα. Ωστόσο φαίνεται ότι όσο πιο τεχνικό και ειδικευμένο ένα κείμενο είναι, τόσο λιγότερη βασική γνώση μπορεί να βρει κάποιος σε αυτό η οποία να δηλώνεται με σαφή τρόπο. Έτσι μπορεί να προκύψει γνώση από κείμενα αναλύοντας πόσο βέβαιοι όροι χρησιμοποιούνται, παρά να ψάχνουμε για σαφείς ορισμούς αυτών. Τα ρήματα για παράδειγμα δίνουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση στην οποία ορισμένα αντικείμενα βρίσκονται ή σχετικά με τις ενέργειες που διεξάγονται από αυτά.

Όπως ανέφεραν και στις έρευνές τους οι Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme και Julien Tane, έστω ότι κάποιος ενδιαφέρεται για την εξαγωγή κάποιου είδους εννοιολόγησης στον τομέα του τουρισμού αναλύοντας κείμενα σχετικά με αυτό το θέμα. Βλέποντας τα ρήματα καθώς επίσης και τα άμεσα αντικείμενα θα μπορούσε, για παράδειγμα, να δημιουργηθεί ένα τυπικό πλαίσιο όπως απεικονίζεται στον πίνακα 3.2.

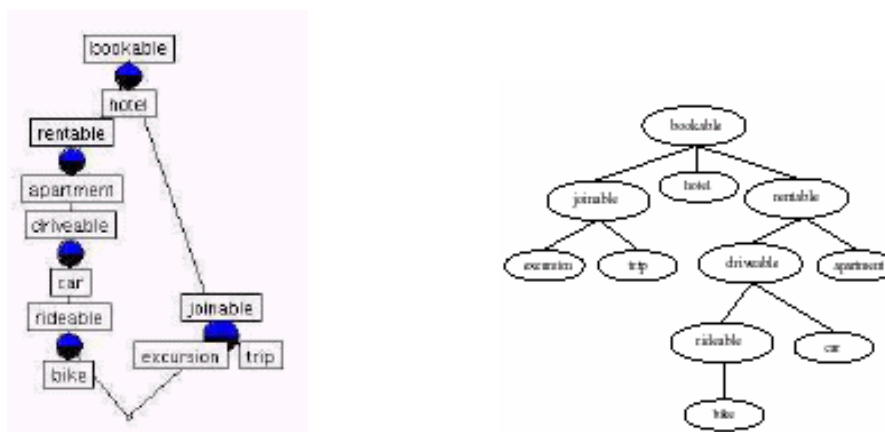
	bookable	rentable	driveable	rideable	joinable
hotel	x				
apartment	x	x			
car	x	x	x		
bike	x	x	x	x	
excursion	x				x
trip	x				x

Πίνακας 3.2 : Σχέσεις αντικειμένων – ρημάτων ως formal context. (Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

Εάν τώρα υποτεθεί ότι οι σχέσεις στον πίνακα 3.2 είναι λίγο πολύ πλήρεις από την άποψη ότι υπάρχουν σ’ έναν ‘κλειστό κόσμο’, θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν τα

αντικείμενα σε τάξεις ή ακόμα και σε μία εννοιολογική ιεραρχία αναλύοντας τα γλωσσολογικά πλαίσια.

Το εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) του τυπικού πλαισίου του πίνακα 3.2 απεικονίζεται στην εικόνα 3.3. Μπορεί να μετασχηματιστεί σε μερική σειρά όπως φαίνεται στην ίδια εικόνα με έναν ευθύ τρόπο απομακρύνοντας το κατώτατο στοιχείο, εισάγοντας μία οντολογική έννοια για κάθε τυπική έννοια (ονομαζόμενη με το *intent*) και εισάγοντας μία υποέννοια για κάθε στοιχείο στα ενδεχόμενα της τυπικής έννοιας υπό αμφισβήτηση.



Εικόνα 3.3 : Εννοιολογικό δίκτυο του τυπικού πλαισίου του πίνακα 3.2 (Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

Έτσι λοιπόν από ένα κείμενο μπορεί να δημιουργηθεί ένα εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) το οποίο είναι αρκετά κατανοητό και από το οποίο μπορεί να προκύψει σημαντική πληροφορία χωρίς να απαιτείται το διάβασμα ολόκληρου του κειμένου. Στο παραπάνω παράδειγμα έγινε κανονικοποίηση των ρημάτων του κειμένου και των αντικειμένων με τη βοήθεια ενός λεξικού. Έτσι λοιπόν, σύμφωνα με τους Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme και Julien Tane το ρήμα *bought / buys* μετασχηματίζεται στο απαρέμφατο *buy* και το ουσιαστικό *hotels* στον ενικό τύπο *hotel*. Επιπλέον προστέθηκε η κατάληξη – *able* στα ρήματα για να φαίνονται περισσότερο με χαρακτηριστικά και να διευκολυνθεί έτσι η ανθρώπινη κατανόηση των αυτόματα παραγόμενων πλεγμάτων και εννοιολογικών ιεραρχιών.

3.5. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ FCA

Ένα από τα κριτήρια που έκανε την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) επιτυχημένη είναι το γεγονός ότι μόνο απλές μαθηματικές έννοιες απαιτούνται – η πιο απλή από αυτές είναι η δυαδική σχέση μεταξύ δύο συνόλων. Προς έκπληξη πολλών ανθρώπων

αρκετές εφαρμογές ωφελήθηκαν από την FCA απλώς με αυτή τη βασική μορφή. Ωστόσο υπήρχαν επίσης πολλές εφαρμογές οι οποίες έδειξαν την ανάγκη μιας πιο εκφραστικής αναπαράστασης της γνώσης. Η πρόκληση για έρευνα στην FCA ήταν (και ακόμα είναι) να φέρει μαζί αυτά τα πιο περίπλοκα είδη αναπαράστασης της γνώσης, με την γοητεία της φυσικής εμφάνισης ενός εννοιολογικού δικτύου (πλέγματος). Στην επόμενη υποενότητα, θα συζητηθεί ένας τρόπος πώς μπορεί να εξαχθεί ένα εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) της γνώσης αναπαριστώμενο με μία περιγραφική λογική.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα στις εφαρμογές Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι το μέγεθος των εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων). Στην χειρότερη περίπτωση το μέγεθος τους είναι εκθετικό του μεγέθους του τυπικού πλαισίου. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι για διαχείριση και δόμηση μεγάλων εννοιολογικών ιεραρχιών αλλά και για οπτικοποίηση (τμημάτων τους). Αυτά περιλαμβάνουν για παράδειγμα εννοιολογική κλίμακα, τοπική κλίμακα και εννοιολογικά δίκτυα (πλέγματα).

3.5.1. Καθορισμός των FCA χαρακτηριστικών με περιγραφή Λογικής.

Η πιο γνωστή προσέγγιση για την δημιουργία ενός εννοιολογικού δικτύου (πλέγματος) από ένα σύνολο δεδομένων το οποίο είναι κάτι πολύ περισσότερο από μία απλή δυαδική σχέση, είναι η εννοιολογική κλίμακα. Σύμφωνα με αυτήν μπορούν να παραχθούν μοναδικά χαρακτηριστικά από κάποια άλλα με πολλές τιμές, τα οποία τότε αποτελούν τα στοιχεία εισόδου για τον υπολογισμό του δικτύου (πλέγματος). Ωστόσο η εννοιολογική κλίμακα ακόμα θεωρεί ότι τα δεδομένα παρουσιάζονται με μία σχέση (βάσης δεδομένων) έτσι ώστε το όνομα του αντικειμένου να είναι το αρχικό κλειδί. Η εννοιολογική κλίμακα δεν είναι έτσι ικανή να αντιμετωπίζει περισσότερες από μία σχέσεις. Στην FCA το πρόβλημα των πολλαπλών σχέσεων έχει κωδικοποιηθεί στον ορισμό των (πολυτόμων) πολυπλαισίων. Όμως μία θεωρία ανάλογη με την εννοιολογική κλίμακα, η οποία να επιτρέπει τον μετασχηματισμό ενός πολυπλαισίου σε μία κατανοητή δομή εννοιολογικών δικτύων (πλεγμάτων) δεν έχει δουλέψει πλήρως μέχρι στιγμής.

Ωστόσο, τα πρώτα βήματα σε αυτή την κατεύθυνση έχουν γίνει. Ένα από αυτά είναι η *λογική κλίμακα*.

Για την καλύτερη κατανόηση και με στόχο να απεικονιστεί αυτή η προσέγγιση, θα αναφερθεί ένα μικρό παράδειγμα, το οποίο ανέπτυξαν οι *Philipp Cimiano, Andreas*

Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane : Έστω ότι υπάρχει η βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από τις δύο σχέσεις που φαίνονται στο πάνω μισό της εικόνας 3.5.”(Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

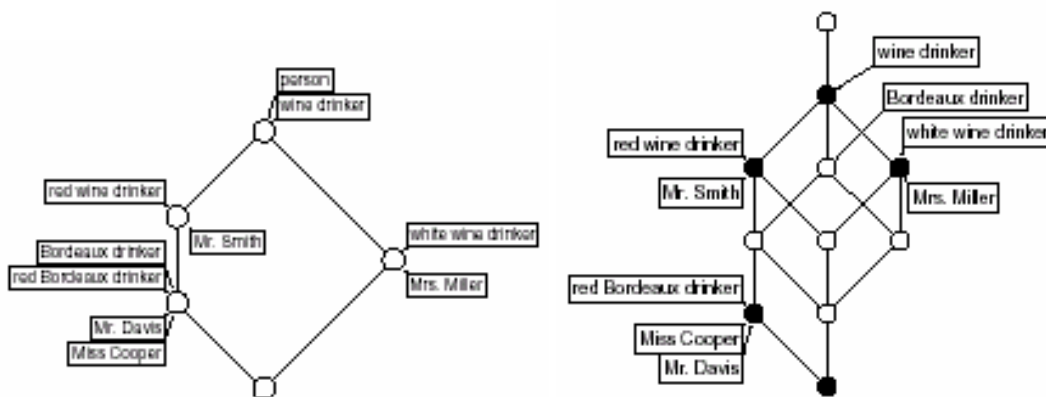
drinks	
Person	Wine
Mr. Smith	Casa Solar
Mrs. Miller	Staehe
Miss Cooper	Figeac
Mr. Davis	Figeac
Mr. Davis	Casa Solar

Wines				
	red wine	white wine	Bordeaux	Price
Figeac	×	×		49,90
Staehe		×		14,90
Casa Solar	×			5,95

wine drinker	:= person Π \exists drinks.(red wine \sqcup white wine)
red wine drinker	:= person Π \exists drinks.red wine
white wine drinker	:= person Π \exists drinks.white wine
Bordeaux drinker	:= person Π \exists drinks.Bordeaux
red Bordeaux drinker	:= person Π \exists drinks.(red wine Π Bordeaux)

Εικόνα 3.5 : Απεικόνιση ενός πολυότιμου πολυπλαισίου (στο πάνω μέρος) και ορισμός λογικής κλίμακας (στο κάτω τμήμα).(Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

Με όρους FCA είναι ένα πολυότιμο πολυπλαίσιο, με όρους λογικής περιγραφής (Description Logics-DL) είναι ένα A-Box (ένα κουτί A, όπως οι δύο πρώτοι πίνακες στην εικόνα 3.5). Υποτίθεται ότι κάποιος θέλει να ταξινομήσει το άτομο σύμφωνα με την ποιότητα του κρασιού που καταναλώνει. Με το σύνολο των ορισμών που φαίνεται στο χαμηλότερο τμήμα της εικόνας 3.5 (T-Box στην ερμηνεία DL), μπορεί κάποιος να ορίσει τυπικά προφίλ των οπαδών του κρασιού. Αυτοί οι ορισμοί αποδίδουν δύο πιθανές κλίμακες : την οδηγούμενη από τα δεδομένα (data-driven) και την θεωρητική λογική κλίμακα (theory – driven logical scale).



Εικόνα 3.6 : οι κλίμακες που προκύπτουν από τα στοιχεία (αριστερά) και οι θεωρητικές κλίμακες. (Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

Η κατανοητή κλίμακα που προκύπτει από τα στοιχεία (δεδομένα) του παραδείγματός μας φαίνεται στα αριστερά της εικόνα 3.6. Προέρχεται από τη βάση δεδομένων περιορίζοντας το σύνολο των στιγμιότυπων σε εκείνα της έννοιας ‘άτομο – person’ και παίρνοντας όλες τις καθορισμένες έννοιες του T-Box ως χαρακτηριστικά. Από το διάγραμμα, κάποιος μπορεί για παράδειγμα να διαβάσει ότι όλα τα άτομα που καταναλώνουν μπουρντό ποτά πίνουν επίσης και το κόκκινο κρασί. Ωστόσο δεν είναι φανερό από το διάγραμμα αν αυτή η δήλωση διατηρείται για όλα τα πιθανά αντικείμενα (π.χ. εάν ενδυναμώνεται από τους ορισμούς στο T-Box) ή εάν είναι απλά μία σύμπτωση, διότι το δικό μας σύνολο στιγμιότυπων δεν καλύπτει όλες τις πρωτότυπες περιπτώσεις.

Οι θεωρητικές κλίμακες το λαμβάνουν αυτό υπόψη. Θεωρούν όλες τις πιθανές συνδέσεις των καθορισμένων χαρακτηριστικών στο κουτί T-Box. Η κατανοητή θεωρητική κλίμακα του παραδείγματός μας φαίνεται στα δεξιά της εικόνας 3.6. Η κλίμακα που βασίζεται σε δεδομένα βρίσκεται σε αυτό ως ένα συνδεδεμένο ημιπλέγμα. Στο διάγραμμα, μπορεί να διαβάσει κάποιος τα συμπεράσματα τα οποία βασίζονται στο πραγματικό σύνολο των στιγμιότυπων, αλλά επίσης δείχνει ποιοι περαιτέρω χαρακτηριστικοί συνδυασμοί είναι δυνατόν να γίνουν. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να δει ότι οι ορισμοί δεν εξαναγκάζουν τους καταναλωτές μπουρντό ποτού να πίνουν κόκκινο κρασί (μπορεί να πίνουν άσπρο, μπουρντό μόνο κτλ.). Κάποιος μπορεί να δει ότι ο καταναλωτής κρασιού είναι ο πιο γενικός των καθορισμένων δεδομένων, αλλά μπορεί να υπάρχουν επίσης στιγμιότυπα που να μην ανήκουν σε αυτό, καθώς αυτή η έννοια είναι διαφορετική από την ανώτερη έννοια.

3.5.2. Προετοιμασία μεγάλων βάσεων δεδομένων για την FCA.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετώπισαν κατά καιρούς αρκετοί επιστήμονες στην Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) ήταν τα τεράστια εννοιολογικά δίκτυα.

Για μεγάλο χρονικό διάστημα η εννοιολογική κλίμακα θεωρείτο ως η τεχνική για τη διαχείριση τέτοιων μεγάλων βάσεων δεδομένων στην Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA). Έτσι λοιπόν εάν κάποιος σχεδίαζε το σύνολο δεδομένων μόνο με αυτά τα χαρακτηριστικά για τα οποία ενδιαφέρεται ο χρήστης, τότε το μέγεθος του δικτύου (πλέγματος) παραμένει αρκετά μικρό.

Η εννοιολογική κλίμακα θεωρείται μία πολύ χρήσιμη τεχνική όταν ο χρήστης έχει μία ιδέα ποια χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός εννοιολογικού δικτύου.

Ωστόσο αν ο χρήστης έρχεται αρχικά αντιμέτωπος με ένα σύνολο δεδομένων, θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορεί να αποφασίσει ποια είναι τα πιο σημαντικά στοιχεία και χαρακτηριστικά για τη δημιουργία ενός εννοιολογικού δικτύου, του οποίου το μέγεθος δεν θα είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Έτσι θα είναι εύκολη η διαχείριση του συγκεκριμένου δικτύου και θα προκύπτει από αυτό γρήγορα και εύκολα σωστή και κατανοητή πληροφορία.

Εδώ θα αναπτυχθεί μία προσέγγιση που αφορά αντικείμενα τα οποία είναι σχεδόν αλλά όχι πλήρως πανομοιότυπα (σύμφωνα με το πλαίσιο). Τα αντικείμενα αυτά δίνουν σημασία σε διαφορετικές αντικειμενικές έννοιες, άσχετα με το πόσο μικρή είναι η διαφορά τους. Το αποτέλεσμα που προκύπτει μπορεί να διαδοθεί κατά μήκος ολόκληρου του εννοιολογικού δικτύου (πλέγματος). Έτσι λοιπόν εάν γίνεται ομαδοποίηση (ταυτοποίηση) αντικειμένων τα οποία είναι σχεδόν όμοια, τότε υπάρχει περίπτωση να μειώνεται σημαντικά το μέγεθος του εννοιολογικού δικτύου (πλέγματος), χωρίς όμως να χάνεται αρκετή και παράλληλα σημαντική πληροφορία. Το σχετικά μικρό πλέγμα στο οποίο καταλήγει κάποιος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς για μία εξερεύνηση. Εάν κάποιος θέλει να αναλύσει τα δεδομένα σε ένα πιο λεπτομερές επίπεδο, όπου επίσης μικρές διαφορές μεταξύ αντικειμένων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, τότε μπορεί να επιστρέψει στο αρχικό δίκτυο (πλέγμα) και να το αναλύσει χρησιμοποιώντας εννοιολογική κλίμακα ή τοπική εστίαση.

Η παραπάνω προσέγγιση ελέγχθηκε σε ένα μικρό σενάριο κειμένου από τους *Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane*, όπου μελέτησαν τη χρήση της παλιάς γνώσης με τη μορφή μιας οντολογίας και δημιούργησαν σύνολα αρχείων κειμένου χρησιμοποιώντας τη διαδικασία της ομαδοποίησης. Έτσι λοιπόν για τα πειράματα που έγιναν επιλέχθηκε η συλλογή κειμένων του Reuter -21578. Τα στοιχεία αποτελούνταν από 21578 αρχεία και ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέροντα για την εκτίμηση αλγορίθμων ταξινόμησης όπως προκύπτει κατά τη διάρκεια μιας έξυπνης ταξινόμησης.

Οι *Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane* ανέπτυξαν ένα σύστημα εξαγωγής κειμένου : με αυτό το σύστημα μπορούσαν να δημιουργήσουν μοντέλα λέξεων (διανυσματικό χωρικό μοντέλο). Κάθε αρχείο μπορούσε να

αναπαρασταθεί σαν ένα διάνυσμα στο διανυσματικό χώρο R^n όπου n είναι ο αριθμός των λέξεων - στελεχών. Το i συστατικό του διανύσματος ενός αρχείου δείχνει την συχνότητα της i λέξης - στελέχους εντός του αρχείου.

Ο διανυσματικός χώρος μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα πολυότιμο πλαίσιο όπου κάθε αρχείο είναι ένα αντικείμενο, κάθε λέξη-στέλεχος ένα χαρακτηριστικό και οι τιμές των χαρακτηριστικών είναι οι βαρυσήμαντες συχνότητες. Με την εννοιολογική κλίμακα (π.χ. την ονομαστική κλίμακα), κάποιος μπορεί να μετατρέψει αυτό το πλαίσιο σε μονότιμο και να υπολογίσει το εννοιολογικό δίκτυο (πλέγμα) αυτού.

Το επόμενο βήμα αυτής της προσέγγισης ήταν να γίνουν ομαδοποιήσεις των αρχείων χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο, πριν την εφαρμογή της FCA. Έτσι αντί των ατομικών εγγραφών, θα γίνονται ομαδοποιήσεις ως αντικείμενα του τυπικού πλαισίου, το σύνολο των χαρακτηριστικών παραμένει αμετάβλητο και οι τιμές των χαρακτηριστικών θα υπολογίζονται από το κεντρικό διάνυσμα κάθε συστάδας. Αυτό το βήμα ομαδοποίησης είναι μία γενίκευση της FCA εργασίας. Εδώ λοιπόν τα αντικείμενα θεωρούνται πανομοιότυπα.

Παρόλο όμως που αυτή η προ – ομαδοποίηση παρείχε τα εννοιολογικά δίκτυα (πλέγματα) τα οποία ήταν μικρότερα από αυτά που αποκτήθηκαν από την εννοιολογική κλίμακα, κι έτσι ήταν ευκολότερο να ερμηνευτούν, ακόμα αντιμετώπιζαν το πρόβλημα ότι ήταν μάλλον επίπεδα. Το πρόβλημα είναι ότι τα αρχεία μπορεί να συσχετίζονται στενά αν και χρησιμοποιούν διαφορετικές εκφράσεις, οι οποίες δεν μπορούν να αναγνωριστούν με αγνές συντακτικές μεθόδους. Για παράδειγμα, ένα αρχείο μπορεί να μιλάει σχετικά με μοσχάρι και κάποιο άλλο για χοιρινό, αλλά μοσχάρι και χοιρινό θα θεωρηθούν ως ασυσχέτιστες διαστάσεις στον διανυσματικό χώρο. Αυτό είναι τώρα κάτι που είχε αναφερθεί νωρίτερα, ότι δηλαδή η παλιά γνώση έχει πάρει την μορφή οντολογίας : εάν κάποιος είναι γνώστης ότι τόσο το μοσχάρι όσο και το χοιρινό περιλαμβάνονται κάτω από τη λέξη ‘κρέας’, τότε ο αλγόριθμος ομαδοποίησης μπορεί να αναθέσει και τα δύο αρχεία στην ίδια ομάδα.

Πριν την ομαδοποίηση λοιπόν, επεκτάθηκε ο διανυσματικός χώρος με τις έννοιες μιας κατάλληλης “οντολογίας”.(Philipp Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme & Julien Tane, 2003)

Ομαδοποιώντας τα αντικείμενα πριν την εφαρμογή της FCA είναι μία διαδικασία αφαίρεσης που μπορεί να θεωρηθεί ως απώλεια πληροφορίας. Ωστόσο είναι ωφέλιμη αυτή η διαδικασία για τους ακόλουθους λόγους :

1. Μειώνει τον αριθμό των αντικειμένων κι κατ' επέκταση μειώνεται και το μέγεθος των εννοιολογικών δικτύων που δημιουργούνται.
2. Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) διαχειρίζεται ευκολότερα τα εννοιολογικά δίκτυα που δημιουργούνται κι έτσι προκύπτουν γρήγορα και εύκολα σωστές και χρήσιμες πληροφορίες.
3. Κάθε ομάδα στοιχείων που δημιουργείται από τη διαδικασία της Ομαδοποίησης τοποθετείται σε μία συγκεκριμένη θέση στο εννοιολογικό δίκτυο.
4. Τα καινούρια αρχεία λοιπόν δεν χρησιμοποιούνται άμεσα για την ενημέρωση του εννοιολογικού δικτύου κι έτσι μειώνεται ο κίνδυνος να αλλάξει η δομή του δικτύου.
5. Τέλος η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα σε αρχεία και όρους που δεν εμφανίζονται συχνά χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δομή του δικτύου.

ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4. ΠΛΑΙΣΙΟ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (INFORMATION FLOW FRAMEWORK)

4.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί η έννοια του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) καθώς επίσης και ο σκοπός και οι λόγοι ανάπτυξής του. Θα αναφερθούν επιπλέον οι βασικές αρχές ανάπτυξης του συγκεκριμένου πλαισίου καθώς και οι οδηγίες σχεδιασμού του. Θα γίνει ακόμη μία μικρή αναφορά στη θεωρία IFF και στη θεμελίωση ροής πληροφορίας και τέλος θα αναλυθεί η αρχιτεκτονική και η δομή του συγκεκριμένου Πλαισίου IFF.

4.2. ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ (ONTOLOGIES)

ΕΤΥΜΟΛΟΓΙΑ : “πρωτοξεκίνησε ο όρος αυτός να χρησιμοποιείται γύρω στο 17^ο αιώνα. Η προέλευσή της είναι ελληνική. Κατασκευάζεται από το πρόθεμα *ontos* - *όντος* :of being (ον : ενεργητική μετοχή του ρήματος είμαι : to be και σημαίνει «ύπαρξη») και από τη βάση *-λογία* : επιστήμη, μελέτη, θεωρία” και σημαίνει «εξήγηση», «λόγος». (Robert E. Kent, 2006).

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ : σύμφωνα με τον Αριστοτέλη είναι « η επιστήμη που ασχολείται με τα όντα εφόσον αυτά υπάρχουν ».

“Στην επιστήμη των μηχανικών με τον όρο οντολογία εννοείται ένα αφηρημένο μοντέλο ορισμένων φαινομένων στον κόσμο, τα οποία αναπαρίστανται ως έννοιες, σχέσεις και περιορισμούς (λογικά προσανατολισμένα – logic oriented). Αυτό το μοντέλο είναι αναγνώσιμο από τις μηχανές και συναινεί – βοηθά – συμμετέχει στην εννοιολογική γνώση κάποιας συγκεκριμένης κοινωνίας.” (Robert E. Kent, 2006)

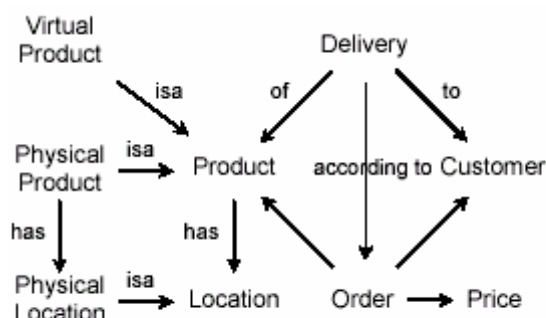
Ορισμός Οντολογίας: “Η οντολογία είναι ένας κλάδος μεταφυσικής που ασχολείται με τη μελέτη της φύσης και των σχέσεων μεταξύ των όντων καθώς επίσης και με την κατηγορική δομή της πραγματικότητας. Οι κατηγορίες είναι τα πιο σημαντικά συστατικά μιας συζήτησης. Η οντολογία μελετά τέτοιου είδους κατηγορίες. Στη φιλοσοφία η οντολογία είναι η μελέτη των όντων και της ύπαρξης και σχηματίζει – δημιουργεί το βασικό θέμα της Μεταφυσικής. Ερευνά και προσπαθεί να περιγράψει

αλλά και να θέσει τις βασικές κατηγορίες και τις σχέσεις ύπαρξης για να καταφέρει τελικά να καθορίσει οντότητες, τους τύπους οντοτήτων αλλά και τις σχέσεις μεταξύ αυτών εντός ενός πλαισίου.

Η οντολογία θεωρείται μία τεράστια και εξαντλητική οργάνωση κάποιας γνώσης η οποία συνήθως είναι ιεραρχική και περιέχει όλες τις σχετικές **οντότητες** και τις **σχέσεις** μεταξύ των οντοτήτων.” (Wikipedia)

Ορισμός Οντότητας : “ η έννοια οντότητα σημαίνει ύπαρξη ενός πράγματος μαζί με τα χαρακτηριστικά του. Ουσιαστικά είναι κάτι που έχει ξεχωριστή ύπαρξη, η οποία δεν είναι απαραίτητο να είναι υλική.” (Wikipedia)

Ένα παράδειγμα φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα :



Σχήμα 4.1: Παράδειγμα οντολογίας (E-commerce Ontology Fragment) (Robert E. Kent, 2006)

Αναφέρεται λοιπόν ένα παράδειγμα από το εμπόριο (E - commerce), το οποίο αποτελεί την οντολογία. Εδώ οι έννοιες αναπαρίστανται ως κόμβοι, οι σχέσεις ως ακμές και οι περιορισμοί ως παράλληλα ζευγάρια μονοπατιών, ορίων και υποπροϊόντων.

Ένα άλλο παράδειγμα οντολογίας είναι αυτό που φαίνεται στην επόμενη εικόνα και αφορά τους δρόμους και την διάκριση αυτών σε διάφορες υποκατηγορίες :

<p>Concepts = Types = Entities</p> <ul style="list-style-type: none"> • highway = road • geographical feature <ul style="list-style-type: none"> – location = point <ul style="list-style-type: none"> * exit * interchange * town * rest-area – line = linear feature <ul style="list-style-type: none"> * creek * river * railroad – area <ul style="list-style-type: none"> * lake * mountain * city * county * state = province * country • territorial division <ul style="list-style-type: none"> – county – state – country • urban area <ul style="list-style-type: none"> – town – city 	<p>Predicates = Parts</p> <pre>principal : highway toll-road : highway freeway : highway scenic : highway is-capital : urban-area</pre> <p>Functions = Maps</p> <pre>name(number) : highway → name-tag×number number-of-lanes : highway → number distance : point×point → number facility : rest-area → facility-tag intersection : ext(crosses) → point exit-location : exit → highway×number lies-in : county → state</pre> <hr/> <pre>name-tag = { interstate, state, county } facility-tag = { full, partial, none }</pre> <p>Relations</p> <pre>crosses : line → line traverses : highway → territorial-division goes-through : road → urban-area</pre> <p>Axioms</p> <pre>∀_{x,y} ((x, y ∈ linear feature) crosses(x, y) ⇒ crosses(y, x)) ∀_{h,c,s} ((h ∈ highway, c ∈ county, s ∈ state) (traverses(h, c) & lies-in(c, s)) ⇒ traverses(h, s)) ∀_{x,y,z} ((x, y, z ∈ location) distance(x, z) ≤ distance(x, y) + distance(y, z))</pre>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Εικόνα 4.2 : Παράδειγμα οντολογίας – οντολογία : οι δρόμοι (Robert E. Kent, 2006)

4.3. ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ STANDARD UPPER ONTOLOGY (SUO)

Ο κύριος σκοπός για τον οποίο δημιουργήθηκε το σχέδιο SUO – Standard Upper Ontology ήταν να καθορίσει μία ανώτερη οντολογία (upper ontology) η οποία θα παρέχει μία δομή και μία ομάδα από γενικές έννοιες, πάνω στις οποίες οι οντολογίες θα μπορούν να κατασκευαστούν σε επίπεδο αντικειμένου (object level Ontologies). Μία ανώτερη οντολογία είναι περιορισμένη σε έννοιες οι οποίες βρίσκονται πέρα από ένα συγκεκριμένο όριο και παίρνουν το πρόθεμα μετά (meta). Επιπλέον είναι περιορισμένες σε γενικές, αφηρημένες και φιλοσοφικές έννοιες. Έτσι λοιπόν δημιουργώντας μία τέτοια οντολογία, ουσιαστικά απλοποιούμε αρκετά όλες τις λειτουργίες και επιτυγχάνουμε με αυτό τον τρόπο τη *διαλειτουργικότητα* των δεδομένων, την *έρευνα* αλλά και την *ανάκτηση* σωστής πληροφορίας, την αυτόματη *εξαγωγή* συμπερασμάτων και επιπλέον την διεξαγωγή όλης της διαδικασίας σε φυσική γλώσσα.

4.4. ΠΛΑΙΣΙΟ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF) ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ.

Σε αυτή την ενότητα θα συζητηθούν οι λόγοι και τα κίνητρα τα οποία οδήγησαν στην ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF). Επιπλέον θα γίνει μία γενική αναφορά για το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) και το πώς αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, στηριζόμενο βέβαια σε κάποιες αρχές, ώστε να παρέχει τα θεμέλια για την ανάπτυξη του δομικού επιπέδου SUO. Αυτό το δομικό επίπεδο του SUO μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα λογικό πλαίσιο για τη διαχείριση οντολογιών στο επίπεδο αντικειμένων ή σε κάποιο άλλο ενδιάμεσο επίπεδο ή ακόμα και σε κάποιες βασικές οντολογίες. Από την πλευρά της Ροής Πληροφορίας το δομικό επίπεδο του SUO αναλύεται σε διάφορες μετα-επίπεδες οντολογίες.

4.4.1. Σκοπός ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF)

Σε αυτή την ενότητα θα αναπτυχθούν οι δύο βασικοί λόγοι δημιουργίας και ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω σκοπός του σχεδίου SUO ήταν να ορίσει μία *ανώτερη οντολογία* η οποία θα καθιστούσε ικανούς τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές να χρησιμοποιούν αυτή την οντολογία σε διάφορες εφαρμογές και να πετυχαίνουν έτσι τη *διαλειτουργικότητα* των δεδομένων, την *έρευνα* και *ανάκτηση* πληροφορίας, την *αυτόματη εξαγωγή συμπερασμάτων* καθώς και τη *φυσική γλωσσική διαδικασία*.

Για να επιτευχθεί ο ένας από τους τρεις λόγους δημιουργίας του σχεδίου SUO και πιο συγκεκριμένα η διαλειτουργικότητα μεταξύ λογισμικού και διαφόρων βάσεων δεδομένων προτάθηκε ένα Πλαίσιο , το λεγόμενο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας ή αλλιώς και γνωστό ως Information Flow Framework (IFF).

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) σχεδιάστηκε για να επιτρέψει όχι μόνο τη διαλειτουργικότητα μεταξύ λογισμικού και εφαρμογών βάσεων δεδομένων, αλλά και τη **σημασιολογική διαλειτουργικότητα (semantic interoperability)** μεταξύ διαφόρων οντολογιών αντικειμενικού επιπέδου. Στην ανάπτυξη τόσο του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) όσο και του SUO υπάρχει μία βασική διαφορά. Η ανάπτυξη του **SUO** στηρίζεται στην δημιουργία μίας **απλής ανώτερης οντολογίας**, ενώ το Πλαίσιο **IFF** σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει την **σημασιολογική διαλειτουργικότητα** μεταξύ διαφόρων οντολογιών αντικειμενικού επιπέδου. Αυτή η διαλειτουργικότητα υποστηρίζεται από την ίδια τη δομή και την αρχιτεκτονική του Πλαισίου Ροής

Πληροφορίας (IFF), αλλά και από έναν ιδιαίτερο κλάδο μαθηματικών γνωστό ως Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory).

Επιπλέον όπως θα φανεί και πιο κάτω ένας πολύ σημαντικός λόγος που το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική και τους ιδιαίτερους μετασχηματισμούς είναι και η τμηματική ανάπτυξη των οντολογιών (modularity), η οποία θεωρείται πολύ βασική.

Έτσι λοιπόν ο δεύτερος σκοπός που εξυπηρετεί το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι η τμηματοποίηση, δηλαδή κατασκευή και σχεδιασμός σύμφωνα με σταθερές μονάδες και διαστάσεις για εύκολη κίνηση – ελιγμούς και ποικιλία στην χρήση. Αυτή η διαδικασία (τμηματοποίηση - modularity) είναι πολύ σημαντική για σχεδιαστικές αποφάσεις σε κάθε περιοχή των μηχανικών (area of engineering) και κυρίως στην μηχανική γνώση (knowledge engineering) αλλά και στο λογισμικό μηχανικής (software engineering). Ιδιαίτερος η τμηματοποίηση είναι σημαντική στην *ανάπτυξη*, στον *έλεγχο*, στη *διατήρηση* αλλά και στη *χρήση* των οντολογιών. Έτσι ο χρόνος ανάπτυξης θα μικραίνει λόγω του ότι ξεχωριστές ομάδες θα δουλεύουν σε κάθε τμήμα με αποτέλεσμα η ανάγκη για επικοινωνία να ελαττώνεται και το κάθε τμήμα να εξειδικεύεται σε μία συγκεκριμένη εργασία. Όταν λοιπόν μια οντολογία διατηρείται σε ένα τμήμα, τα λάθη και οι ανεπάρκειες μπορούν να εξιχνιαστούν σε ιδιαίτερα τμήματα, περιορίζοντας έτσι την εξαντλητική έρευνα εύρεσης του λάθους στο συγκεκριμένο κομμάτι. Με αυτό τον τρόπο δεν χρειάζεται να γίνει έρευνα σε ολόκληρη τη δομή. Με μία τέτοια προσέγγιση τμημάτων μπορεί να γίνουν δραστικές αλλαγές σε ένα τμήμα χωρίς να είναι απαραίτητο να αλλαχθούν και τα άλλα τμήματα. Επιπλέον έχοντας ένα τμηματικό σχεδιασμό και θεωρώντας ένα τμήμα στο χρόνο, η οντολογία στο σύνολό της μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα. και επομένως και ολόκληρο το σύστημα. Από την άλλη μεριά μία μονόπλευρη οντολογία θα ήταν αρκετά ανεπαρκής. Στη χρήση κάποια τμήματα θα ήταν αρκετά σταθερά, πολύ καλά δικαιολογημένα και διαμοιρασμένα σε ολόκληρο το εύρος των κοινωνιών, ενώ άλλα τμήματα δεν θα μπορούσαν να υιοθετηθούν ευρέως και σύντομα θα χρειαζόνταν αντικατάσταση με άλλα. Ένας τέτοιος σχεδιασμός θα διευκόλυνε αυτές τις επαναστατικές ιδέες της ανανέωσης. Η προσέγγιση του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) σύμφωνα με τις κατηγορίες παρέχει ένα πλαίσιο για σχεδιασμό τμημάτων μέσω μιας δομικής μεταθεωρίας οντολογιών. Μία τέτοια μεταθεωρία είναι μία μέθοδος για την αναπαράσταση των δομικών σχέσεων μεταξύ των οντολογιών.

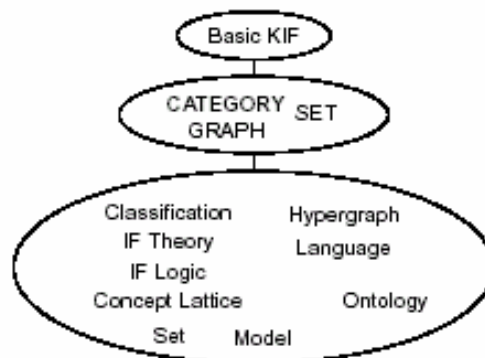
4.4.2. Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (Information Flow Framework)

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) αναπτύχθηκε για να αναπαραστήσει τη δομική πλευρά του SUO. Η προσέγγιση αυτή του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) στηριζόμενη στις κατηγορίες παρέχει ένα πλαίσιο για τον τμηματικό σχεδιασμό των οντολογιών του αντικειμενικού επιπέδου μέσω της δομικής μεταθεωρίας. Θα μπορούσε λοιπόν το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) να ονομάζεται και Standard Meta Ontology. Στόχος λοιπόν του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι να αναπτύξει περαιτέρω τη Θεωρία Ροής Πληροφορίας και να εφαρμόσει τη ροή πληροφορίας στη διανεμημένη λογική, στις οντολογίες αλλά και στην αναπαράσταση της γνώσης.

“Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) παρέχει μηχανισμούς για τη δημιουργία ενός οντολογικού πλαισίου – ενός πλαισίου το οποίο θα μπορεί να μοιράζεται οντολογίες, να χειρίζεται οντολογίες ως αντικείμενα, να διαιρεί οντολογίες, να συνθέτει οντολογίες, να διαχειρίζεται οντολογικές δομές, να παρατηρεί τις εξαρτήσεις μεταξύ των οντολογιών να δηλώνει τη χρήση άλλων οντολογιών κτλ.” (Robert Kent, 2000)

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) αρχικά βασίστηκε στη **Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow)**, η οποία επικεντρώνεται στην **ταξινόμηση**. Δευτερευόντως το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) επηρεάστηκε από τη **Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (Formal concept analysis – FCA)**, η οποία ασχολείται με τα **εννοιολογικά δίκτυα - πλέγματα (concept lattice)**.

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) αναπαριστά τη μεταλογική και έτσι λειτουργεί στο δομικό επίπεδο των οντολογιών. Εδώ υπάρχει σαφές όριο μεταξύ του μετα επιπέδου και του επιπέδου των αντικειμένων. Η δομή λοιπόν του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) παρουσιάζεται στη ακόλουθη εικόνα



Εικόνα 4.3. :Μεταεπίπεδα οντολογιών του IFF (Robert E. Kent, 2006)

Όπως φαίνεται το συγκεκριμένο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) αποτελείται από μία συλλογή μεταεπίπεδων οντολογιών, συνήθως επικεντρωμένες στην Θεωρία Κατηγοριών (category theory). Τα επίπεδα στα οποία χωρίζεται ένα Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι :

1. Το **ανώτερο μεταεπίπεδο (upper metalevel)** στο οποίο ανήκει η βασική KIF οντολογία, της οποίας σκοπός είναι να παρέχει μία διεπαφή μεταξύ KIF και οντολογικής δομής. Η βασική KIF οντολογία παρέχει μία βάση για την αναπαράσταση οντολογιών γενικά αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον καθορισμό άλλων μετα επίπεδων οντολογιών. Όλες οι οντολογίες εισάγουν και χρησιμοποιούν τη βασική KIF οντολογία. Το ανώτερο μεταεπίπεδο χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει και να καθορίσει αξιωματικά το ενδιάμεσο μεταεπίπεδο.
2. Το **ενδιάμεσο μεταεπίπεδο (middle metalevel)** το οποίο αποτελείται από τρεις γενικές οντολογίες. Η πρώτη είναι η Οντολογία Θεωρίας Κατηγοριών (Category theory Ontology) που επιτρέπει να διεκδικεί κάποιος οντολογίες χαμηλού μεταεπιπέδου όπως η οντολογία ταξινόμησης αναπαριστά μια κατηγορία ή ο μετασχηματισμός ταξινόμησης παραμένει ενωμένος με τους μετασχηματισμούς της Θεωρίας Ροής Πληροφορίας (Information Flow). Η δεύτερη οντολογία αυτού του επιπέδου είναι η Οντολογία Γράφου (Graph Ontology) που παρέχει το μαθηματικό πλαίσιο στο οποίο η Οντολογία Θεωρίας Κατηγοριών (Category theory Ontology) μπορεί να οριστεί ως μονοδιάστατη. Τέλος η τρίτη οντολογία είναι η Οντολογία Συνόλων (SET Ontology), η οποία παρέχει βασικά θεμέλια και ορολογία για οντολογίες στο κεντρικό ή χαμηλό μεταεπίπεδο, όπως η Category theory και οι ταξινομήσεις οντολογιών. Η Οντολογία Θεωρίας Κατηγοριών (Category theory Ontology) είναι ένας KIF μετασχηματισμός για την Θεωρία Κατηγοριών και παρέχει ουσιαστικά ένα πλαίσιο για την ερμηνεία της μεταλογικής όπως αυτή παρουσιάζεται στο χαμηλό μεταεπίπεδο.
Το ενδιάμεσο μεταεπίπεδο του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας IFF χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει και να καθορίσει αξιωματικά το χαμηλό μεταεπίπεδο.
3. Στο **χαμηλό μετα επίπεδο (lower metalevel)** οι οντολογίες ταξινομούνται σε δύο διαστάσεις. Η πρώτη ονομάζεται στιγμιότυπο - πρόβλεψη (instantiation

– *predication*) στην οποία σύμφωνα με τα στιγμιότυπα προβλέπεται τι πρόκειται να ακολουθήσει και η δεύτερη ονομάζεται *οντότητα – σχέση (entity – relation)* στην οποία επικρατούν οι σχέσεις μεταξύ οντοτήτων. Στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) η διάκριση μέσω συμβόλων είναι αρκετά εμφανής. Στη διάσταση instantiation – predication έχουμε την οντολογία ταξινόμησης η οποία αναπαριστά άμεσα το τυπικό σύμβολο διάκρισης, την οντολογία IF theory η οποία συνδέεται με μία απλή συμπλήρωση με την οντολογία ταξινόμησης και τέλος την συνδυασμένη IF λογική οντολογία. Η οντολογία ταξινόμησης δηλώνει και καθορίζει τα βασικά αξιώματα κατασκευής κεντρικής ταξινόμησης. Η οντολογία IF theory η οποία βασίζεται σε μια ακολουθία υπολογισμών δηλώνει και καθορίζει τα βασικά αξιώματα των “υποτάξη - subclass”, “εξάρθρωση - disjoint” και “συμμετοχή - partition”. Αναπαριστώντας την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis – FCA) ουσιαστικά αναπαριστά την οντολογία που αφορά κάποιο εννοιολογικό δίκτυο - πλέγμα. Επιπλέον με τις τυπικές έννοιες και τα εννοιολογικά τους δίκτυα - πλέγματα αυτό περιέχει και την ιδέα της κεντρικής έννοιας.

Όσον αφορά την άλλη διάσταση – entity – relation , εδώ υπάρχει αυτό που λέμε οντολογία υπεργράφου, η οποία αναπαριστά πολυδιάστατες σχέσεις και την οντολογία γλώσσας, της οποίας η παρουσία είναι λίγο λεπτή, και η οποία αναπαριστά λογικές εκφράσεις.

Επίσης στο χαμηλό μεταεπίπεδο ανήκει και η οντολογία ομάδων (SET ontology) η οποία μοντελοποιεί τις θέσεις μικρών ομάδων και θεωρείται τμήμα των θεμελίων IFF, η συνδυαστική οντολογία μοντέλων (model ontology) και η παραγόμενη οντολογία – οντολογία (ontology-ontology). Οι τελευταίες δύο οντολογίες σχετίζονται με τη βασική αληθινή μεταταξινόμηση μεταξύ μοντέλων και εκφράσεων. Επιπλέον οι χαμηλές μεταοντολογίες έχουν επαρκείς μορφισμούς αλλά και συνοριακές δομές για να κατασκευάζουν οντολογίες στο επίπεδο αντικειμένων.

Το χαμηλό μεταεπίπεδο του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας IFF, με τη σειρά του, χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει και να καθορίσει αξιωματικά το επίπεδο των αντικειμένων.

4.5. ΣΤΟΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF)

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι μία περιγραφική μεταθεωρία κατηγοριών (category metatheory). Ένας κεντρικός στόχος σχεδιασμού του φυσικού τμήματος είναι να αναπαρασταθούν οι αντιλήψεις των ανθρώπων που ασχολούνται με τη Θεωρία Κατηγοριών (category theorists), χρησιμοποιώντας τις απεικονίσεις τους, ονομαζόμενες και ως επικοινωνιακά διαγράμματα,.

Ένας κεντρικός σχεδιαστικός στόχος του μετακελιού είναι να υποστηριχτεί η ορολογία στο φυσικό τμήμα σύμφωνα με δυνατούς περιορισμούς του συντακτικού μηχανισμού ο οποίος συσσωματώνεται στην IFF γραμματική έτσι ώστε να γίνονται κατανοητά από όλους. Υπάρχει ένα πολύ δυνατό όριο μεταξύ επιπέδων των αντικειμένων του IFF και των μεταεπιπέδων. Το επίπεδο αντικειμένων αναπαριστά τις έννοιες του πραγματικού κόσμου, ενώ το μετα-επίπεδο παρέχει το μηχανισμό για να δομήσει αυτές τις έννοιες. Αν και το μετα-επίπεδο περιέχει μετα-γλώσσες περιγράφοντας τις αντικειμενικές γλώσσες στο επίπεδο αντικειμένων, η διάκριση μεταξύ του αντικειμένου και των μετα-επιπέδων οντολογιών δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη, αφού το επίπεδο αντικειμένων στο IFF πλαίσιο περιέχει μόνο στιγμιότυπα δεδομένα.

4.6. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF)

Σε αυτή την υποενότητα του τέταρτου κεφαλαίου θα αναπτυχθούν οι βασικές αρχές ανάπτυξης και οι οδηγίες σχεδιασμού του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF).

4.6.1. Βασικές Αρχές Ανάπτυξης

Κατά τη διάρκεια των τεσσάρων σταδίων ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) τέσσερις αρχές υπήρξαν πολύ σημαντικές. Με χρονολογική σειρά αυτές είναι :

- *Εννοιολογική ερμηνεία - εξήγηση – εγγύηση (conceptual warrant):* “Όλη η IFF ορολογία θα πρέπει να απαιτεί εννοιολογική ερμηνεία - εγγύηση για την ύπαρξή της. Οποιοσδήποτε όρος εμφανίζεται και καθορίζεται σαν αξίωμα σε μία μεταγλώσσα θα πρέπει να αναφέρει μία έννοια αναγκαία σε ένα χαμηλό μετά επίπεδο ή στον καθορισμό αξιωμάτων σε ένα επίπεδο αντικειμένων (object level axiomatization).” (Robert E. Kent, 2003)

Η πρώτη αρχή στην οποία βασίστηκε η ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι η εννοιολογική ερμηνεία – εγγύηση. Με τη λέξη ερμηνεία- εγγύηση (warrant) εννοούνται στοιχεία – τεκμήρια ή μαρτυρίες (tokens or evidence) αυθεντικότητας και επομένως προστασίας. Έτσι δεν υπάρχει ανεξέλεγκτη πρόσβαση σε αρχεία και δεδομένα. Η εννοιολογική εγγύηση είναι μία προσαρμογή της φιλολογικής εγγύησης – ερμηνείας η οποία εφαρμόζεται στην οργάνωση των βιβλιοθηκών και εξυπηρετεί τη φιλολογική εγγύηση για συστήματα που αφορούν τον τρόπο λειτουργία των βιβλιοθηκών (π.χ η φιλολογία πάνω στην οποία το ελεγχόμενο λεξιλόγιο βασίζεται). Με αντίστοιχο τρόπο η ορολογία του αντικειμενικού επιπέδου και του χαμηλού μετά επιπέδου του IFF χρησιμοποιείται ως εννοιολογική εγγύηση για τα ανώτερα μετά -επίπεδα καθορισμού αξιωμάτων.

- Αρχή Σχεδιασμού Κατηγοριών – Απόλυτη Αρχή Σχεδιασμού (Categorical Design)

: “Η αρχή ενός τμήματος θα πρέπει να στηρίζεται στην ιδιότητα ότι η αξιωματική του αναπαράσταση θα πρέπει να είναι αυστηρά θεωρητική σε επίπεδο κατηγοριών (category theoretic) : όλα τα αξιώματα χρησιμοποιούν όρους από τη μεταγλώσσα στο μεταεπίπεδο. Κανένα αξίωμα δεν χρησιμοποιεί σαφή λογική σημείωση : δεν χρησιμοποιούνται ούτε μεταβλητές, ούτε ποσοτικοποιήσεις αλλά ούτε και λογικές συνδέσεις”. (Robert E. Kent, 2003)

Η δεύτερη αρχή που υπήρξε πολύ σημαντική στην ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι η αρχή σχεδιασμού κατηγοριών. Ο στόχος αυτής της αρχής ήταν να απλοποιήσει τη διαδικασία δημιουργίας αξιωμάτων στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF).

Η δεύτερη αρχή λοιπόν ψάχνει να βρει και να καθορίσει τα όρια του τύπου μιας λογικής έκφρασης και επιπλέον να τα περιορίσει σε ατομικές εκφράσεις :

4. **Δηλώσεις συνόλων** (set declarations) – δηλώσεις όπου ένα στοιχείο είναι μέσα σε ένα σύνολο.

5. **Εξισώσεις** (equations) – επικοινωνιακά διαγράμματα, αφού αυτά χρησιμοποιούν μόνο μοναδικές λειτουργίες ή

6. **Σχισιακές εκφράσεις** (relational expressions) – δηλώσεις ότι ένα ζευγάρι βρίσκεται μέσα σε μία σχέση.

- **Θεσμική Λογική (Institutional Logic)** : “Όλες οι λογικές που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή IFF θα πρέπει να διατυπώνονται όπως οι θεσμοί, οι δομές και οι μηχανισμοί.” (Robert E. Kent, 2003)

Η τρίτη αρχή που βοήθησε στην ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι η Θεσμική Λογική. Οι θεωρίες Ροή Πληροφορίας (Information Flow) και Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis) (και επομένως και η θεωρία των θεσμών) έχουν χρησιμοποιηθεί καθ’ όλη την διάρκεια ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF). Αυτή η χρήση έχει βασιστεί στην αληθινή κατασκευή η οποία είναι θεσμική. Η αλήθεια δεν είναι δυαδική μεταξύ μοντέλων και προτάσεων αλλά τριαδική μεταξύ μοντέλων, προτάσεων και υπογραφών. Στην Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis) τα τριαδικά εννοιολογικά δίκτυα - πλέγματα έχουν χρησιμοποιηθεί για να τυποποιήσουν ακριβώς αυτό. Έτσι λοιπόν η αναπαράσταση των πλαισίων με λογικούς θεσμούς έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα.

- **Μετά συσσώρευση (meta stack)**: Το IFF meta stack είναι η βασική ιεραρχία του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF). Το περιεχόμενο αυτής της αρχής είναι ο καθορισμός αξιωμάτων για ομάδες, λειτουργίες και δυαδικές σχέσεις στα τέσσερα βασικά τμήματα των τεσσάρων θεωρητικών επιπέδων, το μικρό στο χαμηλό μετά-επίπεδο, το μεγάλο στο ανώτερο μετά επίπεδο, το πολύ μεγάλο στο υψηλό μετά – επίπεδο και το γενικό στο πιο μεγάλο επίπεδο. Επίσης υπάρχει κι εδώ μια προσπάθεια να ακολουθηθεί η εννοιολογική εγγύηση – ερμηνεία.

Από τις τέσσερις προαναφερόμενες βασικές αρχές οι δύο πρώτες, **εννοιολογική εγγύηση (conceptual warrant)** και ο **σχεδιασμός κατηγοριών (categorical design)** αποτέλεσαν τις δύο πιο σημαντικές αρχές σχεδιασμού κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF).

Επιπλέον οι δύο αυτές αρχές αποτελούν περιορισμούς της λογικής έκφρασης.

Ένας μεγάλος στόχος του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι το φυσικό τμήμα να συμμορφώνεται με την αρχή του σχεδιασμού κατηγοριών (categorical design), γι’ αυτό και θα πρέπει να εκφράζεται ατομικά σαν ένα σύνολο δηλώσεων, εξισώσεων και σχεσιακών εκφράσεων – αλλά κυρίως εξισώσεων.

4.6.2. Οδηγίες Σχεδιασμού του IFF

Πρώτο βήμα για το σχεδιασμό του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) ήταν να κατασκευαστεί μία θεωρητική μεταθεωρία κατηγοριών για οντολογίες (category – theoretic metatheory).

Αρχικά λοιπόν ο σκοπός για τον οποίο δημιουργήθηκε αυτή η μεταθεωρία ήταν για να αναπαραστήσει πρώτης τάξης λογική, γλώσσες (= υπογραφές = λεξιλόγια), κάποιες θεωρίες, δομές θεωρητικών μοντέλων και λογικών, περιλαμβάνοντας τόσο ικανοποίηση όσο και κλειστές κατηγορίες βασιζόμενες στις γλώσσες.

Επόμενο βήμα, έπειτα από τη κατασκευή της παραπάνω μεταθεωρίας ήταν να κατανοηθεί η εργασία των ειδικών που ασχολήθηκαν με την Θεωρία Κατηγοριών (category theory). Γι' αυτό λοιπόν το λόγο μπορεί κάποιος να μετακινεί, να αλλάζει μορφή ή να μετασχηματίζει μία ομαδική – θεωρητική (set – theoretic axiomatization) διαδικασία δημιουργίας αξιωμάτων σε μία θεωρητική διαδικασία δημιουργίας αξιωμάτων που αφορά όμως κατηγορίες (category – theoretic axiomatization). Ουσιαστικά δημιουργείται με αυτό τον τρόπο ένα πέραςμα από την συλλογή - SET σε μια μεγαλύτερη ταξινόμηση και ομαδοποίηση αντικειμένων που ονομάζεται κατηγορία -CATEGORY. Κάτι τέτοιο μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι απλό. Στην πραγματικότητα ξεκινάει κάποιος χωρίς καμία απολύτως προϋπόθεση. Ωστόσο σύμφωνα με τον Cantor χρειάζεται να υποθέσει κάποιος την εξής ιεραρχία : **Set** \subseteq **Cls** \subseteq **Col**, όπου set είναι η συλλογή, Cls είναι αυτό που λέμε classification, δηλαδή ταξινόμηση και Col προέρχεται από την αγγλική λέξη collection, δηλαδή συλλογή – ομαδοποίηση.

Η ποσοτικοποίηση (quantification) είναι το τρίτο βήμα του σχεδιασμού του Πλαισίου ροής Πληροφορίας (IFF). Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνεται πάνω σε μία συγκεκριμένη συλλογή (περιορισμένη κατανόηση). Αυτή ουσιαστικά ενθαρρύνεται από την συντόμευση της IFF-KIF γλώσσας περιορισμένης ποσοτικοποίησης.

Τέλος αφού ακολουθηθούν όλα τα παραπάνω βήματα για να ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός IFF θα πρέπει κάποιος να ακολουθήσει τις δύο βασικές αρχές ανάπτυξης που είναι η εννοιολογική εγγύηση (conceptual warrant) και η αρχή σχεδιασμού κατηγοριών (categorical design principle).

4.7. ΘΕΩΡΙΑ IFF (THEORY IFF) – ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (INFORMATION FLOW FOUNDATION)

Μία θεωρία είναι ένα ζευγάρι $T = \langle \text{typ}(T), \vdash_T \rangle$, όπου $\text{typ}(T)$ είναι ένα σύνολο τύπων και \vdash_T είναι μία δυαδική σχέση στο δυναμικό σύνολο των τύπων $\text{typ}(T)$ και ονομάζεται συνέπεια ή αλλιώς ακολουθία (*consequence*). Ένα στοιχείο στην σχέση αυτή των συνεπειών, η οποία δηλώνεται ως ένα επακόλουθο $\Gamma \vdash_T \Delta$ και ονομάζεται περιορισμός (*constraint*), έχει τη λογική πρόθεση (logical intention) του γεγονότος ότι για κάθε Γ υπάρχει κάποιο Δ ($\forall \Gamma \rightarrow \exists \Delta$) έτσι ώστε “αν όλοι οι τύποι στο Γ διατηρούνται τότε να διατηρείται και κάποιος τύπος στο Δ ”. Όταν $\text{typ}(A) = \text{typ}(T)$ για ταξινόμηση A , ένα στιγμιότυπο a (instance a) $\in \text{inst}(A)$ ικανοποιεί αυτό τον περιορισμό τότε ικανοποιεί και την πρόθεση: εάν το στιγμιότυπο a είναι οποιουδήποτε τύπου στο Γ , τότε είναι και ορισμένου τύπου στο Δ . Οι θεωρίες που δημιουργήθηκαν από τις ταξινομήσεις (χρησιμοποιώντας ικανοποίηση) υπακούουν στα δομικά αξιώματα, όπως είναι η ταυτότητα (*identity*), η αδυναμία (*weakening*) και η τομή (*cut*).

Στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) οι θεωρίες είναι ανάλογες με τις οντολογίες. Ωστόσο διαφέρουν από τις οντολογίες αφού δεν έχουν καμία σχέση με αυτές, ασχολούνται όμως με οντότητες

Μία τοπική λογική $L = \langle \text{inst}(L), \text{typ}(L), = L, - L, N_L \rangle$, η οποία είναι μία αποκλειστική ιδέα συνδυάζοντας τις έννοιες της ταξινόμησης και της θεωρίας στο σύνολο τους (όχι απαραίτητα γνωστά και ακουστά), αποτελείται από :

1. μία θεωρία $\text{th}(L) = \langle \text{typ}(L), - L \rangle$ των τύπων και των περιορισμών
2. μία ταξινόμηση $\text{cla}(L) = \langle \text{inst}(L), \text{Typ}(L), = L \rangle$ των στιγμιοτύπων,
3. ένα υποσύνολο $N_L \subseteq \text{inst}(L)$ των κανονικών στιγμιοτύπων τα οποία ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς.

Μία λογική ακούγεται όταν κάθε στιγμιότυπο του συνόλου $\text{inst}(L)$ είναι κανονικό. Για οποιαδήποτε τοπική λογική, το ηχηρό τμήμα του L αποκτήθηκε πετώντας μακριά όλα τα μη κανονικά στιγμιότυπα και περιορίζοντας την σχέση ταξινόμησης σε κανονικά στιγμιότυπα. Μία ηχηρή λογική (sound) $\text{logic } L = \langle \text{inst}(L), \text{typ}(L), =L, -L \rangle$ αποτελείται από :

1. μία θεωρία $\text{th}(L) = \langle \text{typ}(L), -L \rangle$ των τύπων και των περιορισμών και
2. μία ταξινόμηση $\text{cla}(L) = \langle \text{inst}(L), \text{typ}(L), =L \rangle$ των στιγμιοτύπων τα οποία ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς.

Σ αυτό το σημείο μπορεί να επικεντρωθεί κάποιος στην αναπαράσταση της ταξινόμησης κάποιου στοιχείου. Καθάρά ο τύπος ειδίκευσης για μία ταξινόμηση χρειάζεται να περιέχει την ακόλουθη πληροφορία : όνομα (ή id) ταξινόμησης, το σύνολο στιγμιοτύπων, το σύνολο τύπων και τη σχέση ταξινόμησης. Υπάρχουν δύο τύποι ειδίκευσης για τις ταξινομήσεις ροής πληροφορίας.

- a. μία ατομική περίπτωση στην σχέση ταξινόμησης παρουσιάζεται καθώς ένα υπονοούμενο έχει σχέση. Για παράδειγμα, για να κάνει κάποιος ισχυρισμούς ότι η ταινία *Toy_Story (1995)* είναι *εμφύχωση – ζωντανή αναπαράσταση (animation)*, και η ταινία *Casablanca(1942)* είναι *Ρομάντζο*, χρησιμοποιεί τους ακόλουθους τύπους :

- `<Animation obj="Toy_Story_(1995)" />`
- `<Romance obj="Casablanca_(1942)" />`

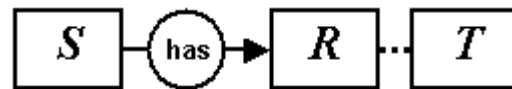
Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι αυτές οι δηλώσεις δεν επιβεβαιώνουν την ύπαρξη των αντικειμένων που εμπλέκονται εδώ. Στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) η γνησιότητα του ισχυρισμού της ύπαρξης γίνεται μέσω της χρήσης του id χαρακτηριστικού αντί του Obj χαρακτηριστικού. Η χρήση αυτών των δηλώσεων είναι μόνο για να γίνει ένας ισχυρισμός για λογικές ροής πληροφορίας και χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιπτώσεις η φράση : «έχει σχεσιακό τύπο...». Όπως απεικονίζεται παρακάτω οποιαδήποτε δυαδική σχέση του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) μπορεί να παραχθεί καθορίζοντας την με όρους της αρχικής σχέσης *has – έχει* και του γονιδιακού τύπου για την παραγόμενη θεωρία.

Binary conceptual relation και Entified binary relation

Binary conceptual relation



Entified binary relation



Εικόνα 5.43 : Απεικόνιση δυαδικής εννοιολογικής σχέσης και καθορισμένη δυαδική σχέση (Robert E. Kent, 2006)

- b. Όταν ένας μεγάλος αριθμός σχεσιακών περιπτώσεων πρέπει να επιβεβαιωθεί, ένα αθροιστικός τύπος πρέπει να έρθει για να μας

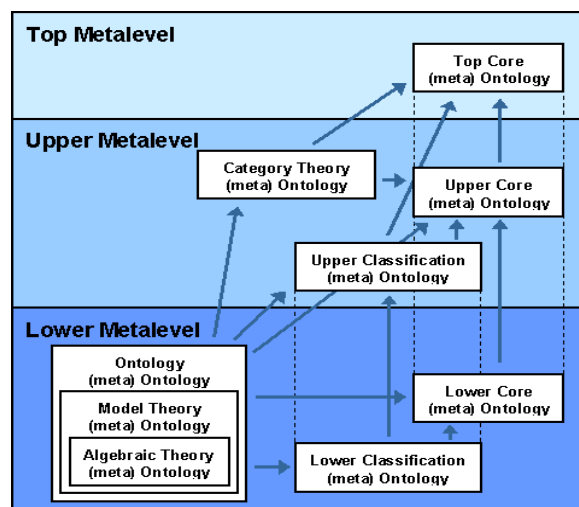
διευκολύνει. Αυτός ο αθροιστικός τύπος που ονομάζεται σχηματισμός συνόλου τύπων χρησιμοποιεί την ιδέα της Ροής πληροφορίας του συνόλου τύπων ενός στιγμιότυπου σε μία ταξινόμηση. Το σύνολο τύπων ενός στιγμιότυπου αναπαρίσταται από το στοιχείο `typ`. Για παράδειγμα, η ακόλουθη ειδίκευση κάνει έναν ισχυρισμό για τρεις σχεσιακές περιπτώσεις :

```
<typ obj = "Wrong_Trousers,_The_(1993)">
  <Animatin/><Comedy/><Thriller/>
</typ>
```

4.8. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF)

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) βασίζεται σε δύο Θεωρίες. Η πρώτη Θεωρία είναι η λεγόμενη Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow), η οποία επικεντρώνεται στην ιδέα της ταξινόμησης, ενώ η δεύτερη είναι η Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis), στην οποία κυρίαρχη έννοια αποτελεί η έννοια του εννοιολογικού δικτύου – πλέγματος (Concept lattice)

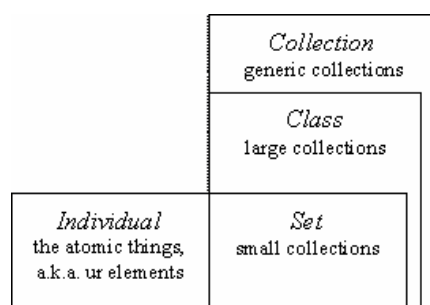
Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) λοιπόν αναπαριστά τη μεταλογική και έτσι λειτουργεί στο δομικό επίπεδο των οντολογιών. Εδώ υπάρχει ένα ακριβές όριο – σύνορο μεταξύ του μετά - επιπέδου και του επιπέδου αντικειμένων. Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται η αρχιτεκτονική του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) όπως είχε σχεδιαστεί αρχικά.



Σχήμα 4.6. :Απεικόνιση της αρχιτεκτονικής IFF όπως είχε σχεδιαστεί αρχικά (Robert E. Kent, 2000)

Παρακάτω θα παρουσιαστεί η σημερινή εικόνα του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF). Δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές. Η πιο ουσιαστική αλλαγή ήταν η επέκταση του *χαμηλού μετά- επιπέδου*, στην προηγούμενη αρχιτεκτονική, σε *φυσικό τμήμα (natural part)* στην σημερινή αρχιτεκτονική.

Η ροή πληροφορίας λοιπόν αν και είναι μεγάλη, είναι πολύ καλά δομημένη, αναπαριστώντας την δομική πλευρά του SUO, δηλαδή τα μετά-επίπεδα με όρους μετά-οντολογιών. Το Πλαίσιο Ροής Πληροφοριών διαιρείται σε τρία μετά-επίπεδα : TOP – IFF-TYPE, UPPER – IFF-META, LOWER – NATURAL PART. Αυτά τα μετα-επίπεδα αντιστοιχούν στην θεωρητική διάκριση των συνόλων μεταξύ 1) γενικού (generic), 2) μεγάλου (large), και 3) μικρού (small).



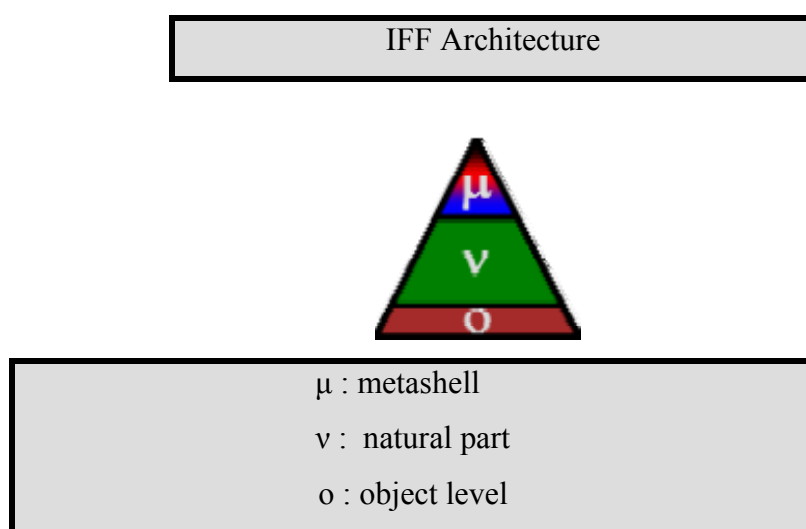
Εικόνα 4.7. : Η ιεραρχία συλλογής του πλαισίου IFF (*Robert E. Kent, 2000*)

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας – IFF αποτελείται από θεωρίες συνόλων. Η ορολογία του πλαισίου IFF είναι μαθηματική και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του. Επιπλέον αποτελεί σημαντικό κριτήριο στις αλλαγές που είναι απαραίτητες να γίνουν, αλλά και στον τρόπο που μπορούν να διεξαχθούν αυτές. Άλλωστε η μαθηματική αισθητική περιέχει απλότητα, γόητρο και δύναμη έκφρασης

Από την άποψη των θεωρητικών συνόλων (theoretic perspective), η ιεραρχία σε μετά επίπεδα του Πλαισίου ροής Πληροφορίας (IFF) αντιστοιχεί στην ιεραρχία

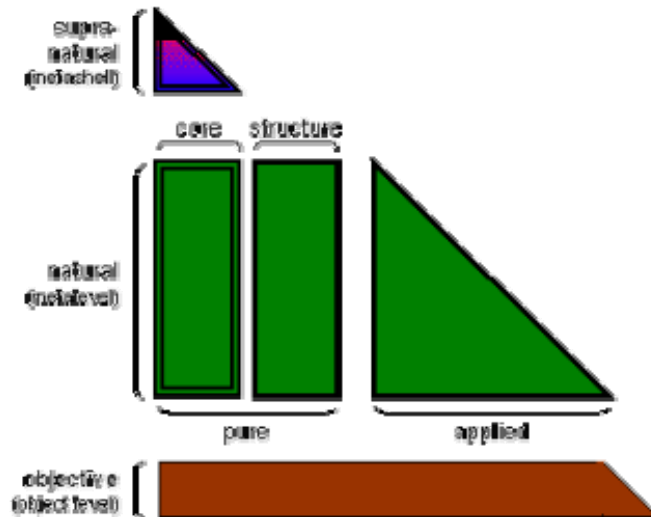
- 2) συλλογών (collections),
- 3) τάξεων – ταξινομήσεων (classes) και
- 4) συνόλων (sets).

Στο συγκεκριμένο Πλαίσιο (IFF) όλες οι σχέσεις είναι αυστηρά δυαδικές και όλες οι λειτουργίες είναι αυστηρά μοναδικές. Σε αυτό το σημείο καλό είναι να σημειωθεί ότι το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας –IFF αναπτύσσεται σύμφωνα με τη Θεωρία Κατηγοριών –category theory, στην οποία τα τρία μετα- επίπεδα διακρίνονται ανάλογα με τη χρήση. Κάθε μετα-επίπεδο παρέχει μία γλώσσα για την αναπαράσταση ενός επιπέδου πιο κάτω από αυτό. Το ανώτερο TOP-/IFF- TYPE μεταεπίπεδο παρέχει μία γλώσσα για την αναπαράσταση του UPPER/ IFF-META μεταεπιπέδου. Το UPPER/ IFF-META μεταεπίπεδο με τη σειρά του παρέχει μία γλώσσα για την αναπαράσταση και εξήγηση του LOWER/ NATURAL- PART μεταεπιπέδου. Τέλος το LOWER/ NATURAL- PART μεταεπίπεδο παρέχει μία γλώσσα για την αναπαράσταση και εξήγηση του αντικειμενικού επιπέδου – OBJECT LEVEL.



Εικόνα 4.8. : Αρχιτεκτονική IFF (*Robert E. Kent, 2006*)

Η αρχιτεκτονική του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) (Εικόνα 4.9.) είναι μια δομή δύο διαστάσεων που αποτελείται από επίπεδα (κάθετη διάσταση – vertical dimension) και ειδικούς χώρους ονομάτων – namespaces (οριζόντια διάσταση – horizontal dimension).



Εικόνα 4.9 : Αρχιτεκτονική IFF (Robert E. Kent, 2006)

Κάθε μεταεπίπεδο διαιρείται σε namespaces των οποίων ο αριθμός και το περιεχόμενο μπορεί να ποικίλουν με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον εντός οποιουδήποτε επιπέδου, διάφορα namespaces συγκεντρώνονται μαζί σε εννοιολογικά σύνθετα που ονομάζονται μετα-οντολογίες. Σε οποιοδήποτε μετα-επίπεδο αυτές οι μετα-οντολογίες καλύπτουν όλα τα namespaces σε αυτό το μετα-επίπεδο, υπάρχει όμως πιθανότητα και να το ξεπερνούν. Ο αριθμός των μετα-οντολογιών και το περιεχόμενο οποιασδήποτε μετα-οντολογίας μπορεί να ποικίλει με το χρόνο.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.9. τα μεταεπίπεδα εκτείνονται στον κάθετο άξονα ενώ τα namespaces στον οριζόντιο. Κάθετα λοιπόν διαιρούνται στο επίπεδο αντικειμένων/object level, το οποίο βρίσκεται όπως φαίνεται και στην εικόνα στο κάτω μέρος, στο υπερφυσικό τμήμα ή αλλιώς μετα-κελί/ supranatural – metashell το οποίο τοποθετείται στο ανώτερο τμήμα και τέλος στο αχανές ενδιάμεσο φυσικό τμήμα/natural part.

- Το μετακελί / metashell αποτελείται από τρία μεταεπίπεδα : το “meta”, “type” και “iff” όπου το καθένα εξυπηρετεί συγκεκριμένες λειτουργίες και ορισμένες βασικές έννοιες συνόλων. Σε αυτό το τμήμα έχει μετατεθεί και η λογική έκφραση. Χρησιμοποιείται από διάφορες μεταοντολογίες και ενεργεί ως ένας μηχανισμός έναρξης από τον οποίο μπορεί να ξεκινήσει να αναπτύσσεται το φυσικό τμήμα.
- Το φυσικό τμήμα / natural part διαιρείται σε δύο όψεις την απλή – θεωρητική (pure) και την εφαρμόσιμη (applied). Η απλή – θεωρητική όψη (pure)

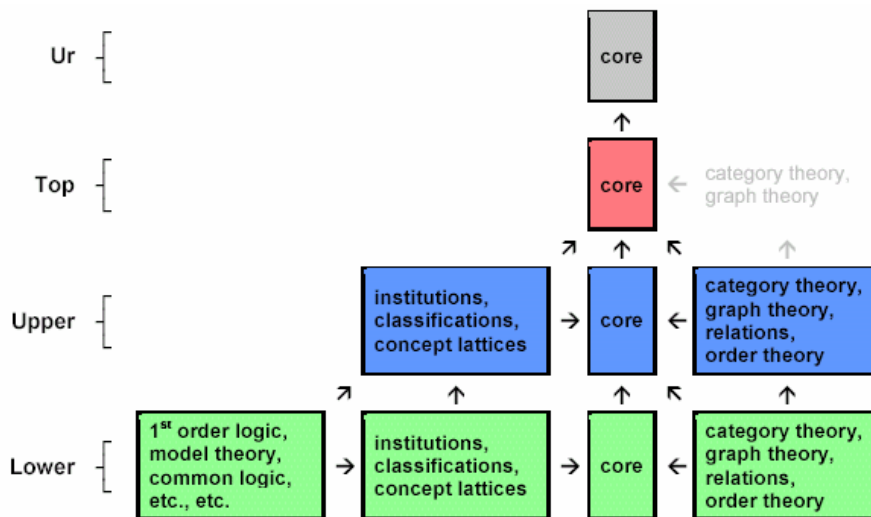
διαίρεται περαιτέρω σε βασικά και δομικά συστατικά, ενώ η εφαρμόσιμη όψη περιέχει μεταοντολογίες οι οποίες είναι απαραίτητες για εφαρμογές λογικής και σημειολογικής λειτουργικότητας, αφού παρέχουν την ορολογία και καθορίζουν βασικά αξιώματα.

- Το επίπεδο αντικειμένων / object level απεικονίζει ουσιαστικά την πραγματικότητα και τι συμβαίνει στον υπάρχων κόσμο.

Στο σημείο αυτό θα αναφερθεί η πιο ουσιαστική αλλαγή που έχει γίνει στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) και είναι η επέκταση του χαμηλού μετα-επιπέδου στην προηγούμενη αρχιτεκτονική σε φυσικό τμήμα της σημερινής αρχιτεκτονικής. Συνοπτικά λοιπόν ισχύουν τα παρακάτω :

- Το παλιό χαμηλό μετα-επίπεδο (lower metalevel), στην προηγούμενη αρχιτεκτονική, έγινε φυσικό τμήμα (natural part) στη σημερινή αρχιτεκτονική.
- Το παλιό ανώτερο μετα-επίπεδο (upper metalevel) έγινε IFF-META namespace
- Το παλιό ανώτατο μετα-επίπεδο (top metalevel) έγινε IFF – TYPE namespace και τέλος
- Το παλιό UR μετα-επίπεδο (ur metalevel) έγινε IFF-IFF namespace

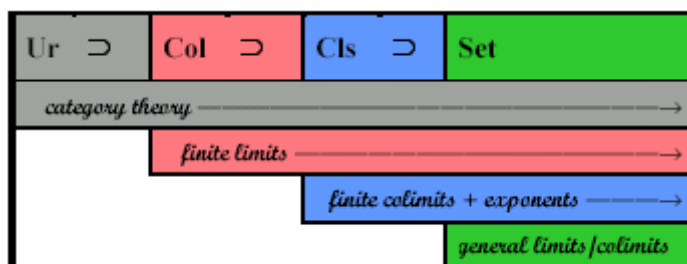
Στην εικόνα 4.10 απεικονίζεται η αρχιτεκτονική του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) με τη σημερινή μορφή:



Εικόνα 4.10 : Αρχιτεκτονική IFF (Robert E. Kent, 2006)

4.9. IFF METALANGUAGES

Η IFF ορολογία οργανώνεται σε μετα-επίπεδα και κάθε μετα-επίπεδο συσχετίζεται με μία μετα-γλώσσα,. Η ορολογία κάθε μετα-γλώσσας καθορίζεται από διάφορες μετα-οντολογίες στο συγκεκριμένο μετα-επίπεδο και χρησιμοποιείται από μετα-οντολογίες και οντολογίες σε χαμηλά επίπεδα.



Διάγραμμα 5.16 : IFF – Metastack (Robert E. Kent, 2006)

Στο διάγραμμα έχουμε συσχετίσει κάθε πρωταρχικό χρώμα με κάθε μετα-επίπεδο :

- Το **μαύρο** χρώμα με το ur metalevel
- Το **κόκκινο** με το top metalevel
- Το **μπλε** με το upper metalevel και τέλος
- Το **πράσινο** με το lower metalevel

Γενικά, η ορολογία, η οποία εισάγεται σε οποιοδήποτε μετα-επίπεδο χρησιμοποιεί την ορολογία στα ίδια ή και σε ανώτερα μετα-επίπεδα. Οι αντικειμενο-επίπεδες οντολογίες χρησιμοποιούν ορολογία αλλά και λειτουργικότητα υψηλότερου μετα-επιπέδου.

Τα lower metalevel namespaces και οι οντολογίες (μετα-οντολογίες) χρησιμοποιούν υψηλότερη μετα-επίπεδη ορολογία και λειτουργικότητα. Τα namespaces και οι μετα-οντολογίες στο φυσικό τμήμα χρησιμοποιούν ορολογία και λειτουργικότητα μετακελιού.

Οποιαδήποτε μετα-γλώσσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις μετα-οντολογίες και τις οντολογίες στο ίδιο ή και σε χαμηλότερα επίπεδα. Μαζί με το λογικό κελί, υπάρχει και μία ιεραρχία μετα-γλωσσών που συντονίζεται από τον βασικό πυρήνα (core kernel) και ονομάζεται IFF metastack.

- Κάθε lower level μετα-γλώσσα περιλαμβάνει την αμέσως πιο πάνω από αυτή, με το λογικό κελί να είναι εσωτερικό αυτής.

- Οποιαδήποτε αντικειμενο-επίπεδη γλώσσα χρησιμοποιεί την IFF – metalanguage (μετα-γλώσσα) και την διαδικασία καθορισμού αξιωμάτων αυτής. Έτσι, εννοιολογικά υπάρχει ένας απεριόριστος αριθμός μετα-γλωσσών. Στην πραγματικότητα υπάρχουν μόνο πέντε μετα-γλώσσες.

$$\text{IFF} = \langle \text{IFF}_n \rangle \text{ IFF}_{\text{meta}} \rangle \text{ IFF}_{\text{type}} \rangle \text{ IFF}_{\text{iff}} \rangle \text{ logic} \rangle,$$

αφού το n επίπεδο είναι ένα γενικό και παραμετρικό επίπεδο.

Έτσι λοιπόν προκύπτει το εξής συμπέρασμα: Κάθε μετα-γλώσσα σε ένα ιδιαίτερο μετα-επίπεδο εξειδικεύεται με όρους του αμέσως επόμενου υψηλού επιπέδου μετα-γλώσσας μαζί με την ορολογία και τον καθορισμό αξιωμάτων σε αυτό το επίπεδο.

meta-ur	=	IFF-KIF	+	IFF-UR terminology	+	meaning IFF-UR axioms
meta-top	=	meta-ur	+	IFF-TCO terminology	+	meaning IFF-TCO axioms
meta-upper	=	meta-top	+	IFF-UCO terminology	+	meaning IFF-UCO axioms
meta-lower	=	meta-upper	+	IFF-LCO terminology	+	meaning IFF-LCO axioms

Πίνακας 5.17 : Παρουσίαση μεταγλωσσών (Robert E. Kent, 2006)

ΠΕΜΠΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγή

Στη συγκεκριμένη υποενότητα του πέμπτου κεφαλαίου θα παρουσιαστούν ορισμένα παραδείγματα για να γίνουν αντιληπτά όσα έχουν αναλυθεί στο τέταρτο κεφάλαιο για το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF)

Αρχικά θα αναφερθούν παραδείγματα που αφορούν τη θεωρία IFF.

5.2. Θεωρία IFF

1^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: *Θεωρία χρωμάτων - Color Theory*

Το ακόλουθο παράδειγμα εξειδικεύει ένα “ελεγχόμενο λεξιλόγιο” στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF). Αυτή η “συμβολική” θεωρία της Ροής Πληροφορίας αναπαριστά μία μάλλον περιορισμένη συλλογή χρωματικών όρων, όπου οι τύποι εντός της θεωρίας είναι αυτόματα στιγμιότυπα. Για παράδειγμα, “το κόκκινο χρώμα” είναι “χρώμα στιγμιότυπο”.

“Rainbow Colors(χρώματα ουράνιου τόξου) = {κόκκινο (red), πορτοκαλί (orange), κίτρινο (yellow), πράσινο (green), μπλε (blue), λουλακί (indigo) and βιολετί (violet)}.”

(Robert E. Kent, 2006)

Θεωρία IFF (Theory IFF)

Το παράδειγμα παρακάτω απεικονίζει μία θεωρία και τη γλώσσα της συγκεκριμένης θεωρίας.

```
<IFF>
  <Theory id="Rainbow" genus="Color">
    <language>
      <Language>
        <Entity name="red"/>
        <Entity name="orange"/>
        <Entity name="yellow"/>
        <Entity name="green"/>
        <Entity name="blue"/>
        <Entity name="indigo"/>
        <Entity name="violet"/>
      </Language>
    </language>
    <partition>
      <red/><orange/><yellow/><green/><blue/><indigo/><violet/>
    </partition>
  </Theory>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

Φυσικά, κάποια στιγμή θα γίνει αντιληπτό ότι αυτά δεν είναι αρκετά χρώματα και θα χρειαστούν επιπλέον ένα άσπρο κι ένα μαύρο χρώμα.

“Day-Nite Colors = Rainbow Colors + {black, white}.”

Έτσι με αυτό τον τρόπο απλά θα επεκταθεί η παραπάνω θεωρία εισάγοντας και τα καινούρια χρώματα. Αυτή η επεκτατική θεωρία μπορεί να τοποθετηθεί στην παραπάνω χρωματική οντολογία (Color ontology) ή ίσως να τοποθετηθεί σε μία ξεχωριστή οντολογία (όπως παρακάτω) η οποία επεκτείνει την χρωματική οντολογία.

Θεωρία IFF (Theory IFF) –(για όλα τα χρώματα μαζί με άσπρο και μαύρο)

```
<IFF>
  <Theory id="Day-Nite" genus="color"/>
  <extends href="http://www.ontologos.org/iff/ontology/">
  <extends theory="Rainbow" href="http://www.color.org/theory/Rainbow/">
  <language>
    <Language>
      <Entity name="white"/>
      <Entity name="black"/>
    </Language>
  </language>
  <partition>
    <Rainbow:red/><Rainbow:orange/><Rainbow:yellow/><Rainbow:green/>
    <Rainbow:blue/><Rainbow:indigo/><Rainbow:violet/><white/><black/>
  </partition>
</Theory>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

2^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : Θεωρία Κινηματογραφικών ειδών - Movie Genre Theory

Ένα άλλο παράδειγμα είναι τα κινηματογραφικά είδη. Το συγκεκριμένο παράδειγμα εξειδικεύει ένα άλλο “ελεγχόμενο λεξιλόγιο” στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF). Το λεξιλόγιο αυτό αφορά τα κινηματογραφικά είδη στο Internet και προσπαθεί τα συγκεκριμένα είδη να τα περιγράψει. Τα διάφορα κινηματογραφικά είδη φαίνονται στην παρακάτω λίστα με τις ακόλουθες περιγραφές. Κανένας περιορισμός μεταξύ τους δεν καθορίζεται. Σαν αποτέλεσμα, αυτό δημιουργεί τη μικρότερη θεωρία ροής πληροφορίας στο σύνολο που αφορά κινηματογραφικά είδη.

“Genre = {Action, Adventure, Animation, Children's, Comedy, Crime, Documentary, Drama, Film-Noir, Horror, Musical, Mystery, Romance, Sci-Fi, Thriller, War, Western}.”

(Robert E. Kent, 2006)

Με αντίστοιχο τρόπο όπως και στα χρώματα μπορεί να κατασκευαστεί η Θεωρία για τα κινηματογραφικά είδη και να εκφραστεί σε γλώσσα IFF.

Άλλα παραδείγματα που σχετίζονται με το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας – IFF και βοηθούν στην κατανόηση του, είναι τα παρακάτω :

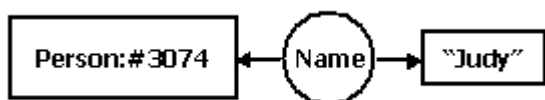
5.3. Αρχικός Τύπος Οντότητα – Primitive Entity Type

3^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

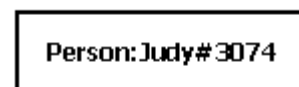
Σε αυτό το παράδειγμα παρουσιάζεται ο Αρχικός Τύπος Οντότητα. Έτσι λοιπόν δίνεται η αγγλική φράση “the person named Judy - το άτομο που ονομάζεται Judy” και σύμφωνα με αυτή αναλύεται ο Ενωσιολογικός Γραφικός Τύπος όπως φαίνεται παρακάτω :

Ενωσιολογικός Γράφος (Conceptual Graph Display Form)

NORMAL FORM



ABBREVIATED FORM



Εικόνα 5.39 : Απεικόνιση Ενωσιολογικού Γράφου (Κανονικός και συντομογραφικός τύπος) *(Robert E. Kent, 2006)*

Επιπλέον δίνεται και ο Γραμμικός Τύπος του παραπάνω γράφου:

Conceptual Graph Linear Form

[Person:#3074] <- (Name) -> ["Judy"] **or** [Person:Judy#3074]

Και τέλος παρουσιάζεται το μοντέλο IFF:

IFF MODEL –ΜΟΝΤΕΛΟ IFF

<Person name="Judy" id="3074"/> (abbreviated form)

(Robert E. Kent, 2006)

5.4. Αρχικός Σχεσιακός Τύπος –Primitive Relation Type

4^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Εδώ παρουσιάζεται ένα παράδειγμα Αρχικού Σχεσιακού Τύπου. Δίνεται η αγγλική πρόταση “a cat is on a mat – μία γάτα βρίσκεται πάνω σε ένα χαλάκι”, και παρουσιάζονται παρακάτω ο εννοιολογικός γράφος, ο γραμμικός τύπος του εννοιολογικού γράφου, ο πληροφοριακός τύπος KIF (Knowledge Interchange Format), και το πλαίσιο IFF.

Εννοιολογικός Γράφος (Conceptual Graph Display Form)



Εικόνα 5.40 : Απεικόνιση εννοιολογικού γράφου. (Robert E. Kent, 2006)

Γραμμικός Τύπος (Conceptual Graph Linear Form)

[Cat]<- (On) ->[Mat]

Interchange Format : [Cat: *x] [Mat: *y] (On ?x ?y)

IFF : <on first="Cat#" second="Mat#" />

KIF : (exists ((?x cat) (?y mat)) (On ?x ?y))

Θεωρία και Γλώσσα IFF

```
<IFF>
  <Language id="Example" version="1.0">
    <comment>A simple example ontological language.</comment>
    <extends language="IFF" href="http://www.ontologos.org/IFF/language/" />
    <Object name="Cat" />
    <Object name="Mat" />
    <Relation name="on">
      <comment>The preposition "On"</comment>
      <sign pos="1" name="agent" entity="Cat" />
      <sign pos="2" name="object" entity="Mat" />
    </Relation>
  </Language>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

Μοντέλο IFF (1^η έκδοση)

```
<IFF>
  <Model language="http://www.cg.org/example/">
    <Classification kind="rel">
      <on>
        <agent><Cat#/></agent>
        <object><Mat#/></object>
      </on>
    </Classification>
  </Model>
</IFF>
```

Μοντέλο IFF (2^η έκδοση)

```
<IFF>
  <Model language="http://www.cg.org/example/">
    <Classification kind="ent">
      <Cat id="x"/>
      <Mat id="y"/>
    </Classification>
    <Classification kind="rel">
      <on src="x" tgt="y"/>
    </Classification>
  </Model>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

5.5. Έκφραση - Expression

Οι εκφράσεις IFF είναι ανάλογες με τις εννοιολογικές γραφικές εκφράσεις λάμδα. Για οποιοδήποτε φυσικό αριθμό n μία νυαδική έκφραση έχει δύο τμήματα : ένα **σώμα** και μία **υπογραφή**.

- Το **σώμα** είναι μία λογική έκφραση στην συνηθισμένη λογική. Ο φυσικός αριθμός n ονομάζεται συνδυαστική δύναμη της έκφρασης. Το σώμα έχει n οντότητες καθώς και τυπικές παραμέτρους οι οποίοι αριθμούνται από το 1 έως το n κάθε ευρετήριο από το 1 έως το n .
- Η **υπογραφή** της έκφρασης είναι μία λίστα (t_1, \dots, t_n) , όπου κάθε στοιχείο t_i στη λίστα είναι ο τύπος οντότητα της i παραμέτρου της έκφρασης. Στο IFF το στοιχείο t_i είναι του τύπου

```
<sign position="i" μεταβλητή - variable="x" όνομα -
name="n" οντότητα - entity="t">
```

Η μηδενική έκφραση δεν έχει καθόλου τυπικές παραμέτρους γι' αυτό και η υπογραφή της είναι η άδεια ακολουθία.

Συχνά χρησιμοποιείται η λέξη “ποσοτικοποιητές”. Η λέξη αυτή αναφέρεται σε μεταβλητές οι οποίες προσδίδουν αριθμητική τιμή στις οντότητες.

Η πιο σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι εκφράσεις στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) θεωρούνται ειδικές περιπτώσεις σχεσιακών τύπων. Τα IFF εκφραστικά στοιχεία έχουν τρία XML χαρακτηριστικά :

- Τη θέση (position) η οποία χρησιμοποιείται ως Τοπικός Δείκτης Γνωστοποίησης αφού εξερευνά τη θέση μιας συζήτησης
- Το όνομα (name) το οποίο προσφέρει ένα μνημονικό όνομα για την επιχειρηματολογία και
- Η μεταβλητή (variable) που είναι η γραμμή που συνδέει την υπογραφή και το σώμα.

5^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ :

Ο εννοιολογικός γράφος για την πρόταση “Gohn is going to Boston by bus – ο Γιάννης πηγαίνει στη Βοστώνη με το Λεωφορείο ” μπορεί να αναπαρασταθεί ως δυαδική έκφραση αντικαθιστώντας το όνομα Γιάννης και το όνομα Βοστώνη.

Εννοιολογικός Γράφος - Conceptual Graph

Ο εννοιολογικός γραφικός και γραμμικός τύπος σημειώνει τις παραμέτρους με όρους του ελληνικού χαρακτήρα λ

[Person: λ₁] ← (agent) ← [Go] → (destination) → [City: λ₂]

Η εννοιολογική γραφική πληροφοριακή σημείωση αποφεύγει το χαρακτήρα λ και αναπαριστά λάμδα εκφράσεις με έναν τύπο που δείχνει την υπογραφή με σαφή τρόπο:

(lambda

(Person*x, City*y)

[Go *z] (agent ?z ?x) (destination ?z ?y))

IFF

Ο σταθερός IFF τύπος είναι όπως φαίνεται ακολούθως :

```
<Expression>
  <Signature>
    <Person pos="1" var="x" name="person"/>
    <City pos="2" var="y" name="city"/>
  </Signature>
  <Go><agent value="x"/><destination value="y"/></Go>
</Expression>
```

(Robert E. Kent, 2006)

Η υπογραφή θα μπορούσε να εκφραστεί ως ακολούθως :

```
<sign pos="1" var="x" name="person" entity="Person">
<sign pos="2" var="y" name="city" entity="City">
```

(Robert E. Kent, 2006)

6^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ :

Η ακόλουθη πρόταση αναπαρίσταται ως αξίωμα στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF):

“A person is an author of a document iff that document is a publication of that person – ένα άτομο είναι ένα συγγραφέας ενός εγγράφου αν το έγγραφο είναι έκδοση αυτού του ατόμου.”

IFF

```
<Expression>
  <comment>
    A person is an author of a document iff
    that document is a publication of that person.
  </comment>
  <Signature/>
  <Forall var="p" entity="Person">
  <Forall var="d" entity="Document">
    <equiv>
      <author person="p" document="d"/>
      <publication document="d" person="p"/>
    </equiv>
  </Forall>
</Forall>
</Expression>
```

(Robert E. Kent, 2006)

Αυτή είναι μία κλειστή έκφραση και έχει μία άδεια υπογραφή. Χρησιμοποιώντας τη δυαδική μεταθετική σχέση στο σχεσιακό τύπο στη βάση της IFF οντολογικής γλώσσας, το παραπάνω αξίωμα γίνεται ακόμα πιο απλό όπως φαίνεται πιο κάτω :

```
<transpose relation1="author" relation2="publication"/>
```

(Robert E. Kent, 2006)

5.6. Πλαίσια (Θέματα) – Contexts

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα αναφερθούν κάποια παραδείγματα τα οποία αναλύουν κάποιο συγκεκριμένο θέμα.

7^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

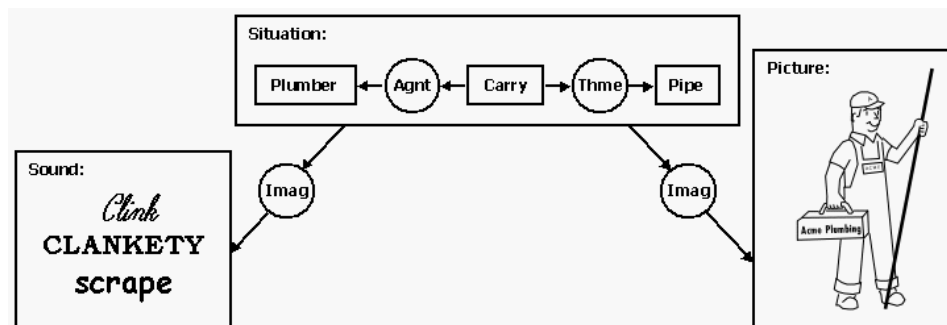
Οι ακόλουθοι τύποι στον εννοιολογικό γράφο και στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) αναπαριστούν την αγγλική πρόταση :

“the plumber is carrying a pipe – ένας υδραυλικός μεταφέρει ένα σωλήνα. ”

Αυτό το παράδειγμα πάρθηκε από τον CGIF (Εννοιολογικός Εναλλακτικός Τύπος - Conceptual Interchange Format), το οποίο χρησιμοποιεί μία IFF έκφραση για να αναπαραστήσει τον εννοιολογικό γράφο. Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζεται η κατάσταση του τύπου αντικειμένου και περιγράφεται η εργασία ενός υδραυλικού. Συγκεκριμένα ο υδραυλικός είναι αυτός που κάνει μία ενέργεια και το αντικείμενο λειτουργία δείχνει ότι ο σωλήνας είναι το θεματικό αντικείμενο της ενέργειας.

Η κατάσταση στιγμιότυπο συνδέεται από τη δεξιά μεριά όπως φαίνεται και στο σχήμα με μία εικόνα (image), ενώ από τη αριστερή με ήχο. Το ρήμα “carry - μεταφέρω” αναπαρίσταται με την δυαδική σχέση Carry.

Εννοιολογικός γράφος – Conceptual Graph



Εικόνα 5.41 : Απεικόνιση εννοιολογικού τύπου του παραδείγματος με τον υδραυλικό (Robert E. Kent, 2006)

Εναλλακτικός τύπος – Interchange Format

```
[Situation *s
  (Agnt [Plumber] [Carry *c])
  (Thme ?c [Pipe])]
(Imag ?s [Sound: %WAV"..."; The literal string encodes the audio. ])
(Imag ?s [Picture: %JPEG"..."; The literal string encodes the
image.])]
```

(Robert E. Kent, 2006)

IFF

Ο τύπος σύνδεσης στην οντολογία είναι ο εξής : carry→Carry. Επιπλέον υπάρχουν τρεις τύποι σχέσεων/λειτουργιών που είναι : περιγραφή (desc – description), θέμα (thme – thematic object), παράγοντας (agnt – agent). Αυτοί οι τύποι σχέσεων/λειτουργιών υπάρχουν μαζί με την εννοιολογική γραφική οντολογία. Επίσης προστίθενται εδώ και τρεις τύποι οντοτήτων : άτομο (person), άψυχα αντικείμενα (inanimate objects) και κατάσταση (situation).

ΓΛΩΣΣΑ - LANGUAGE

```
<IFF>
  <Ontology version="1.0">
    <extends href="http://www.ontologos.org/ontology"/>
    <extends ontology="CG" href="http://www.cg.org/ontology"/>
    <Object name="Plumber"/>
    <Object name="Pipe"/>
    <Relation name="carry" source="Plumber" target="Pipe"/>
    <Object name="Carry" rel="carry">
      <Function name="CG:agent" target="Plumber"/>
      <Function name="CG:thme" target="Pipe"/>
    </Object>
    <subtype specific="Plumber" generic="CG:Person"/>
    <subtype specific="Pipe" generic="CG:Inanimate_Object"/>
    <subtype specific="Carry" generic="CG:Act"/>
  </Ontology>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

MONTELO – MODEL

Αρχικά ορίζεται μία IFF έκφραση για να αναπαρασταθεί η φράση : “ένας υδραυλικός μεταφέρει ένα σωλήνα – a plumber is carrying a pipe.” Αυτή τοποθετείται στο πλαίσιο μιας κατάστασης τύπου στιγμιότυπου έχοντας μέσα της ένα περιγραφικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης κατάστασης. Η έκφραση IFF αντιστοιχεί στον εννοιολογικό γράφο που βρίσκεται φωλιασμένος στο πλαίσιο της συγκεκριμένης κατάστασης.

Καθορίζονται αντικείμενα μόνο όταν έχουν ένα όνομα που να υπονοεί ότι έχουν μία ιδιαίτερη ύπαρξη. Άλλα αντικείμενα υπάρχουν, αλλά είναι απλά ποσοτικοποιημένα. Έτσι λοιπόν εδώ χρησιμοποιούνται δύο συντομογραφίες για υπάρχουσα ποσοτικοποίηση :1) ορίζουμε αντικείμενα (χωρίς ταυτότητες) και 2) χρησιμοποιούμε αναφορές με τον τύπο `type#` που είναι τροποποιημένες χωρίς τον στιγμιότυπο καθοριστή – για παράδειγμα `<plumber # />`.

Μοντέλο IFF

```
<Expression>
  <Signature/>
  <CG:Situation
    text="A plumber is carrying a pipe."
    picture="http://www.plumberpipe.com/PlumberPipe.jpeg"
    sound="http://www.plumberpipe.com/PlumberPipe.wav">
  <CG:desc>
    <Expression>
      <Signature/>
      <Carry><CG:agnt value="Plumber#"/><CG:thme
value="Pipe#"/></Carry>
    </Expression>
  </CG:desc>
</CG:Situation>
</Expression>
```

(Robert E. Kent, 2006)

5.7. Θεμελίωση Ροής Πληροφορίας

8^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Λογική ταινιών - Movie Genre Logic

Ως παράδειγμα λογικών σχηματισμών του συνόλου τύπων, θεωρούνται οι ταινίες ορισμένου είδους (genre). Οι ταινίες αυτές παρέχουν ένα ενδιαφέρον παράδειγμα μιας δυαδικής οντολογικής σχέσης που μπορεί απευθείας να χρησιμοποιηθεί σαν στοιχείο ταξινόμησης της λογικής IF (απειθείας εννοιολογική κλίμακα). Σε μία οντολογία - ταινία τα στιγμιότυπα μπορούν να είναι διάφορα είδη (genres) και η πληροφορία του είδους (genre) αναπαρίσταται ως δυαδική οντολογική σχέση :

Είδος(Genre) \subseteq Ταινία x Είδος (Movie x Genre)

Αφού η δυαδική σχέση είναι μεταξύ της επέκτασης (σύνολο στιγμιότυπων) ενός τύπου αντικειμένων Movie-ταινία και ενός ελεγχόμενου λεξιλογίου ορισμένου είδους (Genre), μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μία IF ταξινόμηση με στιγμιότυπα τις ταινίες , τύπους τα είδη (genres) και περιπτώσεις να είναι η σχέση είδους (genre).

- Η θεωρία της λογικής είναι το ελεγχόμενο Genre λεξιλόγιο. Αυτό το ελεγχόμενο λεξιλόγιο ειδικεύεται ως μία θεωρία IF, συσχετιζόμενη με την οντολογία που χρησιμοποιείται
- Η ταξινόμηση της λογικής χρειάζεται μόνο ένα σύνολο στιγμιότυπων και μία περίπτωση σχέσης
- Η επέκταση της ταινίας σχηματίζει το σύνολο στιγμιότυπων. Αυτό το στιγμιότυπο μεταδεδομένων μπορεί να περιέχεται σε ένα στιγμιότυπο στοιχείο της ταξινόμησης οντοτήτων του μοντέλου IFF. Η μόνη πληροφορία που χρειάζεται από αυτό το μοντέλο είναι το id και η έκθεση πληροφορίας.
- Η δυαδική genre σχέση μετασχηματίζεται από μία άμεση εννοιολογική κλίμακα σε μία περίπτωση σχέσης για το ταξινομημένο στοιχείο της λογικής. Αυτά τα στιγμιότυπα μεταδεδομένα περιέχονται σε ένα πιθανόν ίδιο IFF μοντέλο καθώς το μοντέλο περιέχει το πληροφοριακό σύνολο στιγμιότυπων.

Το γεγονός ότι το ελεγχόμενο λεξιλόγιο είναι μία θεωρία υπονοεί τις σχέσεις ταξινομήσεις. Για να απεικονιστεί αυτό το παράδειγμα, θεωρείται η ακόλουθη ταξινόμηση 10 πιο γνωστών ταινιών.

Movie Genre	Action	Adventure	Animation	Comedy	Crime	Drama	Film-Noir	Mystery	Romance	Sci-Fi	Thriller	War
Star Wars	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
The Wrong Trousers	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
The Shawshank Redemption	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
Pulp Fiction	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
The Usual Suspects	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Toy Story	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Schindler's List	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Casablanca	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Blade Runner	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Citizen Kane	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.44 : πίνακας παρουσίασης 10 πιο γνωστών ταινιών (Robert E. Kent, 2006)

Εδώ είναι η αναπαράσταση ως μία IFF λογική χρησιμοποιώντας το στοιχείο typ.

Θεωρία IFF

ONTOLOGIA - ONTOLOGY

```
<IFF>
  <Ontology id="Movie" version="1.0">
    ...
    <Object name="Movie"/>
    <Object name="Genre"/>
    ...
    <Relation name="genre" source="Movie" target="Genre"/>
    ...
  </Ontology>
</IFF>
```

MONTELO – MODEL

```
<IFF>
  <Model ontology="http://www.movie.org/ontology">
    <Classification kind="ent">
      ...
      <Movie id="Star_Wars_(1977)"/>
      <Movie id="Wrong_Trousers,_The_(1993)"/>
      <Movie id="Shawshank_Redemption,_The_(1994)"/>
      <Movie id="Pulp_Fiction_(1994)"/>
      <Movie id="Usual_Suspects,_The_(1995)"/>
      <Movie id="Toy_Story_(1995)"/>
      <Movie id="Schindler's_List_(1993)"/>
      <Movie id="Casablanca_(1942)"/>
      <Movie id="Blade_Runner_(1982)"/>
      <Movie id="Citizen_Kane_(1941)"/>
      ...
    </Classification>
    <Classification kind="rel">
      <genre src="Star_Wars_(1977)" tgt="Action"/>
      <genre src="Star_Wars_(1977)" tgt="Adventure"/>
      ...
      <genre src="Citizen_Kane_(1941)" tgt="Drama"/>
    </Classification>
  </Model>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

ΛΟΓΙΚΗ – LOGIC (type set form)

```
<IFF>
  <Logic
    theory="http://www.movie.org/theory/Genre">
    <Classification kind="inc">
      <typ obj="Star_Wars_(1977)">
        <Action/><Adventure/><Drama/><Sci-Fi/><War/></typ>
      <typ obj="Wrong Trousers, The (1993)">
        <Animation/><Comedy/><Thriller/></typ>
      <typ obj="Shawshank Redemption, The (1994)">
        <Drama/><Mystery/><Thriller/></typ>
      <typ obj="Pulp Fiction_(1994)"><Comedy/><Crime/><Drama/></typ>
      <typ obj="Usual Suspects, The_(1995)"><Crime/><Film-Noir/><Thriller/></typ>
      <typ obj="Toy Story (1995)"><Animation/><Comedy/></typ>
      <typ obj="Schindler's List (1993)"><Drama/><War/></typ>
      <typ obj="Casablanca (1942)"><Drama/><Romance/><War/></typ>
      <typ obj="Blade Runner (1982)"><Action/><Drama/><Film-Noir/><Sci-Fi/></typ>
      <typ obj="Citizen_Kane_(1941)"><Drama/></typ>
    </Classification>
  </Logic>
</IFF>
```

(Robert E. Kent, 2006)

9^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Λογική χρωματισμού των αυτοκινήτων– Automobile Color Logic

Ένα άλλο παράδειγμα του ειδικού τύπου λογικής “has relationship – έχει σχέση”, είναι αυτό όπου θεωρεί την ακόλουθη φυσική γλωσσική περιγραφή για τα χρώματα των αυτοκινήτων.

“There are seven automobiles – an old Chevrolet convertible, a Dodge truck, a Ford sedan, a Honda Civic, a Jeep Wrangler, a Lotus Esprit sports car and a Volvo luxury sedan. The Chevrolet has been repainted yellow. The Dodge is a two-tone green and blue truck. The Ford is a two-tone sedan with a blue top and a black bottom. The Honda Civic is violet colored and the Jeep is painted green. The Lotus is blue with a white top and the Volvo is indigo.” *(Robert E. Kent, 2006)*

“Υπάρχουν επτά αυτοκίνητα – ένα παλιό μετατρέψιμο Chevrolet, ένα Dodge φορτηγό, ένα Ford τριών όγκων, ένα Honda Civic, ένα Jeep Wrangler, ένα σπορ αυτοκίνητο Lotus Esprit και ένα πολυτελές Volvo. Το Chevrolet έχει ξανά χρωματιστεί κίτρινο. Το Dodge έχει δύο τόνους πράσινο και μαύρο φορτηγάκι. Το Ford έχει δύο τόνους αυτοκίνητο τριών όγκων με μπλε κορυφή και μαύρη βάση. Το Honda Civic είναι βιολετί και το Jeep έχει βαφτεί πράσινο. Η Lotus είναι μπλε με μία άσπρη κορυφή και το Volvo είναι λουλακί.” *(Robert E. Kent, 2006)*

Το χρώμα των αυτοκινήτων είναι φυσικά μοντελοποιημένο με την δυαδική σχέση.

<Relation name = “color” source = “Automobile” target = “RGB”/>,

όπου ο τύπος δεδομένων αναπαριστά τις τιμές των χρωμάτων κόκκινο - πράσινο – μπλε (RGB). Για παράδειγμα, ένα κόκκινο αυτοκίνητο έχει RGB τιμή “FF0000”. Τότε η παραπάνω περιγραφή θα μπορούσε να αναπαρασταθεί σαν ένα μοντέλο ροής πληροφορίας με την οντότητα ταξινόμησης να αναπαριστά το σύνολο των αυτοκινήτων και την σχεσιακή ταξινόμηση να αναπαριστά την σχέση χρώματος.

Όπως είναι φανερό μπορεί να καθοριστεί μία απλή θεωρία χρώματος για αυτή την κατάσταση, όπου τα κοινά χρώματα είναι δοσμένα ονόματα. Αυτή η θεωρία αναπαριστά ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο χρωμάτων. Κανονικά κάποιος θα μπορούσε να ερμηνεύσει τα χρώματα με απλή εννοιολογική κλίμακα σύμφωνα με τις τιμές RGB, αλλά για απλότητα εδώ θα υποτεθεί ότι η δυαδική χρωματική σχέση έχει έναν τύπο – στόχο το χρώμα και χρησιμοποιεί άμεση εννοιολογική κλίμακα.

< Relation name = “color” >

< sign pos = “1” name = “automobile” target = “automobile” / >

< sign pos = “2” name = “color” target = “Color : Color” / >

Έτσι προκύπτει η καινούρια χρωματική σχέση

Auto Color	red	orange	yellow	green	blue	indigo	violet	white	black
Chevrolet c	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Dodge d	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Ford f	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Honda h	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Jeep j	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lotus l	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Volvo v	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Πίνακας 5.45 : Πίνακας αναπαράστασης της νέας χρωματικής σχέσης(*Robert E. Kent, 2006*)

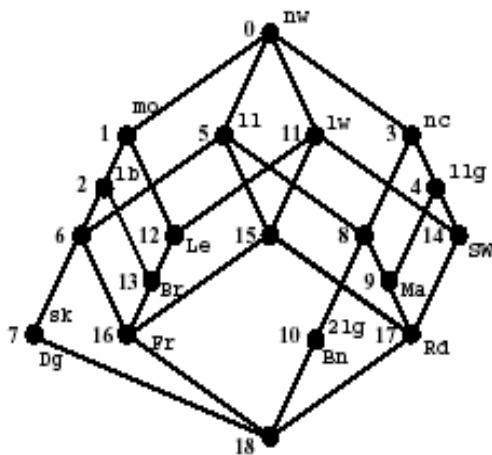
5.8. Η συμβολή της Θεωρίας FCA στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας IFF

10^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Παράδειγμα ταξινόμησης των ζώντων οργανισμών (δηλαδή αυτών που ζουν και υπάρχουν στο περιβάλλον) – concept lattice και iff

Η ταξινόμηση των όντων είναι ένα μικρό σύνολο δεδομένων, το οποίο υπάρχει, εννοιολογικά παγκόσμια, μεταξύ των ζώντων οργανισμών. Αυτή η ταξινόμηση που φαίνεται παρακάτω αποτελείται από οκτώ οργανισμούς (φυτά και ζώα) και εννέα ιδιότητές τους. Οι οργανισμοί είναι τα στιγμιότυπα (instances) της ταξινόμησης και οι ιδιότητες είναι οι τύποι (types). Η σχέση ταξινόμησης παρουσιάζεται σαν πίνακας Boolean στον χαμηλό πίνακα δεξιά.. Το εννοιολογικό πλέγμα των ζώντων οργανισμών το οποίο περιέχει δεκα εννέα τυπικές έννοιες απεικονίζεται στην πάνω αριστερά εικόνα.

Concept Lattice



Type Class

0	nw	needs water
1	lw	lives in water
2	ll	lives on land
3	nc	needs chlorophyll
4	2lg	2 leaf germination
5	1lg	1 leaf germination
6	mo	is motile
7	lb	has limbs
8	sk	suckles young

Εικόνα 5.49 : Απεικόνιση εννοιολογικού πλέγματος (Robert E. Kent, 2002)

Instance Class

0	Le	Leech
1	Br	Bream
2	Fr	Frog
3	Dg	Dog
4	SW	Spike Weed
5	Rd	Reed
6	Bn	Bean
7	Ma	Maize

Classification Relation

	nw	lw	ll	nc	2lg	llg	no	lb	sk
Le	x	x					x		
Br	x	x					x	x	
Fr	x	x	x				x	x	
Dg	x		x				x	x	x
SW	x	x		x		x			
Rd	x	x	x	x		x			
Bn	x		x	x	x				
Ma	x		x	x		x			

Εικόνα 5.50 : Πίνακας στιγμιοτύπων και πίνακας σχεσιακής ταξινόμησης (Robert E. Kent, 2002)

Ο ακόλουθος πίνακας περιέχει τις τυπικές έννοιες του εννοιολογικού πλέγματος των ζώντων οργανισμών με όρους extent, intent, instance generators (δημιουργούς στιγμιοτύπων) και type generators (δημιουργούς τύπων).

FORMAL CONCEPTS				
	Generators			
Index	Objects	Attributes	Extent	Intent
0		Needs water	{Leech,Bream, Frog,Dog,Spike weed, Reed, Bean, Maize}	{needs water}
1		is motile	{Leech, Bream, Frog, Dog}	{needs water, is motile }
2		has limbs	{Bream, Frog, Dog}	{needs water, is motile, has limbs }
3		needs chlorophyll	{Spike Weed, Reed, Bean, Maize}	{needs water, needs chlorophyll }
4		1 leaf germination	{Spike Weed, Reed, Maize}	{needs water, needs chlorophyll, 1 leaf germination }
5		lives on land	{Frog, Dog, Reed, Bean, Maize}	{needs water, lives on land }

6			{Frog, Dog }	{needs water, lives on land, is motile, has limbs }
7	Dog	suckles young	{Dog }	{needs water, lives on land, is motile, has limbs, suckles young }
8			{Reed, Bean, Maize }	{needs water, lives on land, needs chlorophyll }
9	Maize		{Reed, Maize}	{needs water, lives on land, needs chlorophyll, 1 leaf germination }
10	Bean	2 leaf germination	{Bean }	{needs water, lives on land, needs chlorophyll, 2 leaf germination }
11		lives in water	{Leech, Bream, Frog, Spike Weed, Reed }	{needs water, lives in water }
12	Leech		{Leech, Bream, Frog }	{needs water, lives in water, is motile }
13	Bream		{Bream, Frog }	{needs water, lives in water, is motile, has limbs }
14	Spike Weed		{Spike Weed, Reed }	{needs water, lives in water, needs chlorophyll, 1 leaf germination }
15			{Frog, Reed }	{needs water, lives in water, lives on land }
16	Frog		{Frog}	{needs water, lives in water, lives on land, is motile, has limbs }
17	Reed		{Reed }	{needs water, lives in water, lives on land, needs chlorophyll, 1 leaf }

				germination }
18	{ } = ∅			{needs water, lives in water, lives on land, needs chlorophyll, 2 leaf germination, 1 leaf germination, is motile, has limbs, suckles young }

Πίνακας 5.51 : Πίνακας τυπικών εννοιών και χαρακτηριστικών αυτών (Robert E. Kent, 2002)

Η ακόλουθη γλώσσα KIF αναπαριστά την ταξινόμηση των ζώντων οργανισμών.

```
(CLS$Classification Living)
((CLS$type Living) needs-water)
((CLS$type Living) lives-in-water)
((CLS$type Living) lives-on-land)
((CLS$type Living) needs-chlorophyll)
((CLS$type Living) 2-leaf-germination)
((CLS$type Living) 1-leaf-germination)
((CLS$type Living) is-motile)
((CLS$type Living) has-limbs)
((CLS$type Living) suckles-young)
((CLS$instance Living) Leech)
((CLS$instance Living) Bream)
((CLS$instance Living) Frog)
((CLS$instance Living) Dog)
((CLS$instance Living) Spike-Weed)
((CLS$instance Living) Reed)
((CLS$instance Living) Bean)
((CLS$instance Living) Maize)
...
(Living Leech needs-water)
(Living Leech lives-in-water)
(not (Living Leech lives-on-land))
(not (Living Leech needs-chlorophyll))
```

```
(not (Living Leech 2-leaf-germination))
(not (Living Leech 1-leaf-germination))
(Living Leech is-motile)
(not (Living Leech has-limbs))
(not (Living Leech suckles-young))
...
```

(Robert E. Kent, 2002)

Το πλέγμα των ζώντων οργανισμών είναι το εννοιολογικό πλέγμα της ταξινόμησης των ζώντων οργανισμών.

```
(CL$concept-lattice Living-Lattice)
(= Living-Lattice (CLS.CL$concept-lattice Living))
```

(Robert E. Kent, 2002)

Παράδειγμα λεξιλογικής ταξινόμησης - The Dictionary Classification

Εδώ θα αναφερθούν παραδείγματα ταξινομήσεων και πληροφοριομορφισμών παρμένα από το κείμενο ροής πληροφορίας : “η λογική των διανεμημένων συστημάτων από τον Barwise και Seligman.”

Η ακόλουθη γλώσσα KIF αναπαριστά την Webster ταξινόμηση. Αυτή η ταξινόμηση, η οποία είναι ένα μικρό τμήμα, της ταξινόμησης των αγγλικών λέξεων, σύμφωνα με τα διάφορα μέρη του λόγου όπως δίνονται στο λεξιλόγιο Webster, φαίνονται διαγραμματικά παρακάτω.

Webster	Noun	Int-Vb	Tr-Vb	Adj
bet	1	1	1	0
eat	0	1	1	0
fit	1	1	1	1
friend	1	0	1	0
square	1	0	1	1
...			...	

Πίνακας 5.52 :ταξινόμησης Webster(*Robert E. Kent, 2002*)

```

(CLS$classification Webster)
((CLS$type Webster) Noun)
((CLS$type Webster) Intransitive-Verb)
((CLS$type Webster) Transitive-Verb)
((CLS$type Webster) Adjective)
((CLS$instance Webster) bet)
((CLS$instance Webster) eat)
((CLS$instance Webster) fit)
((CLS$instance Webster) friend)
((CLS$instance Webster) square)
...
(Webster bet Noun)
(Webster bet Intransitive-Verb)
(Webster bet Transitive-Verb)
(not (Webster bet Adjective))
(not (Webster eat Noun))
(Webster eat Intransitive-Verb)
(Webster eat Transitive-Verb)
(not (Webster fit Adjective))
(Webster fit Noun)
(Webster fit Intransitive-Verb)
(Webster fit Transitive-Verb)
(Webster fit Adjective)
(Webster friend Noun)
(not (Webster friend Intransitive-Verb))
(Webster friend Transitive-Verb)
(not (Webster friend Adjective))
(Webster square Noun)
(not (Webster square Intransitive-Verb))
(Webster square Transitive-Verb)
(Webster square Adjective)
(CLS$classification Webster)
((CLS$type Webster) Noun)
((CLS$type Webster) Intransitive-Verb)
((CLS$type Webster) Transitive-Verb)
((CLS$type Webster) Adjective)
((CLS$instance Webster) bet)
((CLS$instance Webster) eat)
((CLS$instance Webster) fit)

```

```
((CLS$instance Webster) friend)
((CLS$instance Webster) square)
...
(Webster bet Noun)
(Webster bet Intransitive-Verb)
(Webster bet Transitive-Verb)
(not (Webster bet Adjective))
(not (Webster eat Noun))
(Webster eat Intransitive-Verb)
(Webster eat Transitive-Verb)
(not (Webster fit Adjective))
(Webster fit Noun)
(Webster fit Intransitive-Verb)
(Webster fit Transitive-Verb)
(Webster fit Adjective)
(Webster friend Noun)
(not (Webster friend Intransitive-Verb))
(Webster friend Transitive-Verb)
(not (Webster friend Adjective))
(Webster square Noun)
(not (Webster square Intransitive-Verb))
(Webster square Transitive-Verb)
(Webster square Adjective)
...
```

(Robert E. Kent, 2002)

Κάτι ανάλογο μπορεί να προκύψει και με τα σημεία στίξης στο τέλος της πρότασης τα οποία μεταφέρουν πληροφορία σχετικά με τον τύπο της πρότασης. Έτσι λοιπόν ανάλογα με τα σημεία στίξης μία πρόταση ταξινομείται ως ‘δηλωτική’, ‘θαυμαστική’, ‘ερωτηματική’ κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

6.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί μία αξιωματική προσέγγιση για την σημασιολογική ολοκλήρωση των οντολογιών (Sowa, 2000), βασιζόμενη στην ροή πληροφορίας (Kent 2000). Αυτή η αξιωματική προσέγγιση αναπαρίσταται στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας IFF, ένα πλαίσιο μεταεπιπέδων το οποίο χρησιμοποιείται για την οργάνωση της πληροφορίας που εμφανίζεται σε ψηφιακές βιβλιοθήκες, κατανεμημένες βάσεις δεδομένων και οντολογίες. Εδώ λοιπόν θα αναλυθεί η σημασιολογική ολοκλήρωση των οντολογιών με μία διαδικασία δύο βημάτων, πρώτον της *ευθυγράμμισης* (alignment) και έπειτα της *ενοποίησης* (unification). Η οντολογική ευθυγράμμιση στοχεύει στη δημιουργία μιας ενδιάμεσης οντολογίας καθώς και στην απεικόνιση της σε ένα διάγραμμα, ενώ η ενοποίηση αποτελεί ουσιαστικά την τήξη του διαγράμματος ευθυγραμμίας μιας μερικής κοινωνικής οντολογίας

Την διαδικασία της σημασιολογικής ολοκλήρωσης μπορεί να τη συναντήσει κανείς στις ψηφιακές βιβλιοθήκες. Η βιβλιοθήκη, όπως ισχυρίζεται και ο Miksa 1996, αποτελείται από οντότητες που φέρουν πληροφορίες για το αν είναι γραμμένες, τυπωμένες, ψηφιοποιημένες, ζωγραφισμένες κτλ. Η βιβλιοθήκη οργανώνει τόσο τη γνώση όσο και τα υλικά. Η οργάνωση της γνώσης και η οργάνωση των υλικών είναι διακριτές, αλλά με σημαντικές εσωτερικές συνδέσεις. Την οργάνωση της γνώσης μπορεί να τη βρει κανείς στις πιο μοντέρνες βιβλιοθήκες ταξινόμησης. Περιλαμβάνει την εγγραφή, εκτίμηση και ταξινόμηση των σκέψεων, ιδεών και εννοιών με σκοπό την επαρκή αναπαράσταση της παγκόσμιας γνώσης (Wynar and Taylor 1992).

Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι μια καινούρια ιδέα για βιβλιοθήκες αναδύεται. Καινούριες τεχνολογίες πληροφορίας μετασχηματίζουν την μοντέρνα βιβλιοθήκη σε μία βιβλιοθήκη καινούρια μορφής όπου η οργάνωση της γνώσης αποτελεί μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία. Μία οντολογία λοιπόν, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε τέτοιες καινούριες βιβλιοθήκες και αποτελεί μία βασική έννοια για την οργάνωση της γνώσης. Οι οντολογίες των βιβλιοθηκών καινούριας μορφής μπορεί να

οργανωθούν σε οντολογικά πλαίσια, τα οποία δεν είναι μονολιθικά αλλά βασίζονται σε ένα είδος τμηματικής προσέγγισης.

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας IFF, είναι ένα οντολογικό πλαίσιο που υποστηρίζει την τμηματοποίηση με έναν αρχειοθετημένο τρόπο, έτσι ώστε να οργανώνει τις οντολογίες της καινούριας βιβλιοθήκης μέσω ενός 'εννοιολογικού δικτύου - πλέγματος θεωριών'. Επειδή μια βιβλιοθήκη τέτοιας μορφής είναι μία ιδιωτική χωρική βιβλιοθήκη, η σημασιολογική ολοκλήρωση των οντολογιών θα είναι επίσης μία σημαντική έννοια. Στην σημασιολογική ολοκλήρωση οι οντολογίες τυποποιούνται σαν IFF λογικές και στο βήμα της ευθυγράμμισης οι απεικονίσεις περνούν από το θεωρητικό πλαίσιο στο λογικό πλαίσιο. Η εικόνα 6.7 σχηματικά αναπαριστά την αρχιτεκτονική της σημασιολογικής ολοκλήρωσης. Χρησιμοποιώντας τις τεχνικές, τις αρχές και την ορολογία του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF), αυτή η αρχιτεκτονική μπορεί να κατασκευαστεί όπως έχει ήδη αναφερθεί και νωρίτερα μέσω μιας διαδικασίας δύο βημάτων, αυτό της ευθυγράμμισης και αυτό της ενοποίησης.

Στόχος λοιπόν του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι να εξηγηθεί πως οι οντολογίες και η διαδικασία της σημασιολογικής ολοκλήρωσης συνδέονται μεταξύ τους. Έτσι στις παρακάτω υποενότητες του κεφαλαίου 6 θα αναλυθούν τα εξής :

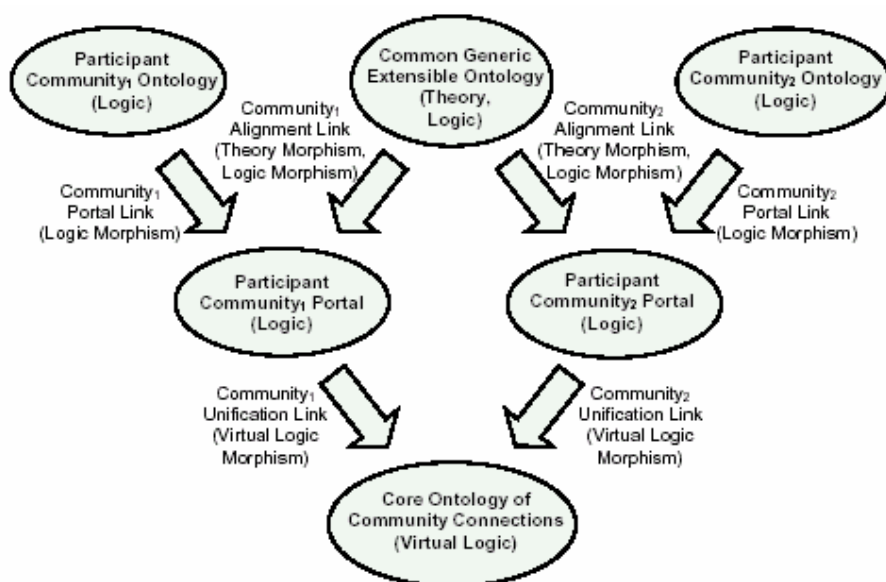
7. πληροφορίες σχετικές με τις οντολογίες και το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF)
8. εξηγήσεις για το πώς οι σταθερές ιδέες της σημασιολογικής ολοκλήρωσης παρουσιάζονται στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF).
9. τη διαδικασία των δύο βημάτων της σημασιολογικής ολοκλήρωσης.

6.2. ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗ

Ότι έχει σχέση με τον ορισμό αλλά και λεπτομέρειες που αφορούν τις οντολογίες παρουσιάζεται στο κεφάλαιο τέσσερα και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα 4.2. Στη συγκεκριμένη ενότητα θα παρουσιαστούν η διαδικασία της οντολογικής ολοκλήρωσης και η ταξινόμηση των οντολογιών σύμφωνα με τον Αριστοτέλη.

Οι εκφράσεις λοιπόν σε μια οντολογία χρησιμοποιούν μία γλώσσα περιέχοντας τις σχετικές δηλώσεις (τύπους οντοτήτων και σχέσεων) και οι οποίες μπορούν να μοντελοποιηθούν με την έννοια μιας IFF γλώσσας. Οι οντολογίες λοιπόν μοιρασμένες παραδοσιακά βρίσκονται εντός του πεδίου αναπαράστασης της γνώσης,

η οποία εφαρμόζει τη λογική και την οντολογία στην οργάνωση της γνώσης. Σε αυτή την περίπτωση η λογική εφοδιάζει τον τύπο – σχηματισμό (form) αποτελούμενη από έναν σκελετό και επαγωγικές ικανότητες, ενώ η οντολογία εφοδιάζει το περιεχόμενο (content) αποτελούμενη από οντότητες, σχέσεις και περιορισμούς στο πεδίο εφαρμογής.

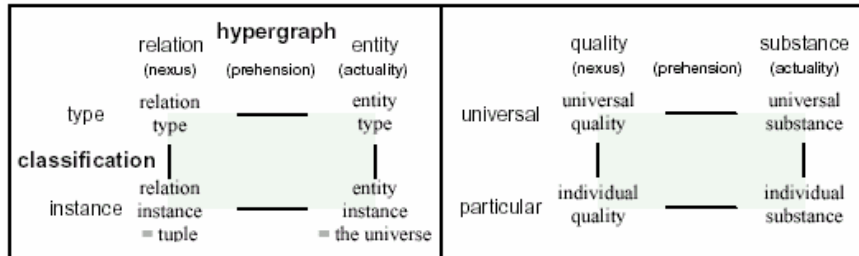


Σχήμα 6.1 : Διαδικασία οντολογικής ολοκλήρωσης – σχήμα (Robert E. Kent, 2001)

Στο σχήμα 6.1. παρουσιάζεται η διαδικασία της οντολογικής ολοκλήρωσης. Όπως φαίνεται σε αυτό το σχήμα μία λογική κοινωνική οντολογία (1) και μία θεωρητική λογική οντολογία συνδέονται μέσω ενός λογικού μορφισμού και δημιουργούν μία κοινωνική λογική (1). Το ίδιο συμβαίνει και με μία κοινωνική οντολογία (2) η οποία συνδέεται μέσω ενός λογικού μορφισμού με μία θεωρητική λογική οντολογία και δημιουργείται στο τέλος μία κοινωνική λογική (2). Τέλος αυτές οι δύο κοινωνικές λογικές συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν την βασική οντολογία κοινωνικών συσχετίσεων.

Η χρήση των οντολογιών για οργάνωση της γνώσης είναι και παλιά αλλά και καινούρια (Kent 2000). Στο μακρινό παρελθόν, ο Αριστοτέλης χρησιμοποίησε αποτελεσματικά οντολογικές ιδέες στην μελέτη του για τις προβλέψεις αλλά και στο σύστημα που εφάρμοσε ο ίδιος για ταξινόμηση των κατηγοριών. Στο κοντινό παρελθόν, ο Ranganathan χρησιμοποίησε αποτελεσματικά δυναμικές οντολογικές αρχές οργάνωσης (τώρα κατανοητές ως ιδέες εννοιολογικής και σχεσιακής οργάνωσης της γνώσης) στην ανάπτυξή του, για την οργάνωση μεγάλων βιβλιοθηκών

έρευνας. Η θεωρία και η εφαρμογή της σημασιολογικής ολοκλήρωσης που θα αναπτυχθεί σε αυτό το κεφάλαιο θα διευκολύνει την διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων οργανώσεων της γνώσης στην βιβλιοθήκη καινούριας μορφής.



Εικόνα 6.2 α

α) IFF – μαθηματική οργάνωση της γνώσης (Robert E. Kent, 2001)

Εικόνα 6.2 β

β) οντολογικό πλαίσιο του Αριστοτέλη – φιλοσοφική οργάνωση της γνώσης (Robert E. Kent, 2001)

Μία από τις πρόσφατες οντολογίες που δημιουργήθηκε περιγράφεται στις κατηγορίες του Αριστοτέλη (Aristotle 350 B.C.E). Η οντολογία του Αριστοτέλη ήταν μία απλή ανώτερου-επιπέδου οντολογία περιλαμβάνοντας τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: την ουσία (πρωταρχική κατηγορία), την ποιότητα (quality), την ποσότητα (quantity) και τη σχέση (relation). Επιπλέον υπήρχαν διάφορες μικρές υποκατηγορίες σχέσεων : καθορισμός στο χρόνο και χώρος, θέση, κατάσταση-συνθήκη, δράση και πάθος ή παθητικότητα.

Ωστόσο, μία πιο σημαντική ανάπτυξη που μπορεί να υπονοηθεί από τις κατηγορίες του Αριστοτέλη είναι ένα οντολογικό πλαίσιο βασιζόμενο στις θεωρίες πρόβλεψης. Για τον Αριστοτέλη μία πρόταση-δήλωση αποτελείται από το θέμα, δηλαδή σχετικά με το τι περιέχει η πρόταση αυτή και μία πρόβλεψη – διαβεβαίωση, η οποία είναι αυτό που η πρόταση λέει σχετικά με το θέμα της. Για τον Αριστοτέλη υπάρχουν δύο είδη πρόβλεψης – διαβεβαίωσης : η βασική (essential) και η τυχαία (accidental).

- Η **βασική πρόβλεψη – διαβεβαίωση** είναι κάτι που λέγεται για το θέμα. Αυτή είναι η σχέση της οντολογικής ταξινόμησης μεταξύ ενός πράγματος και ενός φυσικού είδους. Η βασική πρόβλεψη αναπαρίσταται με την έννοια μιας IFF ταξινόμησης (Kent 2000).
- Μία **τυχαία πρόβλεψη – διαβεβαίωση** είναι κάτι που βρίσκεται σε ένα θέμα. Αυτή είναι η σχέση μιας οντολογικής εξάρτησης μεταξύ μιας ουσίας και μιας ποιότητας. Η τυχαία πρόβλεψη αναπαρίσταται με την έννοια ενός υπεργράφου.

Η βασική πρόβλεψη διαιρεί τα πράγματα σε παγκόσμια (τύποι-types) και ιδιαίτερα (στιγμιότυπα-instances) ενώ η τυχαία σε ουσίες (οντότητες-entities) και ποιότητες (σχέσεις -relations). Η μαθηματική οργάνωση της γνώσης που χρησιμοποιείται εδώ αναπαρίσταται από την σημασιολογική αρχιτεκτονική του IFF (εικόνα 6.2α) και επικεντρώνεται στην έννοια ενός IFF μοντέλου. Ένα IFF μοντέλο αναπαριστά την ερμηνεία ενός πράγματος ή μίας κατάστασης. Αυτή η αρχιτεκτονική είναι συγκρίσιμη με τη δομή του οντολογικού σκελετού του Αριστοτέλη (εικόνα 6.2β). Οι δύο διακρίσεις στον οντολογικό σκελετό του Αριστοτέλη είναι αυτές του ‘παγκόσμιου έναντι του ιδιαίτερου’ και της ‘ποιότητας έναντι της ουσίας’, που είναι ανάλογες με τις δύο διακρίσεις στην σημασιολογική αρχιτεκτονική του IFF μεταξύ ‘τύπου έναντι στιγμιότυπου’ και ‘σχέσης έναντι οντότητας’.

6.3. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (IFF) ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

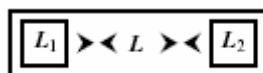
Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) σχεδιάστηκε για να μπορέσει κάποιος να κατανοήσει αλλά και να επιτύχει το στόχο της διαλειτουργικότητας μεταξύ κατανεμημένων εφαρμογών λογισμικού, εφαρμογών βάσεων δεδομένων και εφαρμογών γνώσης. Παρέχει μία προσέγγιση για την αναπαράσταση της κατανεμημένης λογικής, των οντολογιών και της αναπαράστασης της γνώσης. Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι ουσιαστικά μία μεταλογική που χρησιμοποιεί την τμηματοποίηση για να υποστηρίξει την σημασιολογική διαλειτουργικότητα μεταξύ των οντολογιών που βρίσκονται στο αντικειμενικό επίπεδο. Έτσι λοιπόν κατασκευάστηκε στο συγκεκριμένο πλαίσιο μία προσέγγιση για την ανάπτυξη και την χρήση μιας οντολογικής δομής του αντικειμενικού επιπέδου. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί τμήματα από τη θεωρία ροής πληροφορίας (information flow) και από τη θεωρία ανάλυσης των τυπικών εννοιών (formal concept analysis), τις δύο βασικές θεωρίες στις οποίες στηρίζεται η ανάπτυξη του πλαισίου IFF. Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν θα εξεταστεί πώς μπορεί ένα Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) να παρέχει θεμέλια για τη σημασιολογική ολοκλήρωση των οντολογιών σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον. Με τη σειρά της, ωστόσο, η σημασιολογική ολοκλήρωση απεικονίζει τις διαισθήσεις-αντιλήψεις πίσω από την IFF θεμελίωση για την οντολογική οργάνωση της γνώσης.

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας IFF, όπως έχει αναφερθεί και στο 4^ο κεφάλαιο, παρέχει μία θεμελίωση βασισμένη σε αρχές για τη διανομή, τον χειρισμό, τη συσχέτιση, τη διαίρεση, τη σύνθεση και τη συζήτηση οντολογιών. Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας IFF αναπαριστά τη μεταλογική και έτσι λειτουργεί στο δομικό επίπεδο των οντολογιών. Στο συγκεκριμένο Πλαίσιο υπάρχει ένα σαφές όριο μεταξύ του μετα-επιπέδου και του αντικειμενικού επιπέδου

Για να μπορέσει να διαμορφωθεί η σημασιολογική ολοκλήρωση των αντικειμενο-επιπέδων οντολογιών με όρους IFF θα χρησιμοποιηθεί εδώ μία οντολογία O , η οποία αναπαρίσταται ως θεωρία T εάν δεν έχει καθόλου υποδείξεις και στιγμιότυπα. (instances), αλλιώς μία τέτοια οντολογία O αναπαρίσταται ως μία λογική L . Μία λογική αναπαριστά μία συνδυασμένη σημασιολογία, τόσο την τυπική σημασιολογία του στοιχείου της δικής του θεωρίας όσο και την *ερμηνευτική* σημασιολογία του στοιχείου μοντέλου.

6.4. Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

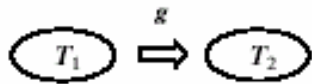
Σε αυτή την ενότητα, διάφορες ιδέες της σημασιολογικής ολοκλήρωσης θα αναλυθούν με όρους του IFF. Στα ακόλουθα η σημασιολογική ολοκλήρωση παραφράζεται σύμφωνα με τις δύο συμμετέχουσες κοινωνικές οντολογίες (εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3 : Ολοκλήρωση (Robert E. Kent, 2001)

Αυτοί οι γλωσσικοί ορισμοί καθορίζουν την ορολογία των μεθόδων και τις τεχνικές για τον καθορισμό, τη διανομή και την συγχώνευση οντολογιών.

Η παρούσα ενότητα αναπαριστά αυτές τις ιδέες με έννοιες από το IFF : η διύλιση (Refinement) αναπαρίσταται με κατάλληλες απεικονίσεις στο θεωρητικό ή λογικό πλαίσιο, η ευθυγράμμιση (Alignment) αναπαρίσταται με τη δημιουργία ενός διαστήματος απεικονίσεων για τις κοινωνικές οντολογίες και η ευθυγραμμισμένη ενοποίηση αναπαρίσταται σαν μια προώθηση - ώθηση του ευθυγραμμισμένου διαστήματος.



Εικόνα 6.4α .

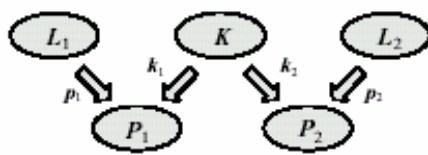
Διύλιση (Refinement) – αφηρημένη (abstract)
 (Robert E. Kent, 2001)

entity type	$\alpha_1 \mapsto \alpha_2$	entity type
function type	$\phi_1 \mapsto \tau_2$	term
relation type	$\rho_1 \mapsto \varphi_2$	expression

Εικόνα 6.4β

Διύλιση (Refinement) – λεπτομέρειες (details)
 (Robert E. Kent, 2001)

Πρώτα απ’ όλα αναπαρίσταται η διύλιση, αφού αυτή αποτελεί το κλειδί, στην ευθυγράμμιση και στην ενοποίηση. Ένας αρχικός τύπος αναπαρίσταται ως ένας IFF τύπος – ένας τύπος οντότητα, ένας τύπος λειτουργία ή ένας τύπος σχέση. Ένας σύνθετος τύπος αναπαρίσταται ως ένας IFF όρος ή ως μία IFF έκφραση. Ένας σύνθετος τύπος γενικεύει έναν αρχικό τύπο, οι όροι γενικεύουν τους τύπους λειτουργιών και οι εκφράσεις γενικεύουν τους τύπους σχέσεων. Οι τύποι οντοτήτων δεν είναι σύνθετοι. Η γενική ιδέα της διύλισης απεικονίζει τους τύπους οντοτήτων της πρώτης οντολογίας σε τύπους οντοτήτων της δεύτερης οντολογίας, και πιο συγκεκριμένα απεικονίζει τους τύπους λειτουργίας ή σχέσης της πρώτης οντολογίας με όρους και εκφράσεις της δεύτερης οντολογίας, αντίστοιχα. Από αυτό το αρχικό σημείο, μία οντολογία αναπαρίσταται ως μία IFF θεωρία, μία διύλιση αναπαρίσταται ως μία ερμηνεία της IFF θεωρίας και οι μερικές σειρές διυλίσεων αναπαρίστανται ως σύνθεση των διαφόρων ερμηνειών της IFF θεωρίας. Από μία σύνθετη άποψη, μία οντολογία αναπαρίσταται ως μία IFF λογική ερμηνεία και η μερική σειρά των διυλίσεων αναπαρίσταται ως σύνθεση των λογικών ερμηνειών IFF.



Εικόνα 6.5α .

Διάγραμμα Ευθυγράμμιση (Alignment Diagram)
 (Robert E. Kent, 2001)

equivalent function types	$\phi_1 \equiv \phi_2$	linked function types	$\phi_1 \leftarrow \phi \mapsto \phi_2$
equivalent relation types	$\rho_1 \equiv \rho_2$	linked relation types	$\rho_1 \leftarrow \rho \mapsto \rho_2$

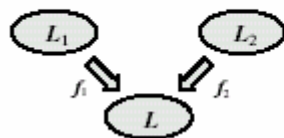
Εικόνα 6.5β

Ευθυγράμμιση ή μερική συμβατότητα – λεπτομέρειες (Alignment or Partial Compatibility)
 (Robert E. Kent, 2001)

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί η ευθυγράμμιση (Alignment) και η μερική συμβατότητα (partial compatibility). Σκοπός της ευθυγράμμισης είναι να

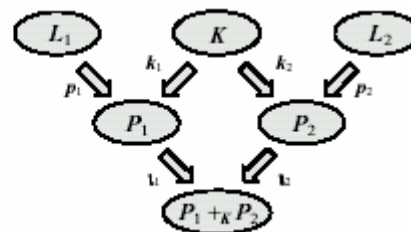
διαμορφώνει τις διάφορες κατηγορίες που απεικονίζει με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ισοδύναμες. Για αυτό ένα ισοδύναμο ζευγάρι τύπων αναπαρίσταται σαν ένας απλός τύπος σε μία ενδιάμεση οντολογία, με δύο απεικονίσεις από αυτό τον καινούριο τύπο στους μετέχοντες τύπους κοινωνιών (εικόνα 6.5β). Αυτό υπονοεί ότι η ευθυγράμμιση και η μερική συμβατότητα μπορούν να αναπαρασταθούν σε ένα διάγραμμα απεικονίσεων. (εικόνα 6.5α). Η ενδιάμεση οντολογία K αναπαριστά τόσο τις ισοδύναμες κατηγορίες όσο και την διαδικασία καθορισμού αξιωμάτων που είναι απαραίτητη για τον βαθμό συμβατότητας, μερική ή πλήρης.

Αφού η θεωρητική ευθυγράμμιση ενώνει τα k_1 και k_2 και διατηρεί τα αξιώματα που δημιουργούνται, με αυτό τον τρόπο η συμβατότητα θα ενδυναμωθεί. Ωστόσο καινούριοι υποτύποι (subtypes) ή υπερτύποι (supertypes) μπορεί να χρειαστεί να εισαχθούν σε επεκτάσιμες οντολογίες, που ονομάζονται θύρες, με σκοπό να παρέχουν κατάλληλους στόχους για ευθυγράμμιση. Αυτό καταλήγει σε ένα διάγραμμα λογικών πληροφοριομορφισμών (logic infomorphisms) που παίρνει τη μορφή W (εικόνα 6.5α) με τις λογικές συνδέσεις θυρών p_1 και p_2 συνδέοντας τις μετέχουσες κοινωνικές οντολογίες στις θύρες λογικής P_1 και P_2 . έτσι προκύπτει το διάγραμμα ενοποίησης που φαίνεται παρακάτω :



Εικόνα 6.6α

Αρχικό (μη ευθυγραμμισμένο) διάγραμμα ενοποίησης.
(Robert E. Kent, 2001)



Εικόνα 6.6β

Ευθυγραμμισμένο διάγραμμα ενοποίησης.
(Robert E. Kent, 2001)

Στην συνηθισμένη προσέγγιση της ενοποίησης, οι διυλίσεις αναπαρίστανται μέσω λογικών πληροφοριομορφισμών από τις δύο συμμετέχουσες κοινωνικές οντολογίες σε διυλισμένες οντολογίες, όπου οι τελευταίες είναι ισομορφικές. Εξαιτίας αυτού του ισομορφισμού, μπορούν να αντικατασταθούν αυτές οι διυλίσεις με μία απλή λογική L . Τελικά προκύπτει ένα διάστημα λογικών πληροφοριομορφισμών (εικόνα 6.6α) αποτελούμενο από δύο πληροφοριομορφισμούς f_1 και f_2 με την κοινή λογική η οποία αποτελεί και το στόχο. Στην εικόνα 6.6β αναπαρίσταται ένα ευθυγραμμισμένο διάγραμμα ενοποίησης.

6.5. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ – THE PROCESS OF SEMANTIC INTEGRATION

Η σημασιολογική ολοκλήρωση είναι μία διαδικασία δύο βημάτων, 1) αυτή της ευθυγράμμισης και 2) αυτή της ενοποίησης.

Από τα δύο αυτά βήματα η ενοποίηση είναι μια αυτόματη διαδικασία σύντηξης στο θεωρητικό/λογικό πλαίσιο, ενώ η ευθυγράμμιση δεν είναι.

Αρχικά χρησιμοποιούνται (εικόνα 6.7) δύο συμμετέχουσες κοινωνικές οντολογίες οι οποίες αναπαρίστανται ως λογικές L_1 και L_2 . Η διαδικασία αυτή τελειώνει με ένα διάστημα λογικών πληροφοριομορφισμών.

$$f1 : L1 \leftrightarrow L \text{ και } f2 : L2 \leftrightarrow L$$

που αναπαριστά την σημασιολογική ολοκλήρωση των συμμετεχόντων κοινωνικών οντολογιών μέσω μιας ενδιάμεσης οντολογίας K . Παρακάτω θα αναλυθεί περαιτέρω όλη η διαδικασία.

6.5.1. Ευθυγράμμιση - Alignment

Ευθυγράμμιση είναι η διαδικασία δημιουργίας ενός διαγράμματος στο θεωρητικό/λογικό πλαίσιο το οποίο συνδέει τις μετέχουσες κοινωνικές οντολογίες μέσω μιας κοινής οντολογίας. Αυτό το διάγραμμα ευθυγραμμίας χρησιμοποιείται εν συνεχεία για την ενοποίηση. Τέσσερις ερωτήσεις χρειάζονται να ερωτηθούν και να απαντηθούν για την οντολογική ευθυγράμμιση : που (where), τι (what), ποιος (who) και μία διπλή ένα πως για το που (a how for where) και ένα πως για το τι (a how for what).

Που θέλει κάποιος να αλληλεπιδράσει με την άλλη κοινωνία και πως αυτό το τμήμα αλληλεπίδρασης συσχετίζεται με την δική μας κοινωνική οντολογία; Που βρίσκεται ο τόπος της ολοκλήρωσης; Η ερώτηση του 'που' αναφέρεται στην τοπική θύρα – πυλώνα και στη λογική που χρησιμοποιείται για αλληλεπίδραση. Η ερώτηση του 'πως' αναφέρεται στην σύνδεση των θυρών για την κοινωνία μας. Κάθε κοινωνική οντολογία που εμπλέκεται στην ολοκλήρωση χρειάζεται να τοποθετεί τις δραστηριότητές της μπροστά στην διαδικασία της ολοκλήρωσης. Αυτή η θέση της ολοκλήρωσης ονομάζεται θύρα (πυλώνας). Όταν αναφέρεται η λέξη πυλώνας εννοείται ένα επικοινωνιακό τμήμα μιας περιοχής ενός συστήματος. Οι πυλώνες

αναπαρίστανται με τις λογικές P_1 και P_2 και οι συνδέσεις μεταξύ τους αναπαρίστανται με λογικούς πληροφοριομορφισμούς

$$p_1 : L_1 \leftrightarrow P_1 \text{ και } p_2 : L_2 \leftrightarrow P_2$$

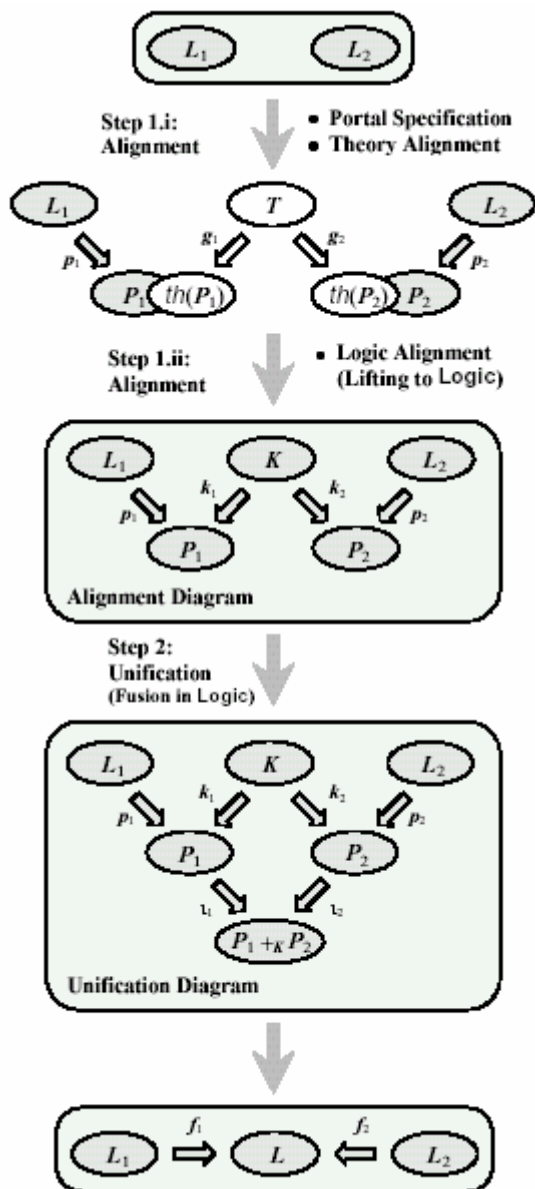
που συνδέουν τους συμμετέχοντες με τις θέσεις ολοκλήρωσής τους (εικόνα 6.7).

Ερωτήσεις που προκύπτουν είναι οι εξής:

10. Τι θέλει να πει ή να εκφράσει κάποιος;
11. Ποια είναι η κοινή σημασιολογία;
12. Ποια κοινή έννοια θέλει να εκφράσει ;
13. Ποια είναι η έκφραση για την ενδιάμεση οντολογία;
14. Ποια είναι η γλώσσα και η θεωρία της ενδιάμεσης λογικής;
15. Πως μπορεί κάποιος να το πεί και να το εκφράσει με δικούς του όρους;
16. Πως μπορεί αυτή η κοινή σημασιολογία να εκφραστεί στο δικό του κόσμο;
17. Πως η κοινωνία του διαμορφώνει την κοινή σημασιολογία;

Η ερώτηση για το 'τι - what' αναφέρεται στην ενδιάμεση οντολογία – τι είναι η γλώσσα και η θεωρία της ενδιάμεσης οντολογίας;

Η ερώτηση 'πως - how' αναφέρεται στο πως μπορεί κάποιος να εκφράσει την ευθυγραμμισμένη σύνδεση για τη δική του κοινωνία, δηλαδή πως εξειδικεύει την ερμηνεία της θεωρίας από την θεωρία της ενδιάμεσης λογικής στη θεωρία της δικής του κοινωνικής λογικής;



Εικόνα 6.7 : Διαδικασία οντολογικής ολοκλήρωσης – λεπτομερής αναπαράσταση (Robert E. Kent, 2001)

Για να απαντήσει κάποιος στην ερώτηση ‘τι’ υποθέτει ότι οι μετέχουσες οντολογίες L_1 και L_2 συμφωνούν στο να εξειδικεύσουν την αλληλεπίδρασή τους μέσω μιας θεωρίας T . Αυτή θα είναι μία υπογραμμισμένη θεωρία $T = th(K)$ της ενδιάμεσης οντολογίας K . Οι τύποι του T (οντότητα, λειτουργία και σχέση) αναπαριστούν τις ευθυγραμμισμένες κατηγορίες. Για να απαντηθεί η ερώτηση ‘πως - how’ κάθε κοινωνική οντολογία εξειδικεύει τη δική της θεωρητική ευθυγραμμία σύνδεσης. Αυτά αναπαρίστανται σαν μια θεωρία απεικονίσεων

$$g1 : T \Rightarrow th(P1) \text{ και } g2 : T \Rightarrow th(P2)$$

που συνδέουν την ενδιάμεση θεωρία στις υπογραμμισμένες θεωρίες των συμμετεχόντων θυρών – πυλώνων.

Έστω ότι κάποιος ενδιαφέρεται να απαντήσει στην ερώτηση :

‘Για ποιον θέλουμε να μιλήσουμε – who do we want to talk about’. Αυτή η ερώτηση έχει δύο σκέλη :

1) χρησιμοποιείται αρχικά η ελεύθερη λογική $K = \log(T)$ πάνω στην ενδιάμεση θεωρία $T = th(K)$ και

2) μετασχηματίζονται οι θεωρητικές ευθυγραμμισμένες συνδέσεις

$$g1 : T \Rightarrow th(P1) \text{ και } g2 : T \Rightarrow th(P2)$$

σε ισοδύναμες λογικές ευθυγραμμισμένες συνδέσεις

$$k1 : \log(T) \leftrightarrow P1 \text{ και } k2 : \log(T) \leftrightarrow P2$$

που συνδέουν την ενδιάμεση λογική στις συμμετέχουσες θύρες. Η λογική ευθυγραμμία δημιουργεί μία θεωρητική σύνδεση στην ελεύθερη λογική $L = \log(T)$. Οι λογικές ευθυγραμμισμένες συνδέσεις είναι η σύνθεση της εφαρμογής του λογικού χειριστή στις θεωρητικές ευθυγραμμισμένες συνδέσεις

$$\log(g1) : \log(T) \leftrightarrow \log(th(P1)) \text{ και } \log(g2) : \log(T) \leftrightarrow \log(th(P2))$$

ακολουθούμενη από τους κανονικούς λογικούς πληροφοριομορφισμούς

$$\varepsilon_{L1} : \log(th(P1)) \leftrightarrow P1 \text{ και } \varepsilon_{L2} : \log(th(P2)) \leftrightarrow P2$$

οι οποίοι αποτελούν την ταυτότητα των τύπων και της ταξινόμησης των πληροφοριομορφισμών σε οντότητες και σχέσεις. Η χρήση της ελεύθερης λογικής έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη ροή πληροφορίας (Kent 2000).

6.5.2. Ενοποίηση – Unification

Η διαδικασία ενοποίησης είναι η σύντηξη του διαγράμματος ευθυγραμμίας. Το λογικό διάγραμμα ευθυγραμμίας χρησιμοποιείται για να εξειδικεύσει μία λογική διατήρηση: η άποψη και οι ιδέες των τύπων (type aspect) χρησιμοποιούνται για να εξειδικεύσουν μία ισοδύναμη σχέση πάνω στους τύπους (οντότητα, λειτουργία και σχέση) της λογικής πρόσθεσης και χρησιμοποιείται η στιγμιότυπη πλευρά (instance aspect) για να εξειδικευθεί ένα κατάλληλο υποσύνολο των στιγμιότυπων (οντότητα, λειτουργία και σχέση) του λογικού αθροίσματος $P1+P2$. Αυτή η λογική διατήρηση (ή μονιμότητα) συνεπάγεται μία λογική με κάποιο συντελεστή κ έτσι ώστε να ισχύει $P1 + \kappa P2$ πάνω στη λογική αθροίσματος : οι τύποι είναι οι τάξεις συντελεστού της αντίστοιχης ισοδύναμης σχέσης, ενώ τα στιγμιότυπα είναι τα μέλη των στιγμιότυπων υποσυνόλων της λογικής διατήρησης. Αυτή η ουσιαστική οντολογία είναι η σύντηξη των θυρών μιας κοινωνίας σύμφωνα με το διάγραμμα ευθυγράμμισης. Αναπαριστά το πλήρες σύστημα της σημασιολογικής ολοκλήρωσης. Ένας κανονικός λογικός πληροφοριομορφισμός έχει τη μορφή $q:P1+P2 \rightarrow P1+\kappa P2$ και συνδέει το λογικό άθροισμα με το λογικό συντελεστή.

ΕΒΔΟΜΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ

7.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη συγκεκριμένη υποενότητα θα αναφερθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία ανάλογα με τη θεματική ενότητα από την οποία προκύπτουν. Έτσι αρχικά θα αναφερθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις τρεις βασικές Θεωρίες, δηλαδή τη Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory), τη Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow) και τη Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA), η πιο σημαντική για την ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας IFF. Εν συνεχεία θα παρατεθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις οντολογίες και το ρόλο που παίζουν αυτές στη Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA). Τέλος θα αναφερθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) και από τη Σημασιολογική Ολοκλήρωση.

7.1.1. Συμπεράσματα από τη Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)

Πρώτα απ' όλα η Θεωρία Κατηγοριών προσπαθεί να μετασχηματίσει δύσκολα προβλήματα μαθηματικών σε ευκολότερα, χρησιμοποιώντας μετασχηματισμούς απεικονίσεων. Η γλώσσα που χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη θεωρία είναι αρκετά βολική αφού προσφέρει οικονομία σκέψης και έκφρασης κι έτσι καταφέρνει να κάνει πιο ακριβείς κάποιες έννοιες. Βασίζεται στην Αρχή Σχεδιασμού Κατηγοριών.

Η χρησιμότητα της συγκεκριμένης Θεωρίας είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού :

1. Αιτιολογεί μία συγκεκριμένη δομή και τους μορφισμούς που τη διατηρούν,
2. Δίνει μεγαλύτερη έμφαση στα βασικά σημεία, δηλαδή εστιάζεται περισσότερο στις ιδιότητες των δομών παραλείποντας λεπτομέρειες και τέλος
3. Παρέχει ακριβείς έννοιες της τμηματοποίησης – κατηγοριοποίησης.

Η **Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)** μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα μαθηματικά και πιο συγκεκριμένα σε αλγεβρικές προδιαγραφές, στη Λογική, στη Θεωρία των Αυτομάτων και τέλος στο Λειτουργικό Προγραμματισμό.

Η θεωρία αυτή είναι ιδανική, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την τμηματοποίηση των εννοιών. Η διαδικασία αυτή της τμηματοποίησης διακρίνεται για τους εξής λόγους :

- Η εργασία καθώς και το σύστημα χωρίζονται σε τμήματα κι έτσι απλοποιούνται τόσο η διαδικασία όσο και η εφαρμογή.

- Γίνεται απόκρυψη της πληροφορίας και δεν διαδίδεται οπουδήποτε και ανεξέλεγκτα σημαντική πληροφορία
- Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ιδιαίτερα καλό αφού λόγω τμηματοποίησης μπορεί να γίνει καλύτερη επεξεργασία των δεδομένων.
- Δύο τμήματα μπορούν να συντεθούν και να σχηματιστεί ένα τρίτο μέσω διεπαφών, δομών, εσωτερικών συνδέσεων και ορισμένων λειτουργιών.

7.1.2. Συμπεράσματα από τη Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow)

Καθημερινά μπορεί να παρατηρήσει κάποιος ότι η σημερινή κοινωνία κατακλύζεται από πολλές πληροφορίες : τα σύννεφα για παράδειγμα μεταφέρουν πληροφορία σχετικά με τις προβλεπόμενες καιρικές καταστάσεις. Ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η πιθανότητα που υπάρχει να μεταφέρεται πληροφορία από ένα αντικείμενο σε κάποιο άλλο. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι η διαδικασία μετατροπής της πληροφορίας σε γνώση και εν συνεχεία η σημασία της μετατρεπόμενης πληροφορίας, δηλαδή της γνώσης, στην επικοινωνία είναι μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία. Η συγκεκριμένη Θεωρία στηρίζεται σε τέσσερις βασικές αρχές. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για κάθε αρχή φαίνονται παρακάτω:

1^η Αρχή Ροής Πληροφορίας :

- Η λέξη **κατανεμημένο** στην 1^η αρχή Ροής Πληροφορίας σημαίνει ότι το σύστημα διαιρείται σε τμήματα ώστε η πληροφορία να μεταβαίνει από το ένα τμήμα στο άλλο
- Η παρουσία των **κανονικότητων – ομαλοτήτων**, σύμφωνα με την 1^η αρχή, είναι αυτή που συνδέει τα τμήματα του συστήματος έτσι ώστε να επιτρέπεται η ροή πληροφορίας.
- Οι **κανονικότητες – ομαλότητες** επιβεβαιώνουν την ομοιόμορφη συμπεριφορά του συστήματος

2^η Αρχή Ροής Πληροφορίας :

- Οι **ιδιαιτερότητες** που αναφέρονται στη 2^η αρχή Ροής Πληροφορίας είναι αυτές που μεταφέρουν την πληροφορία

- Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα στιγμιότυπα τα οποία δείχνουν τις συνδέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Έτσι γίνεται κατανοητό τι μεταφέρει πληροφορία και για ποιο λόγο.

3^η Αρχή Ροής Πληροφορίας :

- Από την 3^η αρχή Ροής Πληροφορίας προκύπτει ότι οι ομοιομορφίες αλλά και ο τρόπος που συνδέονται τα διάφορα συστατικά μέρη ενός συστήματος καθορίζουν ουσιαστικά και τη μεταφορά της πληροφορίας αλλά και το πώς μεταφέρεται η πληροφορία από το ένα συστατικό μέρος στο άλλο.

4^η Αρχή Ροής Πληροφορίας :

- Σύμφωνα με την 4^η αρχή Ροής Πληροφορίας, τα καταναμημένα συστήματα μοντελοποιούνται μέσω ταξινομήσεων και μορφισμών.
- Ένα πολύ σημαντικό σημείο είναι το εξής : *‘αν κάποιος αλλάξει το κανάλι τότε αλλάζουν τυπικά και οι περιορισμοί κι έτσι κάθε φορά προκύπτει διαφορετική ροή πληροφορίας.’*
- Τελικά η πιο αξιόπιστη ροή πληροφορίας προκύπτει όταν το κανάλι είναι ραφινρισμένο (refined) χωρίς ιδιαίτερες λεπτομέρειες.

7.1.3. Συμπεράσματα από τη Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)

Αρχικά θα αναφερθεί ο ορισμός της συγκεκριμένης Θεωρίας.

‘Η θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων και για τη μοντελοποίηση εννοιών με όρους θεωρίας δικτυωτού (lattice theory), π.χ. για τη δημιουργία σαφών σχέσεων μεταξύ αντικειμένων που περιγράφονται μέσω ενός συνόλου χαρακτηριστικών και των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.’

Η Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία εννοιολογικής ταξινόμησης που περιγράφει τις αφηρημένες έννοιες και βασίζεται στη δυναδικότητα μεταξύ δύο αντικειμένων.

Το βασικό πλεονέκτημα της θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι η δυναδικότητα μεταξύ δύο αντικειμένων. Ουσιαστικά προσπαθεί να εξακριβώσει τις σχέσεις – συσχετίσεις μεταξύ αντικειμένων. Αυτές τις συσχετίσεις που προκύπτουν μεταξύ των αντικειμένων και τα σύνολα τυπικών εννοιών προσπαθεί να τα οπτικοποιήσει και να τα απεικονίσει σε εννοιολογικά δίκτυα και διαγράμματα. Καλά

σχεδιασμένα διαγράμματα και εννοιολογικά δίκτυα είναι εύκολα αναγνώσιμα και διευκολύνουν την ερμηνεία των δεδομένων που αναπαρίστανται, ώστε ο αναγνώστης να αντιλαμβάνεται την πληροφορία που του προσφέρει το διάγραμμα. Επιπλέον σημαντικό ρόλο στην κατανόηση αλλά και στην απόκτηση σωστής και εύκολης πληροφορίας παίζει η δομή του διαγράμματος.

Τα εννοιολογικά δίκτυα επομένως, αποτελούν σημαντικά εργαλεία οπτικοποίησης και αναπαράστασης της γνώσης. Απλοποιούν τις θεωρίες και χρησιμοποιούνται ως μέσα για επικοινωνία, εξερεύνηση και συζήτηση.

Ένα σημαντικό ζήτημα – πρόβλημα στις εφαρμογές FCA είναι το μέγεθος των εννοιολογικών δικτύων. Η διαχείριση τεράστιων εννοιολογικών δικτύων είναι αρκετά δύσκολη και πολλές φορές προκύπτει εσφαλμένη πληροφορία. Για να μην προκύπτουν επομένως τεράστια εννοιολογικά δίκτυα ακολουθείται μία διαδικασία που ονομάζεται ομαδοποίηση. Με αυτή τη διαδικασία ομαδοποιούνται αντικείμενα τα οποία έχουν μικρές διαφορές κι έτσι μειώνεται σημαντικά το μέγεθος των δικτύων χωρίς να χάνεται σημαντική πληροφορία. Η ομαδοποίηση λοιπόν είναι ωφέλιμη για τους εξής λόγους :

6. Μειώνει τον αριθμό των αντικειμένων και κατ' επέκταση μειώνεται και το μέγεθος των εννοιολογικών δικτύων που δημιουργούνται.
7. Η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) διαχειρίζεται ευκολότερα τα εννοιολογικά δίκτυα που δημιουργούνται κι έτσι προκύπτουν γρήγορα και εύκολα σωστές και χρήσιμες πληροφορίες.
8. Κάθε ομάδα στοιχείων που δημιουργείται από τη διαδικασία της Ομαδοποίησης τοποθετείται σε μία συγκεκριμένη θέση στο εννοιολογικό δίκτυο.
9. Τα καινούρια αρχεία λοιπόν δεν χρησιμοποιούνται άμεσα για την ενημέρωση του εννοιολογικού δικτύου κι έτσι μειώνεται ο κίνδυνος να αλλάξει η δομή του δικτύου.
10. Τέλος η Ανάλυση Τυπικών Εννοιών (FCA) μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα σε αρχεία και όρους που δεν εμφανίζονται συχνά χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δομή του δικτύου.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο της θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) όπως και της θεωρίας Κατηγοριών (Category Theory) είναι ότι και οι δύο βοηθούν και διευκολύνουν τη διαδικασία μετατροπής της πληροφορίας σε γνώση.

Ουσιαστικά η θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) είναι επιτυχημένη αφού χρησιμοποιεί απλές μαθηματικές έννοιες όπως είναι η δυαδική σχέση μεταξύ συνόλων και στόχος της είναι να φέρει μαζί τα περίπλοκα είδη αναπαράστασης της γνώσης με τη βοήθεια ενός εννοιολογικού δικτύου.

7.1.4. Συμπεράσματα από τις Οντολογίες και τη Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA)

Ο ρόλος της θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) στις οντολογίες μπορεί να μελετηθεί κατά τη διάρκεια ζωής μιας οντολογίας :

1. Η θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών – FCA παίζει σημαντικό ρόλο στη δόμηση οντολογιών.
2. Μία οντολογία μπορεί να αναλυθεί σύμφωνα με τεχνικές Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) \
3. Η οντολογία μπορεί να βελτιώσει εφαρμογές Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA).

Στον πίνακα (πίνακας 7.1) που ακολουθεί παρουσιάζονται διάφορα σημαντικά στοιχεία για τις οντολογίες αλλά και για την Ανάλυση Τυπικών Εννοιών – FCA

<i>ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ</i>	<i>ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ – FCA</i>
1. Αποτελούν μέσο τυπικής αναπαράστασης της γνώσης.	1. Βοηθάει στη διαδικασία μετατροπής της πληροφορίας σε γνώση.
2. Αναπαριστούν τις έννοιες και τις σχέσεις μεταξύ εννοιών.	2. Προσπαθεί να εξακριβώσει τις σχέσεις – συσχετίσεις μεταξύ αντικειμένων και χαρακτηριστικών
3. Μοντελοποιούν την πραγματικότητα	3. Τα εννοιολογικά δίκτυα της FCA δεν κατανοούνται ως μοντελοποίηση κάποιου τμήματος της πραγματικότητας αλλά ως ένα τεχνητό κατασκεύασμα το οποίο υποστηρίζει την ανάλυση και τη δόμηση στοιχείων
4. Οι οντολογίες για να ιδρυθούν δεν απαιτείται να δοθούν ορισμένα στοιχεία	4. Η δημιουργία της FCA στηρίζεται σε ένα σύνολο αντικειμένων.

5. Οι οντολογίες δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο τμήμα intentional (σύνολο χαρακτηριστικών)	5. Στην FCA τα δύο σύνολα, αντικειμένων και χαρακτηριστικών είναι ισοδύναμα : extensional = intentional
6. Στον κόσμο των οντολογιών δεν είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ εννοιών και χαρακτηριστικών.	6. Η FCA προϋποθέτει διάκριση μεταξύ εννοιών και χαρακτηριστικών

Μία πολύ σημαντική διαδικασία είναι η συσχέτιση μεταξύ οντολογικών εννοιών και FCA χαρακτηριστικών. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να καθοριστούν οντολογικές έννοιες με τυπικές από την Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA).

Για τη δόμηση εννοιών χρειάζονται άλλες έννοιες που συχνά παίζουν το ρόλο χαρακτηριστικών.

Οι οντολογίες λοιπόν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν τις FCA εφαρμογές. Έτσι συνδυασμός οντολογιών και θεωρίας FCA στοχεύουν στο σχηματισμό μιας παραδοσιακής λογικής η οποία θα βασίζεται στην τριάδα έννοια – κρίση – συμπέρασμα.

Πολλές φορές υπάρχουν διαφορετικές απόψεις και ιδέες για κάποιο θέμα οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν και να εξωτερικευθούν σε μία οντολογία. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :

1. Οντολογική Συγχώνευση (πηγές είναι δύο οντολογίες και τελικά προκύπτει μία συγχωνευμένη οντολογία).
2. Οντολογική εκμάθηση από κείμενο.

7.1.5. Συμπεράσματα από το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF)

‘Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι ουσιαστικά μία περιγραφική μεταθεωρία κατηγοριών, η οποία παρέχει τους μηχανισμούς για τη δημιουργία ενός οντολογικού πλαισίου – ενός πλαισίου το οποίο θα μπορεί να μοιράζεται οντολογίες, να χειρίζεται οντολογίες ως αντικείμενα, να διαιρεί οντολογίες, να συνθέτει οντολογίες, να διαχειρίζεται οντολογικές δομές, να παρατηρεί τις εξαρτήσεις μεταξύ των οντολογιών και να δηλώνει τη χρήση άλλων οντολογιών.’

Οι δύο πιο σημαντικοί λόγοι ανάπτυξης του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι οι παρακάτω:

1. Το Πλαίσιο IFF σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ λογισμικού και διαφόρων βάσεων δεδομένων. Εκτός όμως από αυτή τη διαλειτουργικότητα το πλαίσιο IFF επιτρέπει και τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα (semantic interoperability) μεταξύ διαφόρων οντολογιών αντικειμενικού επιπέδου. Σε αυτό το σημείο καλό είναι να αναφερθεί και μία διαφορά που εντοπίστηκε μεταξύ SUO και IFF. Η ανάπτυξη του SUO στηρίζεται στη δημιουργία μιας απλής ανώτερης οντολογίας, ενώ το Πλαίσιο IFF σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει την σημασιολογική διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων οντολογιών αντικειμενικού επιπέδου. Η συγκεκριμένη διαλειτουργικότητα υποστηρίζεται από την ίδια τη δομή και την αρχιτεκτονική του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) αλλά και από έναν ιδιαίτερο κλάδο μαθηματικών γνωστό ως θεωρία Κατηγοριών (Category Theory).
2. Ο δεύτερος σκοπός που εξυπηρετεί το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι η τμηματοποίηση. Δημιουργούνται επομένως ομάδες οντολογιών όπου η κάθε μία διαχειρίζεται ένα συγκεκριμένο τμήμα. Με αυτό τον τρόπο περιορίζονται τα λάθη και όταν απαιτείται έρευνα για τον εντοπισμό κάποιου λάθους περιορίζεται η εξαντλητική έρευνα σε κάποιο συγκεκριμένο τμήμα. Με μία τέτοια τμηματική προσέγγιση μπορούν να γίνουν δραστικές αλλαγές σε ένα τμήμα χωρίς να είναι απαραίτητο να αλλαχθούν και τα άλλα τμήματα. Η τμηματοποίηση είναι ιδιαίτερα σημαντική στην ανάπτυξη, στον έλεγχο, στη διατήρηση αλλά και στη χρήση των οντολογιών.

Οι θεωρίες στις οποίες βασίζεται η ανάπτυξη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι :

1. Η Θεωρία Ροής Πληροφορίας (Information Flow)
2. Η Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (Formal Concept Analysis)
3. Η Θεωρία Κατηγοριών (Category Theory)

Ένας κεντρικός στόχος σχεδιασμού του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF) είναι ότι στο φυσικό τμήμα θα πρέπει να αναπαρασταθούν οι αντιλήψεις των ανθρώπων που ασχολούνται με τη θεωρία Κατηγοριών, ενώ το μετακελί θα πρέπει να κατασκευαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει την ορολογία του φυσικού τμήματος. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να κατανοηθεί η δομή του πλαισίου IFF από όλους.

Το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας για να σχεδιαστεί σωστά βασίζεται σε κάποιες αρχές, όπως : την Εννοιολογική ερμηνεία – εξήγηση – εγγύηση (Conceptual warrant), την Απόλυτη Αρχή Σχεδιασμού Κατηγοριών (Categorical Design), τη Θεσμική Λογική (Institutional Logic) και τη Μετασυσσώρευση (metastack).

Οι δύο πρώτες αρχές, δηλαδή η Εννοιολογική ερμηνεία – εξήγηση – εγγύηση (Conceptual Warrant) και η Απόλυτη Αρχή Σχεδιασμού Κατηγοριών (Categorical Design) είναι αυτές στις οποίες βασίζεται η κατασκευή και η δημιουργία του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (IFF).

7.1.6. Συμπεράσματα από το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) και τη σημασιολογική Ολοκλήρωση

Η σημασιολογική ολοκλήρωση είναι μία διαδικασία δύο βημάτων και αφορά οντολογίες. Τα δύο βήματα στα οποία διαιρείται η διαδικασία της σημασιολογικής ολοκλήρωσης είναι :

1. Η ευθυγράμμιση : η διαδικασία δημιουργίας ενός διαγράμματος στο θεωρητικό/λογικό πλαίσιο το οποίο συνδέει τις μετέχουσες κοινωνικές οντολογίες μέσω μιας κοινής οντολογίας. Το διάγραμμα που προκύπτει χρησιμοποιείται στη συνέχεια για το επόμενο βήμα, την ενοποίηση.
2. Η ενοποίηση : είναι η διαδικασία σύντηξης του διαγράμματος ευθυγράμμισης. Το λογικό διάγραμμα ευθυγράμμισης χρησιμοποιείται για να εξειδικεύσει μία λογική διατήρηση. Η στιγμιότυπη πλευρά χρησιμοποιείται για να εξειδικεύσει ένα κατάλληλο σύνολο στιγμιότυπων (οντότητα, λειτουργία και σχέση) του λογικού αθροίσματος $P1 + P2$. Αυτή η λογική διατήρηση συνεπάγεται μία λογική με κάποιο συντελεστή k έτσι ώστε να ισχύει $P1 + kP2$ πάνω στη λογική αθροίσματος. Αυτή η οντολογία που προκύπτει είναι η σύντηξη των θυρών μιας κοινωνίας σύμφωνα με το διάγραμμα ευθυγράμμισης. Έτσι λοιπόν αναπαρίσταται το πλήρες σύστημα της σημασιολογικής ολοκλήρωσης.

7.3. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ

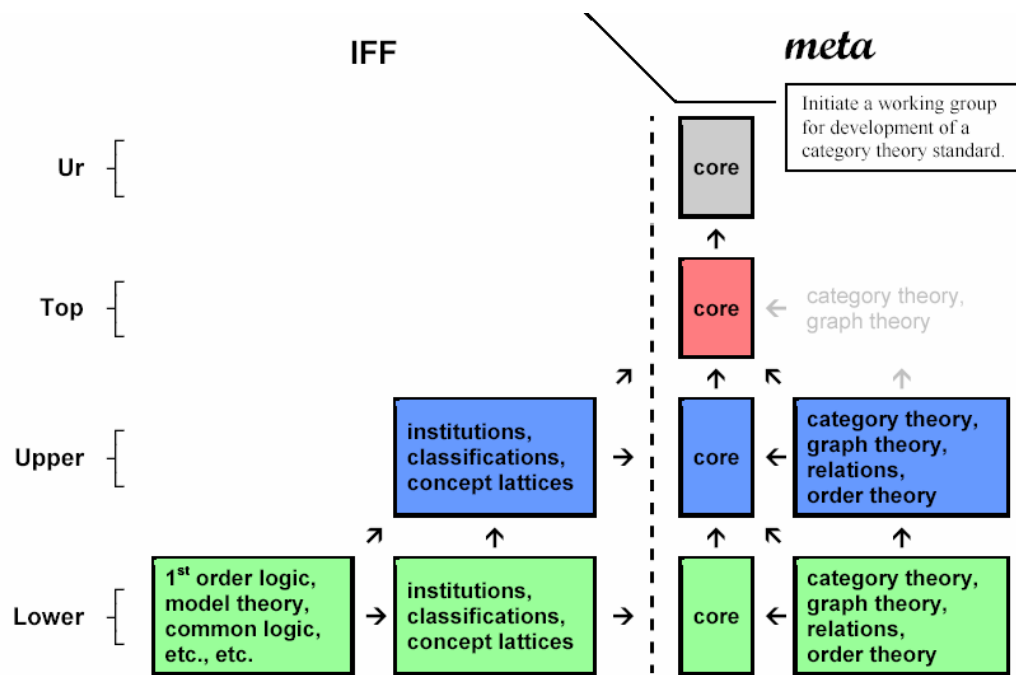
Αφού ολοκληρώθηκε η καταγραφή των συμπερασμάτων που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη εργασία στη συνέχεια θα διατυπωθούν κάποιες προτάσεις για μελλοντικές εργασίες, ώστε να ολοκληρωθεί η ανάλυση του συγκεκριμένου θέματος.

Πρώτα απ' όλα κρίνεται αναγκαία η εξέταση με περισσότερες λεπτομέρειες της αλληλεπίδρασης της Θεωρίας Κατηγοριών (Category Theory) αλλά και της Θεωρίας Ροής Πληροφορίας (Information Flow) στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF). Στη συγκεκριμένη εργασία δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην Θεωρία Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών (FCA) και στην επιρροή της συγκεκριμένης θεωρίας στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας ενώ για τις δύο πιο πάνω θεωρίες απλά αναφέρθηκαν ορισμένα στοιχεία για την κατανόησή τους.

Καλό θα είναι για να ολοκληρωθεί η μελέτη του Πλαισίου Ροής Πληροφορίας να εξεταστεί η σχέση μεταξύ του Πλαισίου και των άλλων δύο θεωριών, το πώς αυτές σχετίζονται με το συγκεκριμένο Πλαίσιο και με ποιο τρόπο βοηθούν στην ανάπτυξή του. Επιπλέον να αναφερθούν παραδείγματα για να κατανοηθεί ο τρόπος αλληλεπίδρασης τους με το Πλαίσιο IFF καθώς και ο ρόλος που παίζουν για τη δημιουργία και ανάπτυξη του συγκεκριμένου Πλαισίου.

Μία άλλη πρόταση για μελλοντική εργασία είναι να διαχωριστεί το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας - IFF σε δύο τμήματα.

Το πρώτο από αυτά είναι το γνωστό τμήμα 'meta stack theory' ενώ το δεύτερο είναι ένα μικρότερο και καινούριο τμήμα IFF. Εν συνεχεία αφού γίνει αυτός ο διαχωρισμός θα πρέπει να εξεταστεί αν βολεύει καλύτερα ο συγκεκριμένος διαχωρισμός και αν με αυτή τη διαίρεση μπορούν τελικά να εξαχθούν περισσότερες, γρήγορες αλλά και αξιόπιστες πληροφορίες. Ο διαχωρισμός που προτείνεται απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 7.2).



Σχήμα 7.2. : Διαχωρισμός Πλαισίου Ροής Πληροφορίας (Robert Kent, 2003)

Τέλος, η ανάπτυξη μιας εφαρμογής θα μπορούσε να συνεισφέρει στην κατανόηση της συνεισφοράς – προσφοράς της Θεωρίας Ανάλυσης Τυπικών Εννοιών – FCA στο Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας – IFF.

Η συγκεκριμένη πρόταση για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής θα μπορούσε να θεωρηθεί ως θέμα μίας μελλοντικής εργασίας που θα ασχολείται λεπτομερώς με το Πλαίσιο Ροής Πληροφορίας (IFF) και την Τυπική Ανάλυση Εννοιών (FCA) και θα παραθέτει συγκεκριμένα παραδείγματα για την σωστή αντίληψη των δύο Θεωριών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- *Barwise J. and Seligman J., Information Flow: The Logic of Distributed Systems, 1997)*
- *Easterbrook Steve, Category Theory for Beginners, 1999*
- *Ganter B. & Wille R., Conceptual Scaling, 1989*
- *Ganter B. & Wille R., Formal Concept Analysis. Mathematical Foundation, 1999*
- *Ganter Bernhard, Formal Concept Analysis: Methods and Applications in Computer Science, 2002*
- *Goguen Joseph The Categorical Manifesto, 1989*
- *Karl Erich Wolff, A First Course in Formal Concept Analysis, 1993*
- *Kent Robert E., The Information Flow Foundation for Conceptual Knowledge Organization, 2000).*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework, 2000.*
- *Kent Robert E., The information flow foundation for conceptual knowledge organization, 2000*
- *Kent Robert E., The IFF Foundation Ontology, 2001*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework. Starter document for IEEE P1600.1, the IEEE Standard Upper Ontology Working Group, 2001*
<http://suo.ieee.org/IFF/>.
- *Kent Robert E., The IFF Classification Ontology, 2002.*
- *Kent Robert E., The Architecture- Component Relationships and Requirements, 2002.*
- *Kent Robert E., Semantic Integration in the Information Flow Framework, 2003*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework, 2003.*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework, 2003.*
- *Kent Robert E., KIF Expression of the Information Flow Framework, 2006.*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework. New Architecture, 2006.*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework (IFF) – an experiment in foundation, 2006*
- *Kent Robert E., The Information Flow Framework, 2006.*

- *Phillip Cimiano, Andreas Hotho, Gerd Stumme, Julien Tane, Conceptual Knowledge Processing with Formal Concept Analysis and Ontologies 2003,*
- *Uta Priss Formal Concept Analysis in Information Science, 2000*