



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία



<ArgDF: Arguments on the Semantic Web>

Ευαγγελία Γιάου

ΑΜ: 2010007

Επιβλέπων Καθηγητής: κ^{ος} Κ. Κούτρας

Τρίπολη, Απρίλιος 2013

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 1 ^ο : Σημασιολογικός Ιστός	7
1.1 Εισαγωγή	7
1.2 Περιγραφή.....	8
1.3 Μεταδεδομένα.....	9
1.4 Οντολογία	14
1.4.1 Γλώσσες Οντολογίας	17
Κεφάλαιο 2 ^ο : Λογική Επιχειρηματολογία	30
2.1 Επιχειρηματολογία	30
2.2 Σχηματισμός επιχειρηματολογίας	33
2.3 Λογική.....	37
2.3.1 Εξαγωγή λογικών συμπερασμάτων	38
2.4 Λογική Επιχειρηματολογία.....	40
2.5 Βασικές Προτάσεις της Λογικής Επιχειρηματολογίας	42
2.6 Δένδρα Επιχειρημάτων	50
2.6.1 Ορισμοί.....	52
2.6.2 Προτάσεις για τα δένδρα.....	53
2.6.3 First Order Επιχειρηματολογία	55
Κεφάλαιο 3 ^ο : Λογική Επιχειρηματολογία και Σημασιολογικός Ιστός.....	57
3.1 Εφαρμογή στην Τεχνητή Νοημοσύνη	57
3.2 Λογική Επιχειρηματολογία και Ευφυείς Πράκτορες	58
3.3 Ευφυείς Πράκτορες – Πολυπρακτορικά Συστήματα	59
3.4 Λογική Επιχειρηματολογία σε Πολυπρακτορικά Συστήματα	61
3.5 Συστήματα ανάπτυξης ευφύων πρακτόρων.....	67
3.5.1 RETSINA.....	67
3.5.2 Archon	69
3.5.3 Open Agent Architecture	70
3.5.4 AgentBuilder	71
3.5.5 GrassHopper	73
Επίλογος	75
Βιβλιογραφικές Αναφορές	77

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μεταδεδομένα σε αρχείο εικόνας	10
Εικόνα 2: Διαδικασία ανάπτυξης οντολογιών	16
Εικόνα 3: RDF με αναπαράσταση γράφου	20
Εικόνα 4: Παράδειγμα RDF.....	21
Εικόνα 5: Γενική διαδικασία διαμόρφωση επιχειρήματος.....	41
Εικόνα 6: Σχήμα λογικής επιχειρηματολογίας	41
Εικόνα 7: Δένδρο επιχειρηματολογίας	51
Εικόνα 8: Δένδρο επιχειρηματολογίας	51
Εικόνα 9: Μεγέθη στα δένδρα επιχειρηματολογίας	52
Εικόνα 10: Πράκτορας διαπραγμάτευσης.....	67
Εικόνα 11: Αρχιτεκτονική RETSINA agent.....	69
Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική Archon agent.....	70
Εικόνα 13: Open Agent Architecture.....	71

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά και εγκάρδια τον κύριο **Κωνσταντίνο Κούτρα**, που ανέλαβε την επίβλεψη και καθοδήγηση της διπλωματικής μου εργασίας και υπομονετικά παρείχε τις συμβουλές του και τις γνώσεις του.

Επίσης, ευχαριστώ όλους τους καθηγητές του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Υπολογιστών που μου μετέδωσαν κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών τις γνώσεις τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εφαρμογές του διαδικτύου περνάνε σε νέα διάσταση ως αποτέλεσμα των υψηλότερων απαιτήσεων που επέφερε η ραγδαία αύξηση του κοινού τους. Η πληροφορία πλέον αποκτά νόημα με αποτέλεσμα να γίνεται αποδοτικότερα και ταχύτερα ο εντοπισμός της και η εκμετάλλευση - επεξεργασία της. Η αναμόρφωση αυτή του διαδικτύου ονομάστηκε σημασιολογικός ιστός. Αναπτύχθηκαν αρκετές μεθοδολογίες και τεχνοτροπίες στα πλαίσια του σημασιολογικού ιστού σε σημείο που πλέον να μπορεί να υποστηριχθεί επαρκώς η άποψη ότι πλέον μπαίνει στην φάση της ωρίμανσης του. Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση θέλει την λογική επιχειρηματολογία να χρησιμοποιείται στην τεχνητή νοημοσύνη - μία εφαρμογή του σημασιολογικού ιστού - για τον χειρισμό των ευφυών πρακτόρων. Η λογική επιχειρηματολογία στηρίζει την διαδικασία λήψης αποφάσεων σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης κάνοντας τους ευφείς πράκτορες να αναπτύσσουν συμπεριφορές παρόμοιες με τις ανθρώπινες.

Λέξεις Κλειδιά: σημασιολογικός ιστός, λογική επιχειρηματολογία, τεχνητή νοημοσύνη, ευφείς πράκτορες.

ABSTRACT

Internet applications passed to a new era as a result of higher demands that the rapid growth of their audience has brought. The information now is being following by its a meaning thus its identification and exploitation - manipulating becomes faster and more efficient. This overhaul called Semantic Web. Several methodologies and techniques have been developed in the context of the semantic web and someone can tell that it enters to the stage of maturation. An interesting approach uses logical argumentation in artificial intelligence - one application of semantic web - for the treatment of intelligent agents. The logical argument supports the decision making process of the artificial intelligence applications by making intelligent agents to develop behaviors similar to the human.

Keywords: Semantic Web, logical argument, artificial intelligence, intelligent agents.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα είναι ο Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web) και η σχέση του με την Λογική Επιχειρηματολογία (Logical Argumentation). Σε πρώτη φάση επιχειρείται μία επισκόπηση του σημασιολογικού ιστού ο οποίος αποτελεί το επόμενο μεγάλο βήμα εξέλιξης στο διαδίκτυο. Αναλύονται οι καινοτομίες του και τα στοιχεία εκείνα τα οποία τον καθιστούν βασικό παράγοντα της εκρηκτικής αναβάθμισης της σημασίας του διαδικτύου σε σχεδόν όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Αναφέρονται επιγραμματικά επίσης τεχνολογίες και μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές του. Στην συνέχεια γίνεται μία παρουσίαση της Λογικής Επιχειρηματολογίας. Εξηγείται το που βασίζεται η θεωρία της, ποια είναι τα βασικά στοιχεία της και ποιες είναι οι κυριότερες προτάσεις της. Στο τρίτο τμήμα της εργασίας γίνεται μία μελέτη για το πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της λογικής επιχειρηματολογίας στην λειτουργία των ευφυών πρακτόρων που υποστηρίζουν τις εφαρμογές του σημασιολογικού ιστού.

Κεφάλαιο 1^ο

Σημασιολογικός Ιστός

1.1 Εισαγωγή

Η αλματώδης ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών είχε σαν επακόλουθο και την παράλληλη ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web) αφού αυτός έγινε - εύκολα σχετικά - προσβάσιμος σε μεγάλο πλήθος ανθρώπων. Έτσι μεγάλος πληθυσμός σε όλο τον πλανήτη έχει άνετη πρόσβαση σε δημοσιοποίηση ή ανάκτηση εγγράφων και λοιπού πληροφοριακού υλικού. Το γεγονός αυτό ταυτόχρονα οδήγησε σε καταστάσεις πληροφοριακής υπερφόρτισης, σε μία κατάσταση δηλαδή όπου ο χρήστης κατακλύζεται συνεχώς από δεδομένα, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να διακρίνει ποια από αυτά είναι σημαντικά και ποια όχι. Επειδή μάλιστα ο λόγος των άχρηστων δεδομένων σε σχέση με τα χρήσιμα είναι μεγάλος και συνεχώς αυξάνεται, είναι σύνηθες το φαινόμενο να φτάνουμε σε καταστάσεις όπου ο άνθρωπος έχει πρόσβαση σε μεγάλους όγκους δεδομένων, στους οποίους όμως δεν είναι σχεδόν αδύνατο να εντοπίσει αυτά που πραγματικά τον αφορούν. Για την αντιμετώπιση των καταστάσεων αυτών αναζητούνται μέθοδοι οι οποίες θα περιορίζουν τον όγκο των προσφερόμενων πληροφοριών στον τελικό χρήστη στις απολύτως απαραίτητες και ουσιώδεις. Η αναζήτηση αυτή αποτελεί πεδίο έρευνας του κλάδου της επιστήμης της πληροφορικής που ασχολείται με την ανάκτηση της πληροφορίας (information retrieval).

Η ανάκτηση της πληροφορίας έχει ως αντικείμενο την αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών, μέσα από μεγάλο όγκο συλλογές δεδομένων (η μορφή των δεδομένων σε αυτές τις συλλογές μπορεί να είναι πλήρως δομημένη ή αδόμητη). Ένας βασικός παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στην αναζήτηση και την ανάκτηση πληροφοριών, εκτός από τα ίδια τα δεδομένα, είναι και το υποκείμενο που κάνει την αναζήτηση αφού διαφορετικές κατηγορίες χρηστών προσδοκούν διαφορετικά σύνολα αποτελεσμάτων σε αναζητήσεις με

ίδια κριτήρια. Κατά συνέπεια η έρευνα έχει στραφεί τα τελευταία χρόνια στην κατεύθυνση προς την εξέλιξη του διαδικτύου σε αυτό που ονομάζεται Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web), που χαρακτηρίζεται από την σαφή αναπαράσταση του νοήματος των πληροφοριών και των συλλογών (δομημένων ή αδόμητων) δεδομένων με αποτέλεσμα την αυτόματη επεξεργασία και ενοποίηση διαδικτυακών πόρων από "έξυπνα" προγράμματα-πράκτορες. Οι εφαρμογές του σημασιολογικού ιστού επιτρέπει τον ταχύ και ακριβή εντοπισμό πληροφοριών στον παγκόσμιο ιστό και την ανάπτυξη ευφυών πρακτόρων που διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ ετερογενών συσκευών και συστημάτων συνδεδεμένων στο διαδίκτυο.

1.2 Περιγραφή

Ο Σημασιολογικός Ιστός αναφέρεται σε ένα σύνολο τεχνολογιών και μεθόδων μέσω των οποίων οι υπολογιστές είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται τη σημασία της πληροφορίας που διαχειρίζονται. Η προσθήκη σημασίας στην πληροφορία του Διαδικτύου θα απελευθερώσει πλήθος δυνατοτήτων για την πιο ευφυή εκμετάλλευση της πληροφορίας αυτής. Στόχος των τεχνολογιών αυτών είναι, η παρεχόμενη πληροφορία στον τελικό χρήστη, να είναι όσο πιο σχετική είναι δυνατόν, με αυτό που πραγματικά αναζητά. Ο όρος σημασιολογικός ιστός περιλαμβάνει και τα πληροφοριακά εκείνα συστήματα που έχουν την δυνατότητα να εξάγουν πληροφορία από την ήδη υπάρχουσα. Εμπνευστής του είναι ο Tim Berners Lee που υπήρξε και ο ιδρυτής της κοινοπραξίας W3C, που έχει σαν στόχο την ανάπτυξη των προδιαγραφών, των συνεργασιών και της τεχνολογίας του Web και του Σημασιολογικού Ιστού.

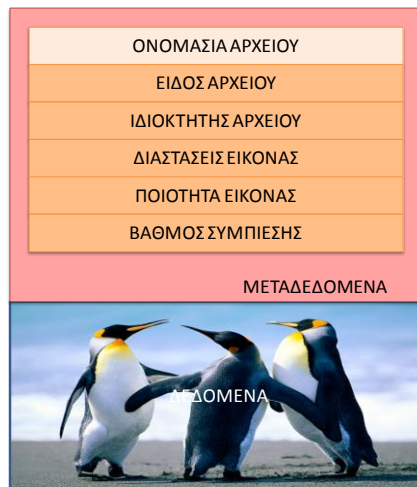
Στον σημασιολογικό ιστό τα δεδομένα περιγράφονται από τα μεταδεδομένα τα οποία είναι σαφώς ορισμένες έννοιες που φανερώνουν συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων και δεν είναι άμεσα αντιληπτά από τον τελικό χρήστη. Τα πληροφοριακά συστήματα – οποιασδήποτε κλίμακας - έχουν πλέον τη δυνατότητα να επεξεργάζονται τα δεδομένα γνωρίζοντας με σαφήνεια το ποιες έννοιες αντιπροσωπεύουν. Με την χρήση του σημασιολογικού ιστού οι

αναζητήσεις περνάνε σε άλλη διάσταση αφού πλέον τα φίλτρα τους δεν βασίζονται σε συμβολοσειρές αλλά σε έννοιες. Οι αναζητήσεις από διαφορετικές πηγές διατιθέμενες πληροφορίες συνδυάζονται με κατάλληλο τρόπο μέσα από την οντολογική επεξεργασία ώστε το παραγόμενο αποτέλεσμα να απαντά ικανοποιητικά στις εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε χρήστη.

Στις επόμενες παραγράφους επιχειρείται μία επισκόπηση των βασικών συστατικών – πυλώνων του σημασιολογικού ιστού τα μεταδεδομένα και την οντολογία. Αναφέρονται επίσης και οι τρόποι που οι έννοιες αυτές συνδυάζονται ώστε να κάνουν το διαδίκτυο πιο «έξυπνο».

1.3 Μεταδεδομένα

Τα μεταδεδομένα αποτελούν δομημένα δεδομένα, σχετικά με άλλα δεδομένα τα οποία όμως δεν είναι μέρος των αρχικών δεδομένων. Μπορεί επίσης να σχετίζονται με πόρους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να υποστηρίξουν ένα μεγάλο εύρος λειτουργιών. Παράδειγμα μεταδεδομένων αποτελούν αυτά που σχετίζονται με τα αρχεία σε ένα σύστημα αρχείων. Κάθε αρχείο περιλαμβάνει ένα σύνολο από δεδομένα. Παράλληλα ένα πεπερασμένο σύνολο από δομημένα δεδομένα το περιγράφουν και το προσδιορίζουν όπως το όνομα του αρχείου, ο τύπος του, το μέγεθος του, η ημερομηνία δημιουργίας, η ημερομηνία τροποποίησης, οι διαστάσεις αν πρόκειται για εικόνα, η διάρκεια αν πρόκειται για video. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένα αρχείο εικόνας με τα είδη πληροφοριών που μπορεί να περιέχουν τα μεταδεδομένα για αυτό.



Εικόνα 1: Μεταδεδομένα σε αρχείο εικόνας

Μπορεί να είναι ελάχιστα δομημένα μέχρι πλήρως δομημένα. Στην πρώτη κατηγορία μπορούμε να εντάξουμε μεταδεδομένα που αποδίδονται συνήθως με ελεύθερο κείμενο ενώ στην δεύτερη κατηγορία εκείνα των οποίων οι τιμές ακολουθούν αυστηρούς κανόνες (πχ το τηλέφωνο της οικίας ανθρώπου το οποίο αποτελείται από δώδεκα διαδοχικά ψηφία από το 0 έως το 9 με δυνατότητα επανάληψης). Όσο πιο αυστηρά δομημένα είναι τα μεταδεδομένα είναι πιο επίπονο να δημιουργηθούν αλλά πιο αποτελεσματικά και απλά στην χρήση τους. Συχνά παρατηρείται μία σύγχυση στο πότε τα δεδομένα χαρακτηρίζονται μεταδεδομένα. Τα μεταδεδομένα έχουν επικουρικό χαρακτήρα είτε για τον ακριβή προσδιορισμό των ίδιων των δεδομένων είτε για την αναζήτηση και την ανάκτηση των τελευταίων. Αποτελούν μία περιγραφή των δεδομένων τέτοια που να είναι εκμεταλλεύσιμη σε δραστηριότητες όπου αυτά διαδραματίζουν κάποιο συγκεκριμένο ρόλο. Είναι δε δυνατό να αποτελούν και τα ίδια δεδομένα όταν αποτελούν το αντικείμενο που πρέπει να προσδιοριστεί ή να αναζητηθεί.

Τα μεταδεδομένα αποτελούν αντικείμενο έρευνας και διαρκών εξελίξεων στον χώρο της ψηφιοποίησης, στην ανάκτηση πληροφορίας, σε διαδικτυακές υπηρεσίες αναζήτησης και στην ανταλλαγή δεδομένων. Η επιλογή του συνόλου μεταδεδομένων ενός έργου έχει ουσιαστική σημασία για την πορεία του, καθώς από αυτό εξαρτώνται τα χαρακτηριστικά που θα καταγραφούν για την περιγραφή των πρωτοτύπων του. Πολύ σημαντικό είναι να επιλεγεί ένα πρότυπο μεταδεδομένων και πάνω σε αυτό να βασιστεί το σύνολο μεταδεδομένων του

έργου. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνονται και επιταχύνονται όλες οι λειτουργίες του έργου αφού ένα μεγάλο μέρος των λειτουργιών του υποβοηθούνται από έναν αποδοτικό μηχανισμό περιγραφής των δεδομένων που χρειάζονται ή επεξεργάζονται.

Βασικές ιδιότητες των μεταδεδομένων αποτελούν:

- **Η μοναδική ονομασία για κάθε πεδίο:** Σε κάθε οργανωμένο στοιχείο δεδομένων, τα πεδία που τα περιγράφουν πρέπει να διακρίνονται μεταξύ τους με διαφορετικές ονομασίες.
- **Ο ορισμός κάθε πεδίου:** Κάθε πεδίο πρέπει να λαμβάνει τιμές από ένα σαφώς καθορισμένο πεδίο τιμών.
- **Το αν ένα πεδίο είναι υποχρεωτικό ή όχι:** Κάποια πεδία είναι υποχρεωτικά για την περιγραφή των δεδομένων ενώ κάποια μπορεί να παραλείπονται.
- **Το αν ένα πεδίο είναι επαναλαμβανόμενο ή όχι:** Ένα πεδίο μπορεί να λαμβάνει πολλαπλές τιμές ή τιμές υπό συνθήκη.
- **Η οργάνωση των σχέσεων μεταξύ των πεδίων:** Συχνά η τιμή σε κάποιο πεδίο μεταδεδομένων για τα ίδια δεδομένα μπορεί να εξαρτάται από την τιμή κάποιου άλλου πεδίου.
- **Περιορισμοί για το πεδίο ορισμού των τιμών των πεδίων.**

Η διατήρηση των μεταδεδομένων συμβάλλει στην αποδοτική εκτέλεση βασικών λειτουργιών διαχείρισης και εκμετάλλευσης των δεδομένων όπως:

- Στην **οργάνωση των πληροφοριών.**
- Στον **προσδιορισμό ψηφιακών αντικειμένων**
- Στην **αρχειοθέτηση και διατήρηση**
- Στην **ανακάλυψη σχετικών πληροφοριών (με βάση ορισμένα κριτήρια)**
- Στην **Εύρεση δεδομένων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα κριτήρια αναζήτησης**

- Στην **Αναγνώριση** μίας οντότητας
- Στην **Επιλογή** οντότητας που ανταποκρίνεται στις ανάγκες τους
- Στην **Απόκτηση** της οντότητας που περιγράφεται

Ανάλογα με την σκοπιά που πραγματεύονται τα μεταδεδομένα μπορεί να διακρίνονται σε:

- **Διαχειριστικά (administrative):** Παρέχουν πληροφορίες για την διαχείριση και διατήρηση των δεδομένων που περιγράφουν.
- **Δομικά (structural):** Παρέχουν πληροφορίες που αφορούν την αποθήκευση και παρουσίαση των δεδομένων.
- **Περιγραφικά (descriptive):** Παρέχουν πληροφορίες που περιγράφουν τις ιδιότητες και το περιεχόμενο των δεδομένων και συμβάλλουν στην αναζήτηση και ανάκτηση τους.
- **Τεχνικά (Technical):** Περιγράφουν τα δεδομένα με εξειδικευμένους τεχνικούς όρους.
- **Χρήσης (Use):** Περιγράφουν τον τρόπο χρήση του αντικειμένου που πραγματεύονται.

Για την πλήρη τεκμηρίωση των δεδομένων μπορεί να καταγραφεί ένα μεγάλο πλήθος στοιχείων σχετικών με αυτά. Ένα μεγάλο μέρος αυτών των στοιχείων μεταδεδομένων πληροφορίας έχει προτυποποιηθεί (ανάλογα και με την σφαίρα ενδιαφέροντος που πραγματεύονται τα δεδομένα). Πέρα από την σπουδαιότητα της χρήσης προτύπων για την οργάνωση και καταγραφή της πληροφορίας είναι εξίσου σημαντική και η τυποποίηση για την αποθήκευση και την διαχείρισή της, ώστε να είναι πλήρως αξιοποιήσιμη από οποιονδήποτε χρήστη και οποιοδήποτε σύστημα. Για την καταχώρηση των μεταδεδομένων των ηλεκτρονικών τεκμηρίων¹ έχουν αναπτυχθεί τα παρακάτω πρότυπα:

¹ Με τον όρο ηλεκτρονικό τεκμήριο εννοείται κάθε τεκμήριο που υπάρχει σε ηλεκτρονική μορφή και στο οποίο η πρόσβαση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της τεχνολογίας υπολογιστών. Αυτά μπορεί να είναι αρχεία δεδομένων, απλά αρχεία, ηλεκτρονικοί πόροι, αντικείμενα, ψηφιακές συλλογές και μπορεί να βρίσκονται σε μορφή κειμένου, εικόνας, κινούμενης εικόνας, ήχου, βίντεο, ιστοσελίδας ή προγράμματος.

- AACR2
- MARC
- Text Encoding Initiative - TEI Header (1990)
- Dublin Core - DC (1995)
- Metadata Object Description Schema – MODS
- Encoded Archival Description – EAD (1996)
- Open Archives Initiative - OAI
- Visual Resources Association Core– VRA (1997)
- Federal Geographic Data Committee for Digital Geospatial Metadata – FGDC
- Gateway to Educational Materials – GEM
- Government (Global) Information Locator Service - GILS
- Metadata Encoding and Transmission Standard – METS
- Computer Interchange of Museum Information – CIMI
- Interoperability of Data in E-Commerce Systems – INDECS
- Online Information Exchange – ONIX
- Australian Recordkeeping Metadata Schema (RKMS)

Η επιλογή του προτύπου μεταδεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί σε κάποιο έργο εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως:

- Το πεδίο εφαρμογής του έργου.
- Οι μορφές των ψηφιακών αντικειμένων και συλλογών που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο.
- Το επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας στην περιγραφή και παρουσίαση των δεδομένων του έργου.
- Ο βαθμός κατά τον οποίο κάθε πρότυπο επαρκή για την πλήρη περιγραφή των δεδομένων.
- Η ευχρηστία και η απλότητα στη χρήση.

1.4 Οντολογία

Ο όρος οντολογία συναντάται σε πολλούς κλάδους της επιστήμης. Στην πληροφορική ορίζεται ως το σύνολο του λεξιλογίου και των εννοιών που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την αναπαράσταση της επίνοιας μιας θεματικής περιοχής. Με τον όρο επίνοια περιγράφεται η απλοποιημένη μορφή του κόσμου που είναι επιθυμητό να αναπαρασταθεί για κάποιο σκοπό και περιλαμβάνει αντικείμενα που υπάρχουν σε έναν κόσμο και τις μεταξύ τους σχέσεις. Ο όρος αναπαράσταση αναφέρεται στην κωδικοποίηση της περιγραφής με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, και ο όρος περιγραφή στον συνδυασμό των όρων που χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν τις μεταξύ τους σχέσεις. Αποτελεί, σε πιο απλούς όρους, μία γεφύρωση της σημασιολογίας του πραγματικού κόσμου με την τυπική σημασιολογία που είναι επεξεργάσιμη από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Μια οντολογία αποτελεί μηχανικά αναγνωρίσιμη, καθορισμένη επ' ακριβώς προδιαγραφή μιας εννοιολογικής αναπαράστασης που προσδιορίζει γνώση που είναι κοινώς αποδεκτή σε μία κοινότητα.

Η οντολογική ανάλυση είναι το εργαλείο εκείνο μέσω του οποίου προσδιορίζεται η δομή της πληροφορίας και αποτελεί έναν από τους πυλώνες στους οποίους στηρίζεται η αναπαράσταση της γνώσης².

Τα βασικά συστατικά στοιχεία μιας οντολογίας είναι:

- **Κλάσεις (classes):** Αποτελούν την οργάνωση εννοιών που ανήκουν σε κοινό πεδίο βάση κάποιων συγκεκριμένων προδιαγραφών.
- **Σχέσεις (relations):** Είναι ο τρόπος με τον οποίον συσχετίζονται οι διαφορετικές έννοιες μεταξύ τους.
- **Συναρτήσεις (functions):** Είναι μία ειδική σχέση κατά την οποία το n -οστό στοιχείο μιας σχέσης μπορεί να προσδιοριστεί από τα $n-1$ προηγούμενα στοιχεία.

² Η Αναπαράσταση γνώσης ...

- **Αξιώματα (axioms):** Αφορούν καταστάσεις που θεωρούνται ως δεδομένες χωρίς να απαιτείται διερεύνηση.
- **Στιγμιότυπα (instances):** Είναι συγκεκριμένα μοναδικά στοιχεία από μία κλάση.

Μεταξύ των οντολογιών υποστηρίζεται η κληρονομικότητα, η εφαρμογή περιορισμών στα δεδομένα που τις χαρακτηρίζουν, η συσχέτιση μεταξύ κλάσεων καθώς και η εφαρμογή πράξεων επ' αυτών όπως η ταξινόμηση και η υπαγωγή.

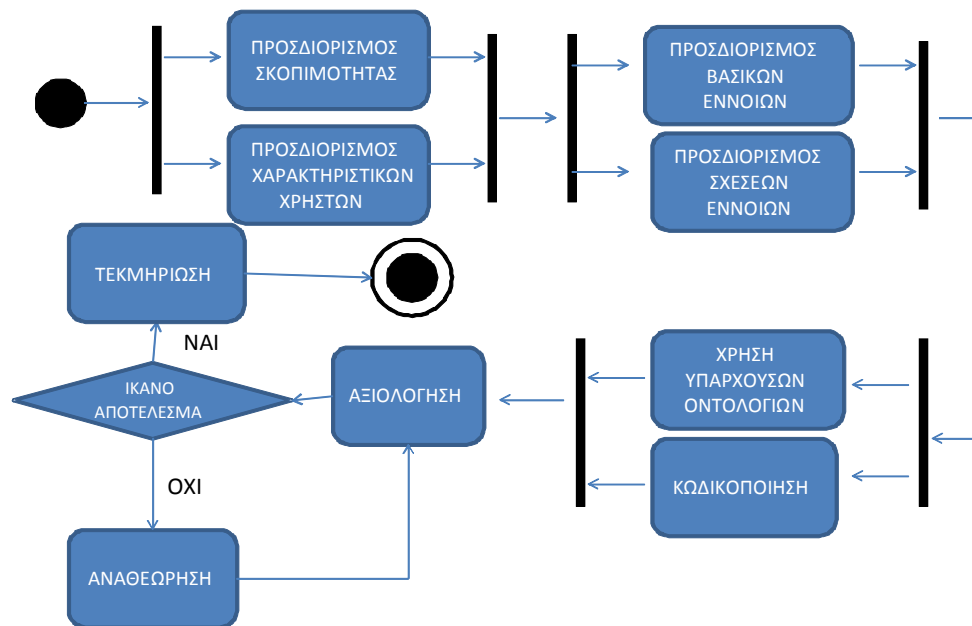
Οι οντολογίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- **Οντολογίες πεδίου ορισμού (domain ontologies):** Αφορούν γνώση σχετική με ένα συγκεκριμένο πεδίο.
- **Οντολογίες μεταδεδομένων (metadata ontologies):** Αφορούν το λεξικό για την περιγραφή τεκμηριωμένου ηλεκτρονικά περιεχομένου.
- **Γενικές ή κοινές οντολογίες (generic or common sense ontologies):** Παρέχουν γενική αφηρημένη γνώση σχετικά με θεμελιώδεις έννοιες του πραγματικού κόσμου.
- **Οντολογίες αναπαράστασης (representational ontologies):** Παρέχουν οντότητες που αφορούν την αναπαράσταση της γνώσης χωρίς ωστόσο να ασχολούνται με το περιεχόμενο που αναπαριστούν.
- **Οντολογίες μεθοδολογίας ή εργασιών (method or task ontologies):** Αναφέρονται σε όρους που αφορούν συγκεκριμένες εργασίες.

Οι οντολογίες προσφέρουν ένα πλήρες πλαίσιο εννοιών, για να χρησιμοποιηθούν από ανθρώπους με διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο, στα πλαίσια ενός οργανισμού και να διευκολύνει την μεταξύ τους επικοινωνία. Συνδράμουν στην διαλειτουργικότητα – ακόμα και ετερογενών ασύμβατων - των συστημάτων όπως και στον σαφή καθορισμό των προδιαγραφών των τμημάτων

υλικού και λογισμικού ώστε να αναβαθμίζεται η αξιοπιστία τους και να είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση τους όπου απαιτείται.

Η δημιουργία των οντολογιών ξεκινάει με τον προσδιορισμό της ανάγκης που επιτάσσει την ανάπτυξη τους και των χαρακτηριστικών των χρηστών που θα απευθύνεται. Στην συνέχεια χρειάζεται να προσδιοριστούν οι βασικές έννοιες που θα αναπτυχθούν και οι μεταξύ τους σχέσεις, να δημιουργηθούν οι προδιαγραφές των εννοιών και των σχέσεων αυτών. Έπειτα κωδικοποιούνται έννοιες και σχέσεις σε μία τυπική γλώσσα. Επίσης θα πρέπει να εξεταστεί το αν και πως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν υπάρχουσες οντολογίες. Το παραγόμενο αποτέλεσμα χρειάζεται να αξιολογηθεί και να αναθεωρηθεί όπου χρειάζεται. Στο τελευταίο στάδιο θα πρέπει να γίνει τεκμηρίωση της προκύπτουσας οντολογίας. Ο μηχανισμός ανάπτυξης οντολογιών φαίνεται σχηματικά από το επόμενο διάγραμμα δραστηριοτήτων.



Εικόνα 2: Διαδικασία ανάπτυξης οντολογιών

1.4.1 Γλώσσες Οντολογίας

Για την αναπαράσταση των εννοιών μέσω της οντολογίας έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνολογίες με κοινό αποτέλεσμα, τον σαφή προσδιορισμό τους αλλά και την δυνατότητα μετάδοσης τους μέσω των τεχνολογιών του διαδικτύου. Αυτά είναι και τα γενικά χαρακτηριστικά των XML (eXtensible Markup Language) αναπαραστάσεων που τα τελευταία χρόνια τείνουν να καθιερωθούν σαν το βασικό πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ ομογενών ή ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων, μέσω του διαδικτύου. Έτσι με βάση την XML ήταν ανάγκη να αναπτυχθούν γλώσσες για την δομημένη κωδικοποίηση της σημασιολογίας των δεδομένων με απόλυτη ακρίβεια και σαφήνεια. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω προτάσεις για την κωδικοποίηση των εννοιών:

- KIF (Knowledge Interchange Format)
- OKBC (Open Knowledge Base Connectivity)
- XOL (XML-based Ontology exchange Language)
- SHOE (Simple HTML Ontology Extension)
- OML (Ontology Markup Language)
- RDF(S) (Resource Description Framework Schema)
- OIL (Ontology Interchange Language, Ontology Inference Layer)
- DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language)
- OWL (Ontology Web Language)

Οι κυριότεροι εκπρόσωποι των προσπαθειών αυτών είναι οι γλώσσες RDF/S και OWL. Αμφότερες είναι προτάσεις του W3C προς την κατεύθυνση για την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού.

RDFS

Το RDF (Resource Description Framework) σχεδιάστηκε για την απόδοση των μεταδεδομένων που σχετίζονται με διαδικτυακούς πόρους. Προτάθηκε από

το World-Wide-Web Consortium (W3C) για να αποτελέσει την επέκταση της πλατφόρμας για επιλογή περιεχομένου στο διαδίκτυο (PICS – Platform for Internet Content Selection). Το PICS είναι ένα πρότυπο για την περιγραφή των περιεχομένων ιστοσελίδων και την αξιολόγηση τους. Αφορά την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ εξυπηρετητή και πελάτη οι οποίες αξιολογούνται στην πλευρά του δεύτερου και τυγχάνουν αντιμετώπισης ανάλογα με την εφαρμοζόμενη πολιτική. Η ανάπτυξη τέτοιων μηχανισμών ήταν αποτέλεσμα της ανάγκης που προέκυψε για φιλτράρισμα του μεγάλου όγκου της παρεχόμενης πληροφορίας από το διαδίκτυο καθώς και των πόρων του διαδικτύου, με μία κωδικοποίηση αναγνωρίσιμη από τον άνθρωπο και τα πληροφοριακά συστήματα. Έτσι δημιουργήθηκε το RDF για τον σκοπό αυτό το οποίο βασίστηκε στην SGML και την XML.

Στο πλαίσιο αυτό εμπεριέχεται ένας μηχανισμός για την περιγραφή πληροφοριακών πόρων που δεν ασχολείται με τη φύση του πεδίου εφαρμογής και τη δομή του εγγράφου που περιέχει την πληροφορία. Το RDF έχει σκοπό την επίτευξη της διαλειτουργικότητας όλων των πληροφοριακών συστημάτων, την επαναχρησιμοποίηση, τον διαμοιρασμό και την επεκτασιμότητα των μεταδεδομένων και τελικά στην άμεση και ακριβή επεξεργασία των πόρων που ανταλλάσσονται μέσω του Διαδικτύου. Χρησιμοποιεί τρεις τύπους αντικειμένων:

- **Πόροι (Resources):** Πρόκειται για οντότητες που περιγράφονται από τις εκφράσεις του RDF. Αναγνωρίζονται μοναδικά από το URI τους ή/και από κάποιο μοναδικό αναγνωριστικό (ID).
- **Ιδιότητες (Properties):** Είναι κατηγορήματα οι τιμές των οποίων προσδιορίζουν τον ιδιαίτερο «χαρακτήρα», τις ιδιότητες και την συμπεριφορά ενός πόρου.
- **Δηλώσεις (Statements):** Είναι ο τρόπος αντιστοίχισης μία τιμής σε μία ιδιότητα ενός πόρου.

Τα βασικά πλεονεκτήματα του RDF συνοψίζονται στα παρακάτω:

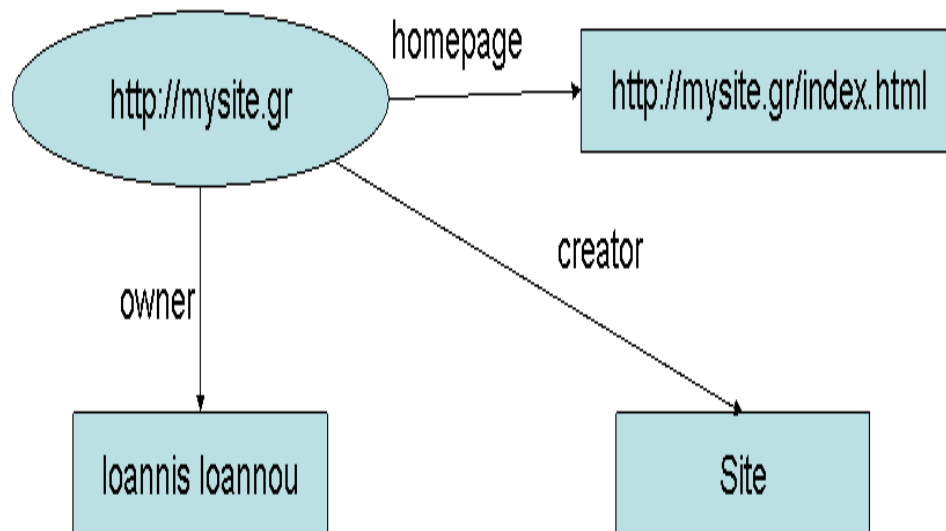
- **Εύκολη Ανταλλαγή και Μεταφορά μεταδεδομένων:** Τα μεταδεδομένα του RDF μπορούν να μεταφερθούν εύκολα μεταξύ ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων. Επιπροσθέτως τα μεταδεδομένα αυτά μπορούν να αποθηκεύονται είτε απ' ευθείας στο σύστημα αρχείων (file system) είτε σε συστήματα βάσεων δεδομένων (DBS).
- **Επεκτασιμότητα και Επαναχρησιμοποίηση των Σχημάτων:** Το RDF υποστηρίζεται από ένα σύστημα κλάσεων αντικειμένων. Αυτές οργανώνονται σε σχήματα και ιεραρχίες προσφέροντας την δυνατότητα για εύκολη επεκτασιμότητα και επαναχρησιμοποίηση.
- **Δυνατότητα Περιγραφής του Σχήματος:** Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας σχημάτων περιγραφής των ίδιων των σχημάτων καθιστώντας την αποθήκευση τους και την ανάκτηση τους αρκετά αποδοτική.
- **Δυνατότητα Περιγραφής των ίδιων των μεταδεδομένων:** Υπάρχει η δυνατότητα περιγραφής των μεταδεδομένων από τα ίδια τα μεταδεδομένα με την χρήση του RDF ώστε να υπάρχει περιγραφή ακόμα και για αυτά.

Το λεξιλόγιο του RDF περιγράφεται από το RDF Schema που αποτελεί μία σημασιολογική επέκταση του πλαισίου. Με αυτό καθορίζονται οι κλάσεις και οι ιδιότητες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την ακριβή περιγραφή τους καθώς και οι μεταξύ τους σχέσεις. Υποστηρίζονται από τα κατάλληλα δομικά στοιχεία, για να είναι εφικτή η αποδοτική διανομή της πληροφορίας που αφορά έναν οποιοδήποτε τομέα και τους πληροφοριακούς πόρους με βάση μία ειδικού σκοπού σημασιολογία (η οποία ωστόσο θα πρέπει να βασίζεται σε ακριβώς καθορισμένη εννοιολογική βάση). Η σημασιολογία κωδικοποιείται σε ένα σύνολο από τριάδες (υποκείμενο-κατηγορημα-αντικείμενο) μιας πρότασης κωδικοποιημένης με ετικέτες XML (XML tags). Ο ορισμός των γνωρισμάτων/σχέσεων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των πόρων και

της σημασιολογίας που φέρουν, επιτυγχάνεται μέσω του RDFS. Ένα RDF σχήμα (schema) αποτελείται από τις δηλώσεις κλάσεων, γνωρισμάτων και σχέσεων μεταξύ των κλάσεων, όπου μία κλάση χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει λογικά ομοειδείς πόρους. Οι δομές αυτές που μπορεί να χαρακτηριστούν σαν λεξικά, δημιουργούνται ανεξάρτητα.

Η RDF μπορεί να αναπαρασταθεί με κατευθυνόμενους γράφους. Κάθε κόμβος του γράφου που αποτελεί αφετηρία ακμής αναπαριστά έναν πόρο. Κάθε μία ακμή αποτελεί μία ιδιότητα του πόρου ενώ οι κόμβοι προορισμού αυτής αποτελεί την τιμή της ιδιότητας. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα τέτοιας αναπαράστασης.

Έστω ένας δικτυακός τόπος με URI `http://myexample.gr` ο οποίος έχει σαν ιδιοκτήτη τον Ιωάννη Ιωάννου, αναπτύχθηκε από την εταιρεία “sites” και έχει σαν αρχική σελίδα την `http://myexample.gr/index.html`. Οι πληροφορίες αυτές σε κατευθυνόμενο γράφο αναπαρίστανται ως εξής:



Εικόνα 3: RDF με αναπαράσταση γράφου

Η παραπάνω αναπαράσταση σε RDF έγγραφο βασισμένο σε XML θα είχε την μορφή:

```
<?xml version="1.0"? Encoding="UTF-16">
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:mysite="http://mysite.gr/rdf-syntax-ns#">
<rdf:Description rdf:about="http://mysite.gr">
<mysite:owner rdf:resource="#Ioannis Ioannou" />
<mysite:creator rdf:resource="#Site" />
<mysite:homepage rdf:resource="#http://mysite.gr/index.html" />
</rdf:Description>
```

Εικόνα 4: Παράδειγμα RDF

Από το παράδειγμα αυτό φαίνονται οι βασικές δομές ενός RDF εγγράφου. Ένα έγγραφο RDF ουσιαστικά αποτελείται από ένα στοιχείο `<rdf:RDF>` που περιέχει ένα αριθμό από περιγραφές. Το `<rdf:RDF>` είναι το στοιχείο ρίζας του εγγράφου. Κάθε περιγραφή είναι ένα στοιχείο `<rdf:Description>` και περιέχει το χαρακτηριστικό `"rdf:about"`, που αναφέρεται στον περιγραφόμενο πόρο. Το στοιχείο `<rdf:RDF>` πρώτα περιέχει αναφορές σε χώρους ονομάτων, με πρώτο τον χώρο ονομάτων `RDF:xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" και στην συνέχεια σε εξωτερικούς χώρους που είναι έγγραφα RDF που ορίζουν πόρους που χρησιμοποιούνται στο τρέχον έγγραφο που τους εισάγει. Ένας χώρος ονοματοδοσίας είναι ένα σύνολο από κλάσεις και/ή ιδιότητες στον οποίο αποδίδεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό και αποτελεί ένα RDF σχήμα. Με τη χρήση ενός XML χώρου ονοματοδοσίας τα χρησιμοποιούμενα ονόματα είναι δυνατόν να αναγνωριστούν μοναδικά στο διαδίκτυο από το URI του σχήματος, στο οποίο ορίζονται ως κανονικοί πόροι στο Διαδίκτυο και έτσι να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.`

Τις περισσότερες φορές χρειάζεται να γίνει αναφορά σε μία συλλογή από πόρους. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται συλλογές από πόρους ή literals που ονομάζονται συλλογές RDF (RDF Containers).

Στο RDF ορίζονται τρία είδη συλλογών:

- **Bag (Πολυσύνολο):** Είναι ένας κατάλογος από πόρους ή literals που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία ιδιότητα έχει πολλαπλές

τιμές χωρίς να έχει σημασία η σειρά που καταγράφονται αυτοί. Ένα παράδειγμα πολυσυνόλου φαίνεται παρακάτω:

```
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cd="http://www.recshop.fake/cd#">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Beatles">
<cd:artist>
<rdf:Bag>
<rdf:li>John</rdf:li>
<rdf:li>Paul</rdf:li>
<rdf:li>George</rdf:li>
<rdf:li>Ringo</rdf:li>
</rdf:Bag>
</cd:artist>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

- **Sequence (Ακολουθία):** Είναι μία ταξινομημένη λίστα από πόρους ή literals που χρησιμοποιείται για να δηλωθεί ότι μια ιδιότητα έχει πολλαπλές τιμές. Στην περίπτωση αυτή η σειρά με την οποία καταγράφονται οι τιμές αυτές έχουν σημασία. Ένα παράδειγμα ακολουθίας φαίνεται παρακάτω:

```
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cd="http://www.recshop.fake/cd#">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Beatles">
<cd:artist>
<rdf:Seq>
<rdf:li>George</rdf:li>
<rdf:li>John</rdf:li>
<rdf:li>Paul</rdf:li>
<rdf:li>Ringo</rdf:li>
```

```
</rdf:Seq>
</cd:artist>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

- **Alternative (Παραλλαγή):** Καλείται μία λίστα από πόρους ή literals που αναπαριστούν εναλλακτικές τιμές για τιμή μιας ιδιότητας. Δηλώνεται με τον τρόπο αυτό ότι μπορεί να επιλεγεί μία οποιαδήποτε τιμή από αυτές της λίστας με την πρώτη να αποτελεί την προεπιλεγμένη. Ένα παράδειγμα παραλλαγής φαίνεται παρακάτω:

```
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cd="http://www.recshop.fake/cd#">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Beatles">
<cd:format>
<rdf:Alt>
<rdf:li>CD</rdf:li>
<rdf:li>Record</rdf:li>
<rdf:li>Tape</rdf:li>
</rdf:Alt>
</cd:format>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Προκειμένου να αναπαρασταθεί η συλλογή πόρων χρειάζεται να δηλωθεί ένας επιπλέον πόρος ο οποίος θα προσδιορίζει το είδος της. Η ιδιότητα `type` του πόρου θα δηλώνεται ως `Bag` ή `Sequence` ή `Alt`. Κάθε μέλος της συλλογής αντιστοιχίζεται σαν τιμή στις ιδιότητες `"_1"`, `"_2"`, `"_3"`, κτλ. Οι πόροι συλλογών μπορεί να έχουν και επιπλέον ιδιότητες πλην αυτών των ιδιοτήτων μέλους και της ιδιότητας `type` οι οποίες και περιγράφουν περαιτέρω την συλλογή. Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα σύνταξης συλλογών.

OWL - Web ontology language

Ο σημασιολογικός ιστός βασίζεται στην δυνατότητα της XML να ορίζει προσαρμοσμένα σχήματα ετικετών και της RDF να αναπαριστά ευέλικτα δεδομένα. Ωστόσο η XML δεν μπορεί να επιβάλλει σημασιολογικούς περιορισμούς ενώ ακόμα και η RDF έχει δυνατότητες που οριοθετούνται στην περιγραφή μοντέλων δεδομένων για αντικείμενα, την μεταξύ τους σχέση καθώς και την περιγραφή των κλάσεων και των ιδιοτήτων των δικτυακών πόρων. Αυτό που χρειάζεται επιπλέον είναι μία γλώσσα οντολογιών που θα μπορεί να περιγράψει τυπικά τη σημασιολογία της

ορολογίας που χρησιμοποιείται σε δικτυακά έγγραφα και την αλληλοσυσχέτιση των χρησιμοποιούμενων όρων. Αυτό ουσιαστικά είναι και το αντικείμενο της οντολογίας. Έτσι είναι απαραίτητος ένας μηχανισμός που να επιτρέπει την λειτουργία συλλογιστικών διεργασιών στα διαδικτυακά έγγραφα που περιγράφονται με την βοήθεια της RDF.

Απάντηση στην απαίτηση αυτή αποτέλεσε η OWL (Web Ontology Language) η αποτελεί μέρος των προτάσεων του W3C που σχετίζονται με τον Σημασιολογικό Ιστό. Πρόκειται για μια σημασιολογική γλώσσα σήμανσης και χρησιμοποιείται για την δημιουργία και τη μεταφορά οντολογιών μέσω διαδικτύου. Δίνει την δυνατότητα σε διάφορες εφαρμογές να επεξεργάζονται πληροφορίες που συνοδεύουν έγγραφα του διακινούνται μέσω του διαδικτύου. Παρέχει τρόπους αναπαράστασης τόσο των εννοιών όσο και των συσχετίσεων μεταξύ αυτών. Η ανάπτυξη της OWL βασίστηκε στην RDF, χρησιμοποιεί σύνταξη XML και έχει περισσότερες δυνατότητες για τον ορισμό οντολογιών από αυτές.

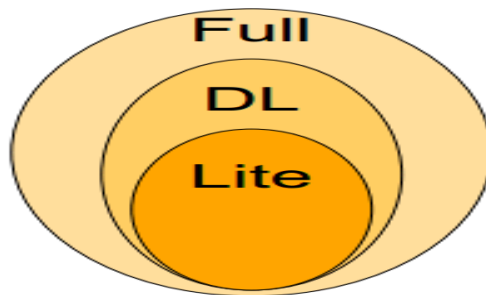
Είναι προσανατολισμένη στην επεξεργασία του περιεχόμενου της πληροφορίας. Μπορεί και υποστηρίζει διατύπωση πλούσιας σημασιολογίας παρέχοντας επιπλέον λεξιλόγιο και τυπική σημασιολογία για την περιγραφή των ιδιοτήτων και των κλάσεων. Μπορεί να εκφράζει σχέσεις μεταξύ κλάσεων,

πληθυκότητα, ισοδυναμία, περισσότερους τύπους ιδιοτήτων και χαρακτηριστικά ιδιοτήτων σε σχέση με την RDF

Στην OWL περιλαμβάνονται:

- XML, η οποία παρέχει ένα τρόπο σύνταξης για την δόμηση εγγράφων χωρίς να επιβάλλει σημασιολογικούς περιορισμούς στην έννοια τους.
- XML Schema, για τον προσδιορισμό της δομής των XML εγγράφων
- RDF, για την περιγραφή των δεδομένων και της σχέσης μεταξύ τους.
- RDF Schema, για την περιγραφή των ιδιοτήτων και των κλάσεων των αντικειμένων του RDF.
- Λεξιλόγιο για τη περιγραφή ιδιοτήτων και κλάσεων, συσχετίσεων μεταξύ κλάσεων, αριθμούς στοιχείων συνόλου, ισότητες, χαρακτηριστικά γνωρίσματα ιδιοτήτων .

Η OWL διαιρείται σε τρία επίπεδα τα OWL Lite, OWL DL και OWL FULL, που σχεδιάστηκαν για να χρησιμοποιηθούν από διαφορετικές κοινότητες developers και χρηστών. Κάθε ένα από τα επίπεδα αυτά αποτελεί επέκταση του προηγούμενου του όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Τα χαρακτηριστικά κάθε ενός επιπέδου, επιγραμματικά, είναι:

- OWL Full: Η OWL Full είναι πλήρως συμβατή με το RDF με συνέπεια να μην υποστηρίζει αποδοτικά τον συλλογισμό και να έτσι οι αλγόριθμοι της να δυσκολεύονται να δώσουν λύσεις σε προβλήματα λήψεως αποφάσεων. Χρησιμοποιεί όλες τις θεμελιώδεις αρχές των υπό-γλωσσών OWL και επιτρέπει αυτοί να συνδυαστούν πλήρως με την RDF με την οποία

παρουσιάζει πλήρη συμβατότητα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην υποστηρίζει την συλλογιστική.

- **OWL DL:** Χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται αποδοτικότητα στην εκφραστικότητα με την για διατηρώντας την μέγιστη δυνατή υπολογιστική αποδοτικότητα και εξασφαλίζοντας την ολοκλήρωση των διαδικασιών στο προκαθορισμένο χρόνο. Η OWL DL περιλαμβάνει όλα τα OWL γλωσσικά στοιχεία. Ωστόσο αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο υπό συγκεκριμένους περιορισμούς. Δεν είναι εφικτή η εφαρμογή ενός OWL constructor σε έναν άλλο και επομένως, διασφαλίζεται ότι η γλώσσα ανταποκρίνεται σε description logic. Η αύξηση της αποδοτικότητας της γλώσσας σε σχέση με την OWL Full αντισταθμίζεται από την έλλειψη της πλήρους συμβατότητας με την RDF.

- **OWL Lite:** Παρέχει την δυνατότητα για ιεραρχίες ταξινόμησης και απλούς περιορισμούς. Στο επίπεδο αυτό δεν υποστηρίζονται οι απαριθμημένες κλάσεις, οι δηλώσεις ασυμβατότητας και η δυνατότητα για αυθαίρετο μέγεθος πεδίου τιμών ιδιοτήτων. Η γλώσσα αυτού του επιπέδου είναι εύκολη στην εκμάθηση αλλά και εύκολα υλοποιήσιμη. Το κόστος αυτού είναι οι περιορισμοί στην εκφραστικότητα της. Είναι απλούστερη η παροχή εργαλείων υποστήριξης για την OWL Lite σε σχέση με αλλά δύο επίπεδα.

Τα βασικότερα στοιχεία της γλώσσας είναι:

- **Κλάσεις (Classes):** Αποτελούν τα βασικότερα συστατικά της γλώσσας. Κάθε άτομο που περιγράφεται με την OWL είναι μέλος της κλάσης owl:Thing και κάθε κλάση που δηλώνεται από έναν χρήστη είναι αυτόματα υποκλάση της owl:Thing. Υποστηρίζεται η ιεραρχία κλάσεων με κάθε υποκλάση να αποτελεί μία εξειδίκευση μία γενικότερης κλάσης. Η δήλωση μίας κλάσης περιλαμβάνει την ονομασία της και μία σειρά από περιορισμούς που καθορίζουν την μορφή των στιγμιότυπων τους.

- **Άτομα:** Ένα άτομο είναι μέλος σε μία κλάση και δηλώνεται σαν τέτοιο. Ενώ η κλάση αποτελείται από μία ονομασία και ένα σύνολο ιδιοτήτων για την περιγραφή των συσχετίσεων ανάμεσα στα μέλη ενός συνόλου ατόμων. Επιγραμματικά οι κλάσεις αντιστοιχούν στα σύνολα των στοιχείων του τομέα

αναφοράς, ενώ τα άτομα αντιστοιχούν στις πραγματικές οντότητες που μπορούν να ομαδοποιηθούν σε αυτές τις κλάσεις.

- **Ιδιότητες (Properties):** Οι ιδιότητες διακρίνονται σε δύο τύπους. Οι datatypes προσδιορίζουν σχέσεις μεταξύ στιγμιότυπων κλάσεων και RDF literals και XML Schema datatypes,. Οι object προσδιορίζουν σχέσεις μεταξύ στιγμιότυπων δύο κλάσεων. Καταγράφονται σαν σχέσεις ανάμεσα στις οποίες χρησιμοποιείται μία μέθοδος για τον περιορισμό της. Η μέθοδος αυτή προσδιορίζεται από το domain και το range. Μια ιδιότητα μπορεί να αποτελεί και εξειδίκευση μιας άλλης ιδιότητας. Έστω για παράδειγμα μία κλάση A με domain την κλάση B και range την κλάση Γ. Η δήλωση αυτή οδηγεί στην συσχέτιση στιγμιότυπων της B με στιγμιότυπα της Γ.

Τα χαρακτηριστικά που μπορεί να έχει μια ιδιότητα είναι:

- Transitive Property – Μεταβατικότητα: αν μια ιδιότητα P είναι μεταβατική τότε για κάθε x, y και z θα ισχύει πάντα ότι αν P(x, y) και P(y, z) τότε και P(x, z)

- Symmetric Property – Συμμετρικότητα: αν μια ιδιότητα P είναι συμμετρική τότε για κάθε x και y θα ισχύει πάντα ότι P(x, y) αν και μόνο αν P(y, x)

- Functional Property – Λειτουργικότητα: αν μια ιδιότητα P είναι λειτουργική τότε για όλα τα x, y και z θα ισχύει πάντα ότι αν P(x, y) και P(x, z) τότε $y = z$

- Inverse Of - Αντίστροφη, αν μια ιδιότητα P1 είναι αντίστροφη μιας P2 τότε για όλα τα x και y τότε θα είναι P1(x, y) αν και μόνο αν P2(y, x)

- Inverse Functional Property – Αντίστροφα λειτουργική, αν μια ιδιότητα P είναι αντίστροφα λειτουργική τότε για όλα τα x, y, z θα ισχύει ότι αν P(y, x) και P(z, x) θα είναι και $y = z$

Το εύρος (range) των ιδιοτήτων μπορεί να περιοριστεί. Οι τρόποι που μπορεί να γίνει αυτό είναι:

- All Values From (όλες οι τιμές από): ορίζει ότι για κάθε στιγμιότυπο μιας κλάσης που έχει στιγμιότυπα μιας συγκεκριμένης ιδιότητας, όλες οι δυνατές

τιμές αυτής της ιδιότητας αποτελούν μέλη της κλάσης που προσδιορίζεται από το owl: all Values From.

- **Some Values From** (μερικές τιμές από): ορίζει ότι για κάθε στιγμιότυπο μιας κλάσης που έχει στιγμιότυπα μιας συγκεκριμένης ιδιότητας, η ιδιότητα αυτή θα έχει τιμή ένα ή περισσότερα μέλη της κλάσης που προσδιορίζεται από το owl:allValuesFrom.

- **Cardinality** (πληθυκότητα): ο περιορισμός καθορίζει την πληθυκότητα των στοιχείων σε ένα σύνολο. Με το owl:maxCardinality καθορίζεται ένα άνω όριο πληθυκότητας ενώ με το owl:minCardinality μπορούμε να καθορίσουμε το κατώτερο επιτρεπόμενο όριο.

- **Has Value** (έχει τιμή): χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό κλάσεων που βασίζονται σε μία συγκεκριμένη τιμή μιας ιδιότητας. Τα άτομα – μέλη μιας τέτοιας κλάσης έχουν τιμή στην ιδιότητα αυτή ίδια με αυτή του has Value.

Οι περιορισμοί καταγράφονται εντός του owl:Restriction

Πέρα από τα τυπικά χαρακτηριστικά της OWL, εμπεριέχει μηχανισμούς επαύξησης της αποδοτικότητας στην ανάπτυξη των οντολογιών. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους - οποιασδήποτε μορφής - που απαιτείται για τον διαμοιρασμό και την αναβάθμιση τους. Ο δρόμος που οδηγεί σε αυτό το αποτέλεσμα είναι η επαναχρησιμοποίηση και η σύνθεση. Η δημιουργία γενικών και «μικρών» οντολογιών δίνει την δυνατότητα της προσαρμογής μία οντολογίας σε περισσότερες εφαρμογές αφού μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε περισσότερες περιπτώσεις. Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται στην κατεύθυνση αυτή είναι:

- **Ισοδυναμίες ανάμεσα σε κλάσεις και ιδιότητες:** Υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί μία οντολογία σαν σύνθεση δύο άλλων όταν υπάρχει κλάση ή ιδιότητα της μεν που έχει αντιστοιχία με κάποια της δε. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται η ιδιότητα owl:equivalentClass για να δηλωθεί ότι δύο κλάσεις έχουν ακριβώς ίδια στιγμιότυπα. και η owl:equivalentProperty αντίστοιχα για ιδιότητες.. Στην OWL Full, με την owl:sameAs ανάμεσα σε δύο κλάσεις για να δείξουμε ότι είναι όμοιες οτιδήποτε.

- Ταυτοποίηση ανάμεσα σε άτομα: Λειτουργεί σε αντιστοιχία με την ισοδυναμία ανάμεσα σε κλάσεις, για άτομα. Η OWL με τον τρόπο αυτό προσδιορίζει αν δύο ονόματα αφορούν την ίδια ή διαφορετική οντότητα..
- Διαφοροποίηση ατόμων: Είναι ο αντίθετος μηχανισμός από τον προαναφερθέντα αφού προσδιορίζει τιμές που είναι αμοιβαία ξεχωριστές ώστε να δηλωθεί η διαφοροποίηση οντοτήτων. Έτσι η έκφραση owl:AllDifferent σε συνδυασμό με την owl:distinctMembers καθορίζει ένα σύνολο ατόμων που όλα είναι ξεχωριστά μεταξύ τους.

Οι μηχανισμοί αυτοί συμπληρώνονται από αντίστοιχους που χρησιμοποιούνται για την σύνθεση οντολογιών. Έτσι διακρίνονται οι παρακάτω δυνατότητες:

- **Set Operators:** Οι OWL class extensions είναι σύνολα από άτομα-μέλη κάποιας κλάσης και παρέχονται κατάλληλα εργαλεία για τον χειρισμό τους με λογικούς
- **Τελεστές συνόλων** όπως είναι οι **Intersection** (Τομή), **Union**, (Ένωση), **Complement** (Συμπλήρωμα).
- **Enumerated Classes:** Υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού μίας κλάσης με την παράθεση των μελών της.
- **Disjoint Classes:** Για την δήλωση συνόλων κλάσεων με κανένα κοινό στοιχείο χρησιμοποιείται ο constructor owl:disjoint With για να δηλωθεί ότι κανένα άτομο που αποτελεί μέλος μιας κλάσης δε μπορεί την ίδια στιγμή να αποτελεί και στιγμιότυπο μιας άλλης κλάσης.

Τέλος έχει προβλεφθεί και το γεγονός ότι μία οντολογία μπορεί να είναι εξέλιξη μιας προγενέστερης. Έτσι έχει εισαχθεί η έννοια των εκδόσεων. Παράλληλα έχουν αναπτυχθεί τρόποι για σύνδεση με προγενέστερη έκδοση (owl:priorVersion) όπως και το αν οι εκδόσεις μεταξύ τους παρουσιάζουν συμβατότητα (owl:backwardCompatibleWith και owl:incompatibleWith). Υπάρχει προφανώς και τρόπος διάθεσης πληροφοριών για την τρέχουσα έκδοση (owl:versionInfo).

Κεφάλαιο 2^ο

Λογική Επιχειρηματολογία

2.1 Επιχειρηματολογία

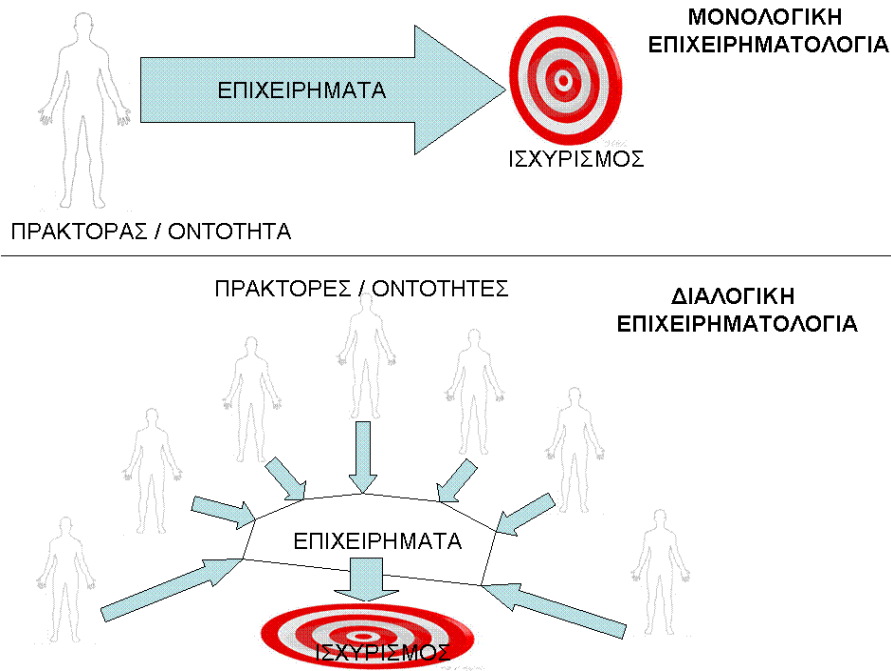
Η επιχειρηματολογία (argumentation) εμπεριέχεται σε όλες τις εκφάνσεις του πραγματικού κόσμου. Αποτελεί την βάση εκείνη στην οποία στηρίζονται οι ισχυρισμοί (claims). Κανένας ισχυρισμός δεν μπορεί να υφίσταται αυθαίρετα αλλά θα πρέπει να στηρίζεται σε συγκεκριμένη επιχειρηματολογία. – ανεξάρτητα αν αυτή είναι αποδεκτή ή όχι, προφανής ή χρειάζεται υποστήριξη. Κάθε επιχειρηματολογία αντιστοιχίζεται σε πράκτορες (agents) και ομάδες πρακτόρων (group of agents). Ως πράκτορες εννοούνται αυτόνομα, ενεργητικά και έξυπνα συστήματα που διαδραματίζουν κάποιο ρόλο. Ως ομάδα πρακτόρων ή οντότητες χαρακτηρίζονται τα σύνολα πρακτόρων εκείνα που τα στοιχεία τους έχουν κάποιο κοινό ρόλο. Οι πράκτορες σε μια οντότητα – αν και έχουν κάποιο κοινό γενικό ρόλο – μπορεί να είναι ετερογενείς. Σε μία εταιρεία παραγωγής οχημάτων εργάζονται άνθρωποι έχοντας διαφορετικές αρμοδιότητες, λόγου χάρη υπεύθυνοι πωλήσεων, παραγωγής, τεχνικών ελέγχων, εργάτες. Κάθε εργαζόμενος έχει διαφορετικό ρόλο στην λειτουργία του εργοστασίου. Ωστόσο το εργοστάσιο σαν οντότητα έχει σαν ρόλο την παραγωγή και διάθεση όσο το δυνατόν περισσότερων και καλύτερης ποιότητας οχημάτων. Οι πράκτορες και οι οντότητες αναπτύσσουν την επιχειρηματολογία.

Οι επιχειρηματολογίες με βάση του πράκτορες που προέρχονται μπορεί να χαρακτηρίζονται μονολογικές ή διαλογικές. Οι μονολογικές επιχειρηματολογίες προέρχονται από έναν πράκτορα ή οντότητα. Οι γνώσεις που παρατίθενται από τους πράκτορες ή τις οντότητες μπορεί να προέρχονται από οποιοδήποτε είδους πηγές και να είναι οποιοδήποτε επιπέδου αξιοπιστίας. Μπορεί να θεωρηθεί σαν μια εσωτερική διαδικασία συνδυασμού και αξιοποίησης των επιχειρημάτων εκ μέρους των πρακτόρων ή των οντοτήτων που οδηγεί σε κάποιο από αποτέλεσμα – συμπέρασμα. Παρά το γεγονός ότι στις μονολογικές επιχειρηματολογίες δεν υφίσταται κάποια μορφή διαλόγου εν τούτοις τα

επιχειρήματα μπορεί να προέρχονται από διάλογο. Σαν παραδείγματα μονολογικών επιχειρηματολογιών μπορούμε να θεωρήσουμε ένα άρθρο ενός δημοσιογράφου (agent) σε μία εφημερίδα ή μία προεκλογική ομιλία ενός πολιτικού.

Οι διαλογικές επιχειρηματολογίες περνάνε μέσα από μία διαλογική διαδικασία μεταξύ των πρακτόρων ή των οντοτήτων που συμμετέχουν υπέρ ή κατά ενός ισχυρισμού. Κατά την διαδικασία αυτή τον ισχυρισμό, που παραθέτει ένας πράκτορας ή οντότητα, προσπαθεί να αποδυναμώσει ένας έτερος πράκτορας ή οντότητα. Τα μέρη που συμμετέχουν στην διαδικασία ενδεχομένως να χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη στρατηγική για να πείσουν για την ορθότητα των επιχειρημάτων τους. Μπορεί να θεωρηθεί ότι εμπεριέχουν μονολογικές επιχειρηματολογίες οι οποίες θα πρέπει να παρουσιαστούν και να υποβληθούν σε κατάλληλη εξέταση από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες ώστε να σχηματιστεί ένα συμπέρασμα. Σαν παραδείγματα διαλογικών επιχειρηματολογιών μπορούμε να θεωρήσουμε τις αγορεύσεις των αντιδίκων δικηγόρων σε μία δίκη (agents που προσπαθούν να αποδυναμώσουν ο ένας τα επιχειρήματα του άλλου) ή μία συζήτηση στην βουλή για την ψήφιση ενός νέου νομοσχεδίου.

Η διαφορά των δύο αυτών ειδών επιχειρηματολογίας έχει κυρίως να κάνει με τον προσανατολισμό τους. Οι μονολογικές επιχειρηματολογίες είναι προσανατολισμένες στον ισχυρισμό που στηρίζεται από την επιχειρηματολογία. Πρόκειται δηλαδή για μια στατική διαδικασία υποστήριξης ενός ισχυρισμού. Αντίθετα οι διαλογικές επιχειρηματολογίες είναι μία δυναμική διαδικασία προσανατολισμένες κυρίως στον τρόπο που παρατίθενται τα αντικρουόμενα επιχειρήματα παρά στο εξαγόμενο συμπέρασμα. Σε κάθε περίπτωση πάντως μέσα από μονολογικές ή διαλογικές επιχειρηματολογίες ο στόχος είναι εξαγωγή συμπερασμάτων. Σχηματικά τα είδη των επιχειρηματολογιών περιγράφονται από το ακόλουθο σχήμα:



Όσον αφορά τις **μονολογικές επιχειρηματολογίες** ανάλογα με τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται και τον ισχυρισμό που υποστηρίζουν μπορεί να έχουν κάποιον από τους εξής ρόλους:

- **Πραγματική επιχειρηματολογία (factual argumentation):** Γίνεται χρήση αντικειμενικών πληροφοριών με στόχο την ενημέρωση του κοινού για ισχυρισμούς που μπορούν να αποδειχθούν.
- **Επιχειρηματολογία θέσεων (positional argumentation):** Χρησιμοποιούνται αντικειμενικές, υποκειμενικές και υποθετικές πληροφορίες με σκοπό την παρουσίαση των ισχυρισμών του πράκτορα που θέτει την επιχειρηματολογία.
- **Επιχειρηματολογία παρακίνησης (persuasional argumentation):** Χρησιμοποιούνται αντικειμενικές, υποκειμενικές και υποθετικές πληροφορίες με σκοπό την παρακίνηση του κοινού εκ' μέρους του πράκτορα να προβεί σε μία προδιαγεγραμμένη συμπεριφορά.
- **Προκλητική επιχειρηματολογία (prevocational argumentation):** Γίνεται χρήση αντικειμενικών, υποκειμενικών και υποθετικών

πληροφοριών με στόχο την πρόκληση του ενδιαφέροντος εκ' μέρους του κοινού για να ασχοληθεί περισσότερο με τον ισχυρισμό που υποστηρίζει.

- **Επιχειρηματολογία σκεπτικισμού (speculational argumentation):** Χρησιμοποιούνται αντικειμενικές, υποκειμενικές και υποθετικές πληροφορίες προκειμένου να ενημερωθεί το κοινό για το ενδεχόμενο της πραγματοποίησης ενός σεναρίου που βασίζεται σε παρελθοντικά γεγονότα.

Μια άλλη διάκριση για τις μονολογικές επιχειρηματολογίες έχει να κάνει με το που απευθύνονται. Έτσι διακρίνονται οι αυτό-επιχειρηματολογίες (autoargumentation) όπου η πηγή και το κοινό είναι ο ίδιος πράκτορας ή οντότητα και οι επιχειρηματολογίες που είναι στοχευόμενες σε πολυπληθές κοινό. Στην πρώτη περίπτωση οι πράκτορες αναζητούν να ισχυροποιήσουν ή να αποδυναμώσουν έναν δικό τους ισχυρισμό εξετάζοντας τις διάφορες πληροφορίες τους. Στην δεύτερη περίπτωση κάποιος πράκτορας ή οντότητα εκθέτει την επιχειρηματολογία του σε άλλους πράκτορες ή οντότητες.

Σε κάθε περίπτωση αναζητούνται τα επιχειρήματα και πληροφορίες κλειδιά για κάθε ισχυρισμό. Αυτά είναι που σε κάθε μονολογική επιχειρηματολογία θα πρέπει να αξιολογηθούν ως υπέρ ή κατά του ισχυρισμού προκειμένου να υπάρξει ασφαλές συμπέρασμα. Ακόμα και οι διαλογικές επιχειρηματολογίες μπορούν να αντιμετωπίζονται σαν μονολογική επιχειρηματολογία τρίτου πράκτορα ο οποίος ελέγχει τα υπέρ και τα κατά των στοιχείων κλειδιών των επιχειρημάτων των αντικρουόμενων επιχειρηματολογιών για την εξαγωγή συμπεράσματος.

2.2 Σχηματισμός επιχειρηματολογίας

Οι μονολογικές επιχειρηματολογίες θα μπορούσαν να γίνουν αντικείμενο έρευνας και εκμετάλλευσης από τις νέες τεχνολογίες – όπως άλλωστε και πολλές άλλες πτυχές του πραγματικού κόσμου – προκειμένου να αναπτυχθούν

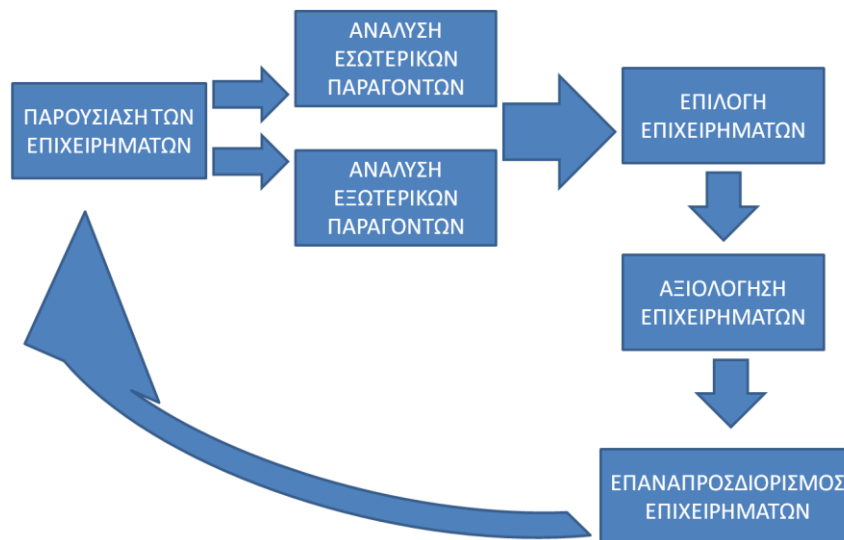
καινοτόμα έξυπνα συστήματα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να αναπτυχθεί κάποιος τρόπος μοντελοποίησης των επιχειρηματολογιών. Κάθε διαδικασία που έχει παρόμοιο στόχο ξεκινάει από τον προσδιορισμό των βασικών διακριτών λειτουργιών που την συνθέτουν – εν προκειμένω των επιχειρηματολογιών – που χρειάζεται να μοντελοποιηθεί. Οι λειτουργίες αυτές επιγραμματικά είναι:

- Παρουσίαση των επιχειρημάτων: Περιλαμβάνει την εκτενή και ακριβή παρουσίαση των επιχειρημάτων υπέρ και κατά ενός ισχυρισμού. Μπορεί να παρομοιαστεί σαν ένας χάρτης που παρουσιάζει τις διαδρομές προς τα συμπεράσματα συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών (πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα κάθε διαδρομής). Σκοπός της παρουσίασης είναι δεδομένων του ισχυρισμού και των παραμέτρων που τον επηρεάζουν να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που να περιγράφει την συνολική κατάσταση.
- Ανάλυση των εσωτερικών παραγόντων: Οι εσωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν έναν ισχυρισμό είναι τα αντικρουόμενα στοιχεία που ανταγωνίζονται υπέρ ή κατά της υιοθέτησης του. Η ανάλυση της φύσης των στοιχείων αυτών καθώς και του τρόπου που αυτά ανταγωνίζονται μεταξύ τους είναι αντικείμενο της διαδικασίας αυτής.
- Ανάλυση του περιβάλλοντος και των εξωτερικών παραγόντων: Εκτός των στοιχείων που επηρεάζουν την εξαγωγή των συμπερασμάτων σχετικά με έναν ισχυρισμό, ένα σύνολο εξωτερικών επιδράσεων μπορεί επίσης να την επηρεάσει. Στην φάση αυτή ελέγχονται τα επιχειρήματα υπέρ και κατά ενός ισχυρισμού από την μεριά παραγόντων που δεν σχετίζονται άμεσα με την κατάσταση που υποστηρίζει ο ισχυρισμός. Βασικοί παράμετροι επίσης είναι το περιβάλλον που τοποθετείται ο ισχυρισμός και οι χρονικές συγκυρίες.
- Επιλογή των επιχειρημάτων: Η ανάλυση των εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων που επηρεάζουν τον ισχυρισμό ακολουθείται από την κριτική επιλογή των επιχειρημάτων (υπέρ και

κατά) που τελικά κρίνεται εποικοδομητικό να αξιολογηθούν και είναι ικανά να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Το αποτέλεσμα αυτού του φιλτραρίσματος θα είναι μια πιο ξεκάθαρη εικόνα της επιχειρηματολογίας που θα είναι περισσότερο ευπρόσδεκτη στην αντίληψη του κοινού της.

- Αξιολόγηση των επιχειρημάτων: Πρόκειται για την σημαντικότερη λειτουργία για την υποστήριξη ενός ισχυρισμού. Η επιχειρηματολογία που έχει διαμορφωθεί μέχρι το στάδιο αυτό αξιολογείται με βάση κατάλληλες μετρικές (αντικειμενικές αλλά και υποκειμενικές) ώστε να εξαχθεί το συμπέρασμα υπέρ ή κατά του ισχυρισμού.
- Επαναπροσδιορισμός του συνόλου των επιχειρημάτων: Αφού μία συγκεκριμένη επιχειρηματολογία έχει οδηγήσει στην υιοθέτηση συμπερασμάτων υπέρ ή κατά ενός ισχυρισμού είναι πιθανό νέα δεδομένα να οδηγήσουν στην μεταβολή του συνόλου των επιχειρημάτων και στην επανεξέταση της ισχύος του υιοθετούμενου ισχυρισμού.

Σχηματικά η αλληλουχία των παραπάνω σταδίων της διαδικασίας φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Η διαδικασία εξέτασης των ισχυρισμών μέσω μονολογικών επιχειρηματολογιών δεν επιδιώκεται να περιορίζεται στην λήψη ενός συνόλου δεδομένων σαν είσοδο και την παροχή συμπερασμάτων στην έξοδο. Η διαδικασία εστιάζει επίσης και στον τρόπο που επηρεάζουν οι πληροφορίες και τα επιχειρήματα το εξαχθέν συμπέρασμα. Σημαντικό ρόλο επίσης στην όλη διαδικασία παίζει και το κοινό το οποίο παρακολουθεί την διαδικασία. Οι πράκτορες που δημιουργούν την επιχειρηματολογία προσαρμόζουν την διαδικασία επιλογής της στα χαρακτηριστικά του κοινού στο οποίο απευθύνονται. Η κατάλληλη επιλογή των επιχειρημάτων μπορεί να οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα ασφαλέστερα και ταχύτερα.

2.3 Λογική

Η Λογική σαν επιστήμη θεμελιώθηκε από τον Αριστοτέλη ενώ στην σύγχρονη εποχή η ανάπτυξη της πυροδοτήθηκε από την ανάγκη για την θεωρητική θεμελίωση της Ανάλυσης. Διαισθητικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι είναι η επιστήμη της συλλογιστικής, της απόδειξης, της σκέψης που οδηγεί σε συμπέρασμα. Η επιστήμη της λογικής συνεπικουρεί σύγχρονες τεχνολογίες και μεθοδολογίες όπως ο λογικός προγραμματισμός, η τεχνητή νοημοσύνη, η θεωρία συνόλων και οι βάσεις δεδομένων – γνώσεων. Η κλασσική λογική βασίζεται στις λογικές προτάσεις. Μια λογική πρόταση είναι μια γλωσσική έκφραση η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί με δύο τρόπους: αληθής ή ψευδής. Οι προτάσεις αυτές είναι προφανές ότι πρέπει να είναι σαφής και ακριβείς.

Οι λογικές προτάσεις διαμορφώνονται με την χρήση συνδέσμων οι οποίοι καλούνται λογικοί σύνδεσμοι και είναι οι εξής:

- **Σύζευξη (conjunction).** Συνδέει δύο λογικές προτάσεις σε μία της οποίας η αλήθεια επιβεβαιώνεται αν συναληθεύουν. Συμβολίζεται με το σύμβολο \wedge
- **Άρνηση (negation).** Αντιστρέφει την αλήθεια της λογικής πρότασης. Συμβολίζεται με το σύμβολο \neg
- **Διάζευξη (disjunction).** Συνδέει δύο λογικές προτάσεις σε μία της οποίας η αλήθεια επιβεβαιώνεται αν αληθεύει τουλάχιστον μία εξ' αυτών. Συμβολίζεται με το σύμβολο \vee
- **Συνεπαγωγή (implication).** Χρησιμοποιείται όταν από την αλήθεια μίας λογικής πρότασης εξαρτάται η αλήθεια μίας άλλης. Συμβολίζεται με το σύμβολο \rightarrow
- **Ισοδυναμία (equivalence).** Χρησιμοποιείται όταν από την αλήθεια μίας λογικής πρότασης εξαρτάται η αλήθεια μίας άλλης και αντίστροφα. Συμβολίζεται με το σύμβολο \leftrightarrow

Για τους λογικούς συνδέσμους ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες:

- Οι σύνδεσμοι \wedge και \vee είναι μεταθετικοί
- Ο σύνδεσμος \rightarrow δεν είναι μεταθετικός

2.3.1 Εξαγωγή λογικών συμπερασμάτων

Για την παρουσίαση της διαδικασίας εξαγωγής συμπερασμάτων είναι αναγκαία η παρουσίαση ορισμένων βασικών εννοιών όπως συνεπές και ασυνεπές σύνολο προτάσεων, συνέπεια προτάσεων, έγκυρη και ορθή εξαγωγή συμπεράσματος.

Έστω ένα σύνολο προτάσεων. Όταν το σύνολο αυτό περιέχει προτάσεις που δεν είναι όλες αληθείς λέγεται ασυνεπές (inconsistent). Αν το σύνολο αυτό δεν είναι ασυνεπές τότε καλείται συνεπές (consistent). Αν θεωρήσουμε ένα σύνολο που η συνέπεια του είναι προϋπόθεση για την αλήθεια μιας πρότασης, τότε λέμε ότι από το σύνολο αυτό συνάγεται η πρόταση αυτή ή ότι από το σύνολο των προτάσεων συνεπάγεται η πρόταση αυτή. Από ένα σύνολο προτάσεων $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, εξάγεται ως συμπέρασμα η πρόταση c , αν η c είναι συνέπεια των p_1, p_2, \dots, p_n , δηλαδή αν οι p_1, p_2, \dots, p_n συνεπάγονται την c . Η εξαγωγή συμπεράσματος είναι έγκυρη, αν δεν είναι δυνατόν για τις p_1, p_2, \dots, p_n να είναι συγχρόνως αληθείς και η c να είναι ψευδής. Είναι ορθή αν είναι έγκυρη και οι p_1, p_2, \dots, p_n, c είναι όλες αληθείς.

Βασικό εργαλείο για την εξαγωγή λογικών συμπερασμάτων αποτελεί ο προτασιακός λογισμός. Ο Προτασιακός Λογισμός είναι μια γλώσσα που ασχολείται με προτάσεις που μπορεί να είναι είτε αληθείς είτε ψευδείς ενώ επιτρέπει την διατύπωση σύνθετων προτάσεων καθώς και την διατύπωση επιχειρηματολογίας σχετικά με αυτές. Βασικό συστατικό του προτασιακού λογισμού είναι οι ατομικές προτάσεις, οι οποίες συνδυάζονται μεταξύ τους με λογικούς τελεστές και διαμορφώνουν εκφράσεις. Η αλήθεια των εκφράσεων

προσδιορίζεται με την βοήθεια σαφώς καθορισμένων σημασιολογικών κανόνων. Αυτοί είναι:

- **Σημασιολογικός κανόνας σύζευξης:** Η έκφραση $A \wedge B$ είναι αληθής αν και μόνο αν και η A και η B είναι ταυτόχρονα αληθείς.
- **Σημασιολογικός κανόνας διάζευξης:** Η έκφραση $A \vee B$ είναι αληθής αν και μόνο αν η A ή/και η B είναι αληθείς.
- **Σημασιολογικός κανόνας αποκλειστικής διάζευξης:** Μια ερμηνεία ικανοποιεί την πρόταση $A \oplus B$ αν και μόνο η A ή η B είναι αληθής.

Μία έκφραση η οποία είναι πάντα αληθής αποτελεί μία ταυτολογία ενώ αντιλογία χαρακτηρίζεται η έκφραση η οποία είναι πάντα ψευδής. Ένα σύνολο εκφράσεων μπορεί να αποδίδει ένα συμπέρασμα. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να είναι έγκυρο αν τόσο οι εκφράσεις όσο και το συμπέρασμα είναι αληθή.

2.4 Λογική Επιχειρηματολογία

Έχουν προταθεί αρκετές προσεγγίσεις για το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θεωρία της επιχειρηματολογίας στην τεχνητή νοημοσύνη των πληροφοριακών συστημάτων. Οι προσεγγίσεις αυτές παρέχουν ένα πλαίσιο για την παράθεση των επιχειρημάτων και των αντεπιχειρημάτων για κάποιον ισχυρισμό με τυπικούς και μαθηματικούς τύπους. Αυτό τον σκοπό έχει και η προσέγγιση της Λογικής επιχειρηματολογίας.

Η Λογική επιχειρηματολογία αποτελεί ένα πλαίσιο αναζήτησης συμπερασμάτων για έναν ισχυρισμό. Χαρακτηριστικό της είναι ότι γίνεται διαχωρισμός των προϋποθέσεων για την επικράτηση του ισχυρισμού, του ίδιου του ισχυρισμού και του τρόπου με τον οποίο θα προκύψουν τα συμπεράσματα σχετικά με αυτόν, λαμβανομένων υπ' όψη των προϋποθέσεων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις διαδικασίες της, διακρίνονται περαιτέρω σε αναλογικά, αιτιώδη και επαγωγικά. Τα συμπεράσματα που θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία είναι εκείνα που προκύπτουν επαγωγικά. Κατά την έννοια αυτή ένας ισχυρισμός μπορεί να αποδειχθεί επαγωγικά ότι είναι έγκυρος μέσα από την ικανοποίηση μίας σειράς από προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν για να σταθεί ο ισχυρισμός. Μία επαγωγική επιχειρηματολογία ξεκινάει από έναν ισχυρισμό που προέρχεται από ένα σύνολο από υποθέσεων. Ο ισχυρισμός και οι υποθέσεις θα πρέπει να είναι τέτοιοι που να μπορούν να εκφραστούν με τις μορφές της κλασικής λογικής ώστε και η επαγωγική διαδικασία να μπορεί επίσης να εκπέσει σε αυτή.

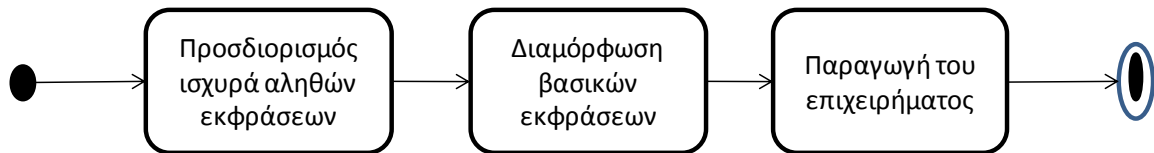
Στην Λογική Επιχειρηματολογία ένα επιχείρημα είναι ένα ζεύγος που αποτελείται:

- Μία βασική πρόταση (ο ισχυρισμός)
- Ένα προσδιορισμένο σύνολο από προτάσεις, που αποδεικνύουν την βασική πρόταση (η υποστήριξη του ισχυρισμού)

Αντικείμενο της Λογικής Επιχειρηματολογίας είναι να μελετηθεί η υπόθεση και η υποστήριξη για κάθε επιχείρημα, χωρίς να υπάρχει σπουδή για τον τρόπο

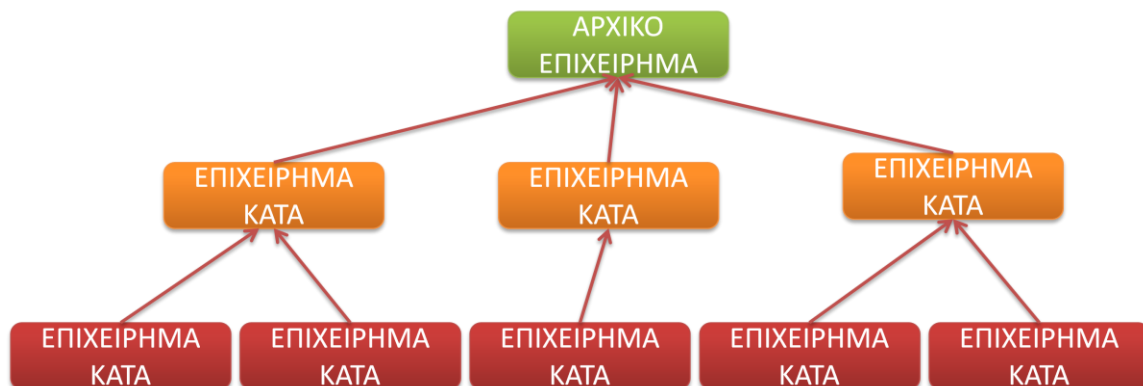
που θα οδηγήσει στο συμπέρασμα. Τα επιχειρήματα προκύπτουν σαν αποτέλεσμα μια διαδικασίας τριών σταδίων:

- Προσδιορισμός ισχυρά αληθών εκφράσεων.
- Την διαμόρφωση των βασικών εκφράσεων σαν συνέπειες των εκφράσεων του πρώτου σταδίου.
- Την παραγωγή του επιχειρήματος που προκύπτει σαν συνεπαγωγή από το δεύτερο στάδιο.



Εικόνα 5: Γενική διαδικασία διαμόρφωση επιχειρήματος

Γίνεται επεξεργασία μόνο των επαγωγικών επιχειρημάτων και επομένως η μέθοδος προσέγγισης του συμπεράσματος βασίζεται στην συνεπαγωγή (με όρους κλασικής λογικής). Στην προσέγγιση της Λογικής Επιχειρηματολογίας, θεωρείται ότι ένα επιχείρημα αντιτίθεται σε κάποιο άλλο (αρχικό επιχείρημα), όταν και μόνο όταν, κάποιες από τις προϋποθέσεις της εγκυρότητας του αντικρούουν το αρχικό. Κάθε τέτοιο επιχείρημα μπορεί να έχει και αυτό αντιτιθέμενα σε αυτό επιχειρήματα κ.ο.κ. Η μελέτη της αναδρομής αυτής είναι και ο βασικός στόχος της. Μία τέτοια διαδικασία φαίνεται σχηματικά στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 6: Σχήμα λογικής επιχειρηματολογίας

2.5 Βασικές Προτάσεις της Λογικής Επιχειρηματολογίας

Η λογική επιχειρηματολογία διέπεται από απλές προτάσεις που είτε αποτελούν ορισμούς είτε μπορούν να αποδειχθούν. Οι αποδείξεις είναι εκτός του σκοπού της παρούσας εργασίας.

Βασικοί Συμβολισμοί

Αρχικά είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί ο συμβολισμός και οι βασικές έννοιες που θα χρησιμοποιηθεί στις επόμενες παραγράφους. Θεωρούμε ένα σύνολο Δ το οποίο περιλαμβάνει τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για τα υπέρ και κατά επιχειρήματα για έναν ισχυρισμό. Η σειρά που παρατίθενται οι πληροφορίες δεν έχει σημασία. Το σύνολο αυτό δεν είναι συνεκτικό και μπορεί να περιλαμβάνει ακριβείς ή μη πληροφορίες, αντικειμενικές, υποκειμενικές ή υποθετικές. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει αντικρουόμενες απόψεις από διαφορετικούς πράκτορες.

Ένα επιχείρημα θεωρείται σαν ένα ζεύγος $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τέτοιο ώστε:

1. $\Phi \vdash \perp$
2. $\Phi \vdash \alpha$
3. Το Φ είναι ένα ελάχιστο υποσύνολο του Δ που ικανοποιεί την (2)

Αν το $A = \langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα, τότε λέμε ότι το A είναι ένα επιχείρημα για το α και επίσης ότι το Φ είναι η υποστήριξη του α . Ονομάζουμε το α ισχυρισμό ή συνέπεια του επιχειρήματος και γράφουμε $Claim(A) = \alpha$. Ονομάζουμε το Φ υποστήριξη του επιχειρήματος και γράφουμε $Support(A) = \Phi$. Το Ω συμβολίζει όλα τα επιχειρήματα του Δ .

Επιχείρημα

Ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι πιο δεσμευτικό από ένα επιχείρημα $\langle \Psi, \beta \rangle$, αν $\Phi \supseteq \Psi$ και $\beta \vdash \alpha$. Διαισθητικά ένα πιο δεσμευτικό επιχείρημα παρέχει πληρέστερη (ισχυρότερη) υποστήριξη στον ισχυρισμό ο οποίος είναι περισσότερο σαφής.

Το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα, αν $\Phi \cup \{\neg \alpha\}$ είναι ένα ελάχιστο μη συνεκτικό σύνολο τέτοιο που $\Phi \subseteq \Delta$. Στην πρόταση αυτή φαίνεται η αντίθεση της υποστήριξης του ισχυρισμού στον αντίθετο ισχυρισμό.

Έστω $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα. Αν $\Phi \vdash \alpha \rightarrow \beta$ και $\beta \rightarrow \alpha$ είναι μια ταυτολογία, τότε το $\langle \Phi, \beta \rangle$ είναι επίσης ένα επιχείρημα. Η υποστήριξη ενός ισχυρισμού μπορεί να παίξει τον ίδιο και για άλλους ισχυρισμούς που μπορεί να είναι βάση για αυτόν.

Έστω Φ και Ψ τέτοια ώστε να υπάρχει μία ένα προς ένα σχέση f από το Ψ σε ένα τμήμα $\{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$ του Φ όπου $C_n(\{\psi\}) = C_n(f(\psi))$ για κάθε $\psi \in \Psi$. Αν το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα τότε και το $\langle \Psi, \alpha \rangle$ είναι επίσης ένα επιχείρημα. Διαισθητικά ο ίδιος ισχυρισμός (ο οποίος υποστηρίζεται από ένα δεδομένο σύνολο προτάσεων) μπορεί να υποστηριχθεί από προτάσεις οι οποίες προκύπτουν με κάποιο τρόπο από προτάσεις επιχειρηματολογίας με τον ίδιο ισχυρισμό.

Έστω $\Phi = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n\} \subseteq \Delta$ και $\Psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n\} \subseteq \Delta$ τέτοιο ώστε $\phi_i \leftrightarrow \psi_i$ να είναι μία ταυτολογία για $i = 1, 2, \dots, n$. Έστω α και β είναι τέτοια που $\alpha \leftrightarrow \beta$ είναι μια ταυτολογία. Τότε το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα αν το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα επιχείρημα. Η πρόταση αυτή ορίζει την ταύτιση.

Αν $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι πιο δεσμευτικό από το $\langle \Psi, \beta \rangle$ τότε $\Psi \setminus \Phi \vdash \phi \rightarrow (\alpha \rightarrow \beta)$ για κάποια μορφή ϕ τέτοια ώστε $\Phi \vdash \phi$ και $\phi \vdash \alpha$ εκτός αν το α είναι μία ταυτολογία.

Η δεσμευτικότητα προσδιορίζει μία διάταξη των επιχειρημάτων. Τα ελάχιστα επιχειρήματα³ πάντα υπάρχουν, εκτός αν όλες οι μορφές στο Δ είναι μη συνεκτικές. Τα μέγιστα επιχειρήματα⁴ πάντα υπάρχουν: Είναι $\langle \emptyset, T \rangle$ όπου το T είναι κάθε ταυτολογία.

Δεδομένης μίας κανονικής μορφής⁵, η μέγιστη δεσμευτικότητα, προσδιορίζει μία διάταξη που προϋποθέτει ότι τα επιχειρήματα που βρίσκονται στην ακολουθία αυτή είναι σε κανονική μορφή. Το ταξινομημένο σύνολο όλων αυτών των επιχειρημάτων, είναι ένα άνω όριο (όταν περιορίζεται από την γλώσσα του Δ). Το μέγιστο επιχείρημα υπάρχει πάντα και είναι $\langle \emptyset, T \rangle$.

Δύο επιχειρήματα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ισοδύναμα αν το Φ είναι λογικό ισοδύναμο του Ψ και το α είναι λογικό ισοδύναμο του β . Με την πρόταση αυτή προσδιορίζεται η ισοδυναμία των επιχειρημάτων με όρους ισοδυναμίας της υποστήριξης των ισχυρισμών αλλά και της ισοδυναμίας των ίδιων των ισχυρισμών (που μπορεί και να μην ταυτίζονται)

Δύο επιχειρήματα είναι ισοδύναμα όποτε το ένα είναι πιο δεσμευτικό από το άλλο και αντιστρόφως. Αφού το ένα επιχείρημα δεσμεύει το άλλο, αφού είναι αληθείς και οι δύο δεσμεύσεις συνεπάγεται ότι είναι ισοδύναμες. Σε μερική αντιστροφή αν δύο επιχειρήματα είναι ισοδύναμα τότε το κάθε ένα είναι πιο δεσμευτικό από το άλλο ή δεν είναι κανένα.

³ Ένα ελάχιστο επιχείρημα α είναι τέτοιο για το οποίο δεν υπάρχει επιχείρημα α' με $\alpha \neq \alpha'$ για το οποίο να ισχύει ότι είναι επιχείρημα για τον ίδιο ισχυρισμό με αυτόν του α .

⁴ Ένα μέγιστο επιχείρημα α είναι τέτοιο για το οποίο δεν υπάρχει επιχείρημα α' με $S(\alpha') \cap S(\alpha) = \emptyset$ και το με $S(\alpha') \cup S(\alpha)$ είναι επίσης υποστήριξη για τον ίδιο ισχυρισμό του επιχειρήματος α .

⁵ Πρόκειται για μία συνάρτηση με την οποία κάθε τύπος αντιστοιχίζεται σε έναν ισοδύναμο λογικό τύπο με τρόπο τέτοιο ώστε δύο λογικά ισοδύναμα να αντιστοιχίζονται στους ίδιους τόπους.

Defeater – Undercut – Rebuttal

Επιχείρημα Defeater: Ένα defeater για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα $\langle \Psi, \beta \rangle$ τέτοιο ώστε $\beta \vdash \neg (\varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \dots \wedge \varphi_n)$ για κάποια $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\} \subseteq \Phi$. Με άλλα λόγια ένας defeater ενός δεδομένου επιχειρήματος είναι ένα επιχείρημα με υποστήριξη που ενισχύει ή υποστηρίζει τον αντίστροφο ισχυρισμό του.

Επιχείρημα Undercut: Ένα undercut για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα $\langle \Psi, \neg(\varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \dots \wedge \varphi_n) \rangle$ όπου $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\} \subseteq \Phi$. Ένα undercut για ένα επιχείρημα είναι εκείνο του οποίου ο ισχυρισμός συντίθεται από ορισμένα αντίθετα στοιχεία του ισχυρισμού του.

Επιχείρημα Rebuttal: Ένα επιχείρημα $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα rebuttal για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν $\beta \leftrightarrow \neg \alpha$ είναι μία ταυτολογία. Ένα rebuttal ενός δεδομένου επιχειρήματος είναι ένα επιχείρημα του οποίου ο ισχυρισμός είναι εκ διαμέτρου αντίθετος με τον δικό του.

Αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι **rebuttal** για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι και ένας defeater για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$. Η πρόταση αυτή φανερώνει την πιο σαφή αντίθεση του rebuttal απέναντι στο επιχείρημα σε σχέση με το defeater.

Αν ένα επιχείρημα έχει **defeaters** τότε έχει και undercuts. Η πρόταση αυτή φανερώνει ότι ένας defeater μπορεί να επεκταθεί κατάλληλα ώστε να αποτελέσει undercut αυτού.

Ένα undercut για ένα επιχείρημα δεν χρειάζεται να είναι **rebuttal** για αυτό. Ο ισχυρισμός ενός undercut για ένα επιχείρημα δεν είναι απαραίτητο εξ ορισμού να είναι πλήρως αντίθετος με τον δικό του ισχυρισμό.

Ένα **rebuttal** για ένα επιχειρήμα δεν χρειάζεται να είναι ένα **undercut** για αυτό. Η πρόταση αυτή έχει να κάνει με την σύσταση του ισχυρισμού του επιχειρήματος.

Αν το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας **defeater** για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε υπάρχει ένα **undercut** για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ που είναι πιο δεσμευτικό από το $\langle \Psi, \alpha \rangle$

Αν το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα **rebuttal** για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε υπάρχει ένα **undercut** για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ που είναι πιο δεσμευτικό από το $\langle \Psi, \beta \rangle$

Αν ένα επιχειρήμα έχει ένα **defeater** τότε υπάρχει ένας **undercut** για τον **defeater**.

Αν ένα επιχειρήμα A έχει τουλάχιστον έναν **defeater** τότε υπάρχει μία άπειρη σειρά από επιχειρήματα τέτοια ώστε αν το A_1 είναι το A το A_{n+1} είναι ένα undercut του A_n για κάθε n θετικό ακέραιο.

Έστω $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχειρήμα για το οποίο το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας defeater. Τότε $\Psi \subseteq \Phi$. Η πρόταση αυτή υποδεικνύει ότι ένας επιχειρήμα που αντιτίθεται σε ένα άλλο θα πρέπει να έχει διαφορετική υποστήριξη.

Αν το $\langle \Gamma, \neg \gamma \rangle$ είναι ένας **undercut** για το $\langle \Psi, \neg \phi \rangle$ το οποίο είναι ένας undercut για ένα επιχειρήμα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Gamma, \neg \gamma \rangle$ δεν είναι ένας **defeater** για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$. Αυτό υποδεικνύει ότι επιχειρήματα τα οποία παρουσιάζουν αντιθέσεις με κάποιο δεδομένο μπορεί να έχουν κάποια κοινά στοιχεία όσο αφορά την υποστήριξη των ισχυρισμών τους.

Το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας μέγιστα δεσμευτικός defeater του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν για όλους τους defeater $\langle \Psi', \beta' \rangle$ του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν $\Psi' \subseteq \Psi$ και $\beta \vdash \beta'$ τότε αν $\Psi \subseteq \Psi'$ και $\beta' \vdash \beta$

Αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας μέγιστα δεσμευτικός defeater του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Psi, \beta' \rangle$ είναι ένας undercut του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ για κάποια β' που είναι λογικά ισοδύναμο του β .

Δεδομένων δύο επιχειρημάτων $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και $\langle \Psi, \beta \rangle$ τέτοιων ώστε $\{ \alpha, \beta \} \vdash \varphi$ για κάθε $\varphi \in \Phi$, αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας defeater για $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένας defeater για το $\langle \Psi, \beta \rangle$.

Έστω το α είναι λογικό ισοδύναμο με το φ . Αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι defeater του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένας defeater για το $\langle \Psi, \beta \rangle$

Δεδομένων δύο επιχειρημάτων $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και $\langle \Psi, \beta \rangle$ τέτοιων ώστε $\neg(\alpha \wedge \beta)$ είναι ταυτολογία, το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας defeater για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένας defeater για το $\langle \Psi, \beta \rangle$.

Έστω $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας defeater για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$. Αν $\alpha \wedge \beta$ είναι ταυτολογία και $\{ \alpha, \beta \} \vdash \varphi$ για κάθε $\varphi \in \Phi$ τότε το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας rebuttal για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$.

Αν $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα όπου το Φ είναι το λογικό ισοδύναμο με το α τότε κάθε defeater $\langle \Psi, \beta \rangle$ του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τέτοιος ώστε $\alpha \wedge \beta$ είναι ταυτολογία, είναι ένας rebuttal για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$.

Έστω $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι δύο επιχειρήματα. Το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα rebuttal και undercut για $\langle \Phi, \alpha \rangle$. Αν το Φ είναι λογικά ισοδύναμο με το α και το β είναι $\neg(\varphi_1 \wedge \dots \wedge \varphi_n)$ τέτοιο ώστε $\Phi = \{ \varphi_1, \dots, \varphi_n \}$.

Έστω $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένας μέγιστα δεσμευτικός defeater για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$. Τότε $\langle \Psi, \gamma \rangle$ είναι ένας μέγιστα δεσμευτικός defeater για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν το γ είναι λογικά ισοδύναμο με το β .

Το Δ είναι μη συνεκτικό αν υπάρχει ένα επιχείρημα που έχει τουλάχιστον έναν defeater. Το αντίστροφο δεν ισχύει.

Το Δ είναι μη συνεκτικό αν υπάρχει ένα επιχείρημα που έχει τουλάχιστον ένα undercut. Το αντίστροφο ισχύει όταν κάθε μορφή του Δ είναι συνεκτική.

Κανονικά Undercuts

Το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν για όλα τα undercuts $\langle \Psi', \beta' \rangle$ του $\langle \Phi, \alpha \rangle$, αν $\Psi' \subseteq \Psi$ και $\beta \vdash \beta'$ τότε $\Psi \subseteq \Psi'$ και $\beta' \vdash \beta$. Ουσιαστικά το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι μέγιστα δεσμευτικό undercut του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα πιο δεσμευτικό undercut του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τέτοιο ώστε να μην υπάρχουν undercuts του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ που να είναι πιο δεσμευτικά από το $\langle \Psi, \beta \rangle$.

Αν $\langle \Psi, \neg(\phi_1 \wedge \dots \wedge \phi_n) \rangle$ είναι μέγιστα δεσμευτικό undercut για ένα επιχείρημα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε $\Phi = \{\phi_1, \dots, \phi_n\}$.

Ένα επιχείρημα $\langle \Psi, \neg(\phi_1 \wedge \dots \wedge \phi_n) \rangle$ είναι ένα κανονικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και $\langle \phi_1, \dots, \phi_n \rangle$ είναι μία κανονική απαρίθμηση του Φ .

Ένα επιχείρημα $\langle \Psi, \neg(\phi_1 \wedge \dots \wedge \phi_n) \rangle$ είναι ένα κανονικό undercut του $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν είναι ένα Undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και $\langle \phi_1, \dots, \phi_n \rangle$ είναι κανονική απαρίθμηση του Φ .

Ένα ζεύγος $\langle \Psi, \neg(\varphi_1 \wedge \dots \wedge \varphi_n) \rangle$ είναι ένα κανονικό Undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν είναι ένα επιχείρημα και το $\langle \varphi_1, \dots, \varphi_n \rangle$ είναι κανονική απαρίθμηση του Φ .

Κάθε δύο διαφορετικά κανονικά undercuts για το ίδιο επιχείρημα έχει τις ίδιες συνέπειες αλλά διαφορετική υποστήριξη.

Δεδομένων δύο διαφορετικών κανονικών undercut για το ίδιο επιχείρημα, κανένα δεν είναι πιο δεσμευτικό από το άλλο.

Για κάθε defeater $\langle \Psi, \beta \rangle$ ενός επιχειρήματος $\langle \Phi, \alpha \rangle$ υπάρχει ένα κανονικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ που είναι πιο δεσμευτικό από το $\langle \Psi, \beta \rangle$.

Αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό defeater για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$.

Αν $\Psi, \neg(\varphi_1 \wedge \dots \wedge \varphi_n) \rangle$ είναι ένα undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τέτοιο ώστε $\Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$, τότε είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$

Έστω $\langle \Psi, \neg(\varphi_1 \wedge \dots \wedge \varphi_n) \rangle$ είναι ένα undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$. Το $\langle \Psi, \neg(\varphi_1 \wedge \dots \wedge \varphi_n) \rangle$ είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν $\Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$.

Αν $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι και rebuttal και undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$.

Έστω $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα επιχείρημα. Κάθε μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι ένα rebuttal για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ αν το Φ είναι ένα λογικό ισοδύναμο του α .

Αν το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ και υπάρχει $\Phi' \sqsubseteq \Phi$ και γ τέτοιο ώστε το $\langle \Phi', \gamma \rangle$ να είναι μέγιστα δεσμευτικό undercut για το $\langle \Psi, \beta \rangle$

Αν το $\langle \Psi, \beta \rangle$ είναι ένα κανονικό undercut για το $\langle \Phi, \alpha \rangle$ τότε υπάρχει $\Phi' \sqsubseteq \Phi$ τέτοιο ώστε $\langle \Phi', \neg(\psi_1 \wedge \dots \wedge \psi_n) \rangle$ είναι ένα κανονικό undercut για το $\langle \Psi, \beta \rangle$ (όπου $\langle \psi_1, \dots, \psi_n \rangle$ είναι κανονική απαρίθμηση για το Ψ).

2.6 Δένδρα Επιχειρημάτων

Μία επιχειρηματολογία ξεκινάει όταν τεθεί ένα αρχικό επιχείρημα για έναν δεδομένο ισχυρισμό. Πάνω σε αυτό το επιχείρημα τίθεται ένα αντεπιχείρημα. Στην συνέχεια τίθεται ένα αντεπιχείρημα στο αντεπιχείρημα. Ο αριθμός των αντεπιχειρημάτων που μπορεί να τεθούν εναντίον του επιχειρήματος ή αντεπιχειρήματος μπορεί να είναι μεγαλύτερος του ένα. Μετά την διαδικασία αυτή η επιχειρηματολογία μπορεί να αλλάξει προσανατολισμό προς διαφορετικά θέματα. Η αναπαράσταση των αρχικών επιχειρημάτων αλλά και των διαφορετικών θεμάτων που εισάγονται από τα διάφορα επίπεδα των αντεπιχειρημάτων γίνεται με τα δένδρα των επιχειρημάτων.

Ένα δένδρο επιχειρημάτων για έναν ισχυρισμό α έχει σαν κόμβους επιχειρήματα τοποθετημένα με τρόπο τέτοιο ώστε:

- Η ρίζα είναι ένα επιχείρημα για το α
- Για κανέναν κόμβο $\langle \Phi, \beta \rangle$ με απογόνους $\langle \Phi_1, \beta_1 \rangle, \dots, \langle \Phi_n, \beta_n \rangle$ το Φ είναι υποσύνολο του $\Phi_1 \cup \dots \cup \Phi_n$.
- Οι κόμβοι παιδιά ενός κόμβου N αποτελούνται από όλα τα κανονικά undercuts για το N που ικανοποιούν την αμέσως προηγούμενη συνθήκη.

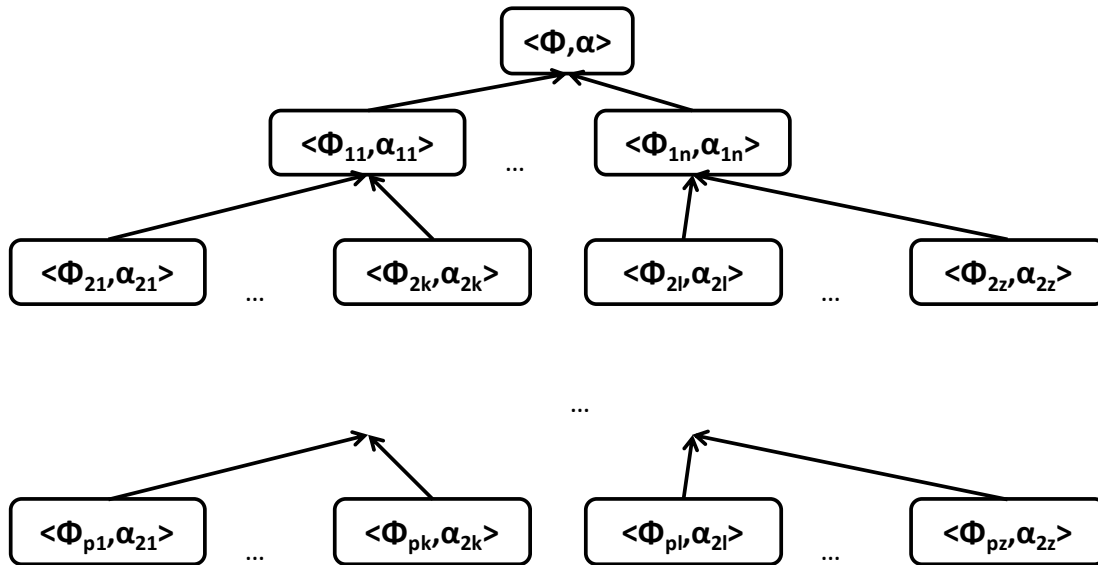
$$\langle \{Pa, \forall x.(Px \rightarrow Qx \vee Rx), \neg \exists x.Rx\}, Qa \rangle$$

$$\uparrow$$

$$\langle \{\neg \exists x.(Px \rightarrow Qx \vee Rx)\}, \diamond \rangle$$

Εικόνα 7: Δένδρο επιχειρηματολογίας

Τα δένδρα επιχειρημάτων είναι πεπερασμένα. Η μορφή τους δεν είναι αυθαίρετη αφού πρέπει να συνοψίζει όλες τις πιθανές εκδοχές της επιχειρηματολογίας σχετικά με το επιχείρημα του κόμβου ρίζα. Κάθε κόμβος – εκτός από τον κόμβο ρίζα – είναι ένα αρχικό σημείο μίας σειράς από σχετικά επιχειρήματα. Για κάθε εκδοχή της επιχειρηματολογίας αρχικοποιείται μία ακολουθία από αντεπιχειρήματα με την μορφή κλάδου του δένδρου μέχρι το σημείο που να μην χρειάζεται να υπάρχει αντεπιχείρημα. Επίσης τα αντεπιχειρήματα για κάποια εκδοχή της επιχειρηματολογίας σε έναν κλάδο του δένδρου θα πρέπει να διαφέρουν μεταξύ τους. Στην επόμενο σχήμα φαίνεται μία γενική διαγραμματική αναπαράσταση ενός δένδρου επιχειρηματολογίας με αρχικό επιχείρημα το $\langle \Phi, \alpha \rangle$.



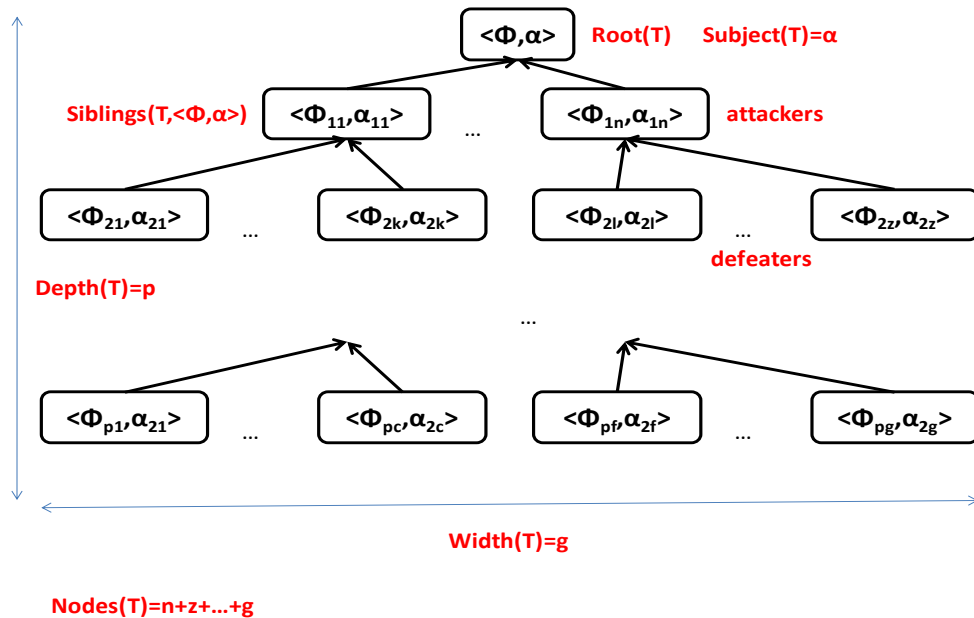
Εικόνα 8: Δένδρο επιχειρηματολογίας

Ένα δένδρο επιχειρημάτων καταγράφει όλους τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να τύχει χειρισμού ένα επιχείρημα, αλλά δεν μπορεί να καταγράψει όλους εκείνους τους τρόπους της κλασσικής λογικής. Έτσι περιλαμβάνονται μόνο εκείνες οι λογικά ισοδύναμες υποστηρίξεις που μπορούν

να αναφερθούν με έννοιες του Δ και την υποστήριξη του. Στο δένδρο επιχειρημάτων έχει νόημα να τοποθετηθούν τα επιχειρήματα και τα αντεπιχειρήματα που έχουν κάποια αξία στην διαμόρφωση του τελικού προϊόντος της, που είναι το συμπέρασμα.

2.6.1 Ορισμοί

Έστω δένδρο T . Βάθος του T είναι το μήκος του μακρύτερου κλάδου του και συμβολίζεται με $Depth(T)$. Πλάτος του T είναι ο αριθμός των κόμβων φύλλων του T και συμβολίζεται με $Width(T)$. Ο όρος Κόμβοι του T αναφέρεται στο σύνολο των κόμβων και συμβολίζεται με $Nodes(T)$. Ρίζα του T είναι ο κόμβος που δεν έχει γονέα και συμβολίζεται με $Root(T)$. Περιλαμβάνει το αρχικό επιχείρημα. Θέμα ή ισχυρισμός του T είναι ο ισχυρισμός της επιχειρηματολογίας και συμβολίζεται με $Subject(T)$ ή $Claim(Root(T))$. Αδέλφια του T από το επιχείρημα A είναι τα αντεπιχειρήματα που «αντιδρούν» στο A και στο δένδρο φαίνονται σαν παιδιά του κόμβου που περιλαμβάνει το A . Συμβολίζονται με $Siblings(T,A)$. Αν το A_i είναι ένα παθητικό επιχείρημα και το A_j είναι ένα παιδί του τότε το τελευταίο είναι ένα επιθετικό επιχείρημα. Το σύνολο των επιθετικών επιχειρημάτων παριστάνεται με $Attackers(T)$ και το σύνολο των παθητικών με $Defenders(T)$. Το τι εκφράζουν τα παραπάνω μεγέθη φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 9: Μεγέθη στα δένδρα επιχειρηματολογίας

2.6.2 Προτάσεις για τα δένδρα

Αν το Δ είναι συνεκτικό τότε όλα τα δένδρα επιχειρημάτων έχουν ακριβώς έναν κόμβο. Το αντίστροφο είναι αληθές αν κάθε τύπος του Δ είναι συνεκτικός.

Έστω T_α ένα δένδρο επιχειρημάτων του οποίου ο κόμβος ρίζα $\langle \Phi, \alpha \rangle$ είναι τέτοιος ώστε κανένα υποσύνολο του Δ δεν είναι ισοδύναμο με το α τότε κανένας κόμβος στο T δεν είναι rebuttal για την ρίζα.

Δύο undercuts $\langle \Gamma\cup\Phi, \neg\psi \rangle$ και $\langle \Gamma\cup\Psi, \neg\phi \rangle$ είναι duplicates αν ϕ είναι $\phi_1 \wedge \dots \wedge \phi_n$ τέτοιο ώστε $\Phi = \{\phi_1, \dots, \phi_n\}$ και ψ είναι $\psi_1 \wedge \dots \wedge \psi_n$ τέτοιο ώστε $\Psi = \{\psi_1, \dots, \psi_n\}$.

Για κάθε μέγιστα δεσμευτικό undercut $\langle \Psi, \beta \rangle$ ενός επιχειρήματος $\langle \Phi, \alpha \rangle$ υπάρχουν τουλάχιστον $2m-1$ επιχειρήματα είναι duplicate στο undercut. Δεν μπορεί δύο μέγιστα δεσμευτικά undercut του ίδιου επιχειρήματος να είναι duplicates. Δεν μπορεί δύο κανονικά undercuts του ίδιου επιχειρήματος να είναι duplicates.

Κανένας κλάδος σε ένα δένδρο επιχειρημάτων δεν περιλαμβάνει duplicates εκτός πιθανόν για τα παιδιά της ρίζας που μπορεί να είναι duplicate του root.

Μία δομή επιχειρήματος για έναν τύπο α είναι ένα ζεύγος συνόλων $\langle P, C \rangle$ όπου το P είναι το σύνολο των δένδρων επιχειρημάτων για το α και το C το σύνολο επιχειρημάτων για το $\neg\alpha$.

Έστω $\langle P, C \rangle$ μία δομή επιχειρήματος. Αν υπάρχει δένδρο επιχειρημάτων P που έχει ακριβώς έναν κόμβο τότε το C είναι το κενό σύνολο. Το αντίστροφο δεν ισχύει ακόμα και αν υποθεθεί ότι το P δεν είναι κενό.

Έστω $\langle P, C \rangle$ μία δομή επιχειρήματος. Αν το Δ είναι συνεκτικό τότε κάθε δένδρο επιχειρημάτων στο P έχει ακριβώς έναν κόμβο και το C είναι το κενό σύνολο. Το αντίστροφο δεν ισχύει ακόμα κι αν το P δεν είναι κενό και κάθε τύπος του Δ δεν είναι συνεκτικός.

Έστω $\langle [X_1, \dots, X_n], [Y_1, \dots, Y_n] \rangle$ μία δομή επιχειρημάτων. Για κάθε i και j η υποστήριξη του ριζικού κόμβου Y_j (αντιστοίχως του X_i) είναι ένα υπερούσολο της υποστήριξης ενός κανονικού undercut του ριζικού κόμβου του X_i (αντιστοίχως Y_j).

Έστω $\langle P, C \rangle$ μία δομή επιχειρημάτων. Τότε και το P και το C είναι πεπερασμένα.

2.6.3 First Order Επιχειρηματολογία

Propositional logic is a well-established tool in mathematics, computer science and engineering. In short, Boolean expressions are built from Boolean variables and Boolean connectives, which include \wedge , \vee , $:$ and $!$. If truth values for all Boolean variables are given, a Boolean expression can be evaluated to either true or false.

First-order logic generalizes this approach in two ways. First, the Boolean variables are replaced by more sophisticated atomic formulas, which in turn can contain variables. Admissible atomic formulas are given by fixing a *language*. Second, by allowing variables to be existentially or universally quantified, the expressiveness of such formulas is drastically increased.

Η διαδικασία της κοινωνικοποίησης των δένδρων επιχειρηματολογίας είναι πολύ βασική διαδικασία για να καταστεί η επιχειρηματολογία διαχειρίσιμη για να χρησιμοποιηθεί σε λειτουργίες όπου απαιτείται η υποστήριξη στην λήψη αποφάσεων. Η συμπίεση και συγχώνευση των κλάδων και των κόμβων του δένδρου επιχειρηματολογίας επιτρέπουν την συρρίκνωση του συνόλου των επιχειρημάτων και των αντεπιχειρημάτων. Σε αυτήν την διαδικασία η χρήση της first-order logic δίνει την δυνατότητα να γίνεται σαφής προσδιορισμός των διαφορετικών επιχειρημάτων-αντεπιχειρημάτων με αποτέλεσμα να ενισχύεται η προσπάθεια για περιορισμό του όγκου δεδομένων που πρέπει να εξεταστεί για την επεξεργασία της επιχειρηματολογίας.

Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται να υποστηριχθεί η First Order επιχειρηματολογία. Η First Order λογική γενικεύει την προτασιακή λογική με δύο κυρίως τρόπους. Οι δυαδικές μεταβλητές αντικαθίστανται από πιο πολύπλοκους τύπους που περιλαμβάνουν μεταβλητές. Οι τύποι αυτοί ακολουθούν τους κανόνες μιας συγκεκριμένης γλώσσας. Επίσης επιτρέπουν στις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται να έχουν περιορισμένη ή ευρεία εμβέλεια με αποτέλεσμα να αυξάνεται η εκφραστικότητα τους όσο αφορά την ποσοτικοποίηση τους. Τα First Order στοιχεία δίνουν μία ιδέα του μορφής που έχουν οι επιταγές και οι περιορισμοί της επιχειρηματολογίας. Το first order μοντέλο επιτρέπει σε πολύπλοκους κανόνες και εκφράσεις να περιγραφούν σαφώς. Καθώς και την αποδοτική επαγωγική και παραγωγική διαδικασία προσέγγισης συμπερασμάτων. Αυτά γίνονται με την χρήση κωδικοποίησης που βασίζεται σε τελεστές της άλγεβρας bool και άλλων ευρέως χρησιμοποιούμενων στοιχείων κωδικοποίησης. Για να ικανοποιηθεί η ανάγκη της αποτύπωσης της first order επιχειρηματολογίας

γενικεύεται η προτασιακή υπόθεση σε υπόθεση first order. Για μία first order γλώσσα L το σύνολο των τύπων που μπορεί να μορφοποιηθούν δίνεται από τους συνήθεις ορισμούς της κλασσικής λογικής: τα ρωμαϊκά σύμβολα p, q κτλ. παριστάνουν υποστήριξη και τα ελληνικά σύμβολα α, β κτλ. παριστάνουν τύπος.

Όλοι οι ορισμοί για τα επιχειρήματα, αντεπιχειρήματα, rebuttal, undercut, μέγιστα δεσμευτικό undercut, κανονικό undercut και το δένδρο επιχειρημάτων παραμένουν όπως και στην προτασιακή λογική εκτός του ότι το Δ θεωρείται να είναι το σύνολο των first order τύπων και ότι \vdash είναι η first order ακολουθιακή σχέση.

Κεφάλαιο 3^ο

Λογική Επιχειρηματολογία και Σημασιολογικός Ιστός

3.1 Εφαρμογή στην Τεχνητή Νοημοσύνη

Ένας από τους πιο ενδιαφέροντες τομείς της πληροφορικής είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη. Ένα από τα αντικείμενα της είναι και η έρευνα για τους τρόπους με τους οποίους είναι δυνατό να καταγραφεί η ανθρώπινη γνώση σε υπολογιστικά συστήματα και να είναι εκμεταλλεύσιμη από αυτά. Ο αντικειμενικός στόχος είναι η αξιοποίηση της γνώσης αυτής για την εξαγωγή ευφυών συμπερασμάτων που θα προσεγγίζουν σε ποιότητα τον ανθρώπινο στοχασμό. Το κυριότερο εμπόδιο που θα πρέπει να υπερκεραστεί, είναι το γεγονός ότι η ανθρώπινη γνώση χρειάζεται να καταγραφεί στα υπολογιστικά συστήματα με μαθηματική αυστηρότητα. Η παραδοχή που θεμελιώνει την έρευνα στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης είναι το ότι η φυσική νοημοσύνη ⁶μπορεί να αναπαραχθεί μέσω περίπλοκων χειρισμών και επεξεργασίας δεδομένων μέσω μικρής ή μεγάλης κλίμακας υπολογιστικών συστημάτων. Η Τεχνητή Νοημοσύνη καλύπτει συστήματα που βασίζονται σε κανόνες και έμπειρα συστήματα και συστήματα που βασίζονται στην εξελικτική διαδικασία ή σε πράκτορες. Οι περιοχές έρευνας της περιλαμβάνουν την ανάπτυξη της γνώσης για συλλογιστικά μοντέλα, όπως οντολογίες και εφαρμογές εξόρυξης δεδομένων για την αυτόματη απόκτηση γνώσης.

Λύση στο ζήτημα της προσομοίωσης της φυσικής νοημοσύνης επιχειρούν να δώσουν οι γλώσσες αναπαράστασης γνώσης. Πρόκειται για γλώσσες που η δομή τους προσομοιάζει τις φυσικές γλώσσες αφού αποτελούνται από ένα σύνολο συμβόλων (αλφάβητο) και ένα σύνολο κανόνων (συντακτικό) και μία σημασιολογία (semantics). Το χαρακτηριστικό τους όμως είναι ο μηχανισμός εξόρυξης της γνώσης (proof theory). Ο μηχανισμός αυτός περιγράφει μεθόδους

⁶ Η φυσική νοημοσύνη ορίζεται σαν ο συνδυασμός αναπαράστασης και διαχείρισης ερεθισμάτων και δεδομένων και γνώσης.

κατά τις οποίες βασιζόμενοι σε μία αρχική γνώση μπορούμε να οδηγηθούμε σε νέα γνώση και συμπεράσματα.

Τον ρόλο αυτό μπορεί να αναλάβει η επιχειρηματολογία. Είναι δυνατόν να αποτελέσει την βάση για μία συνιστώσα εξέλιξης του σημασιολογικού που είναι η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στις εφαρμογές του. Η επιτυχία του σημασιολογικού ιστού οφείλεται στην δυνατότητα του να διασύνδεει την πληροφορία με την ουσιαστική της σημασία. Η ουσιαστική της σημασία εξαρτάται από την πηγή της, τον δέκτη της, την κατάσταση του περιβάλλοντος παραγωγής και λήψης της, τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί και το πλεονέκτημα που θα επιφέρει η αξιοποίηση της. Ως πηγή και δέκτη πληροφορίας δεν εννοείται μόνο ανθρώπινο προσωπικό αλλά κάθε οντότητα που μπορεί να διακινεί ή/και να διαχειρίζεται πληροφορίες. Η επιχειρηματολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αξιοποίηση των πληροφοριών και των μεταδεδομένων που τις συνοδεύουν. Υπό την έννοια αυτή μπορεί να βρει έδαφος για εφαρμογή στην τεχνητή νοημοσύνη με την εκμετάλλευσή της στον χειρισμό ευφυών πρακτόρων.

3.2 Λογική Επιχειρηματολογία και Ευφυείς Πράκτορες

Η ραγδαία εξέλιξη του διαδικτύου μαζί με τα πλεονεκτήματα που προέκτισε τους χρήστες, ανέδειξε και την ανάγκη νέο-παρουσιαζόμενων προβλημάτων που αφορούν την αντίληψη και την διαχείριση του. Οι πληροφορίες που υπάρχουν καταμελημένες σε αυτό αλλάζουν ή πολλαπλασιάζονται με μεγάλο ρυθμό. Ο ανθρώπινος παράγοντας δεν είναι αρκετά «δυνατός» στο να μπορέσει να διαχειριστεί τον όγκο και την δυναμικότητα του περιεχομένου του διαδικτύου. Έτσι προσέφυγε στην ενίσχυση του μέσω ευφυών εργαλείων μεσολάβησης που του επιτρέπουν – σε βαθμό που εξαρτάται από την ποιότητα τους – την προσέγγιση της μέγιστης αποδοτικότητας στην αξιοποίηση του διαδικτυακού περιεχομένου.

Η επιχειρηματολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα πολλαπλών πρακτόρων αφού συμβάλει στον προσδιορισμό της κρίσης μεμονωμένων πρακτόρων. Η διαλογική φύση της επιτρέπει την μοντελοποίηση

της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μεμονωμένων ευφυών πρακτόρων. Ο ευφυής πράκτορας είναι οποιαδήποτε οντότητα μπορεί να δεχθεί ερεθίσματα από το περιβάλλον του, να τα συνδυάσει με κάποια υπάρχουσα γνώση για αυτό και να προβεί σε μια σειρά πράξεων, δράσεων, προκειμένου να μεγιστοποιήσει μια συνάρτηση κέρδους ή απόδοσης. Τα χαρακτηριστικά τους αυτά είναι που χρησιμοποιεί ο ανθρώπινος παράγοντας ώστε να ενισχύσει τις δυνατότητες του για παρακολούθηση του διαδικτύου. Οι πράκτορες εμφανίζουν επίσης «κοινωνικά» χαρακτηριστικά, αφού έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν άλλους πράκτορες, να αλληλεπιδρούν με αυτούς και να συνεργάζονται. Στο πλαίσιο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η λογική επιχειρηματολογία σαν βάση διεξαγωγής του διαλόγου μεταξύ τους, την ανταλλαγή δηλαδή των «επιχειρημάτων» στην όποια διαπραγματευτική τους διαδικασία. Σε αυτήν την διαδικασία οι μεμονωμένοι πράκτορες ανταλλάσσουν την άποψη που έχουν σχετικά με κάποιο αντικείμενο με την ανταλλαγή πόρων και την ρύθμιση των συγκρουόμενων στόχων.

3.3 Ευφυείς Πράκτορες – Πολυπρακτορικά Συστήματα

Όπως προαναφέρθηκε οι ευφυείς πράκτορες είναι οντότητες με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιεί από τις υπόλοιπες οντότητες λογισμικού στα εξής σημεία:

- Παρουσιάζουν προσαρμοστικότητα στο περιβάλλον που δραστηριοποιούνται λόγω της ικανότητας τους να βελτιώνονται βασισμένοι στην αποκτηθείσα γνώση.
- Εμφανίζουν συμπεριφορά που χαρακτηρίζεται από την έντονη προσήλωση στον στόχο.
- Έχουν την ικανότητα να συνεργάζονται με άλλους πράκτορες για την επίτευξη κοινού σκοπού.
- Είναι δυναμικοί αφού μπορούν να μεταφέρονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

- Έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν γνώση καταστάσεως για μακροχρόνιες περιόδους.
- Ικανότητα αντίδρασης σε ερεθίσματα που δέχονται από το περιβάλλον.
- Προσαρμοστικότητα στην διαφοροποίηση των απαιτήσεων
- Προσαρμογή της δράσης του με βάση συγκεκριμένων εργασιών.

Οι ιδιότητες αυτές τους καθιστούν σημαντικό εργαλείο για ένα ευρύ σύνολο εφαρμογών του διαδικτύου όπως είναι εκείνες που υποστηρίζουν την αναζήτηση, το φιλτράρισμα και την διαχείριση του περιεχομένου ή το ηλεκτρονικό εμπόριο.

Τα πολυπρακτορικά συστήματα εκμεταλλεύονται σε μεγάλο βαθμό τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των πρακτόρων για την ανάπτυξη συστημάτων υψηλής πολυπλοκότητας. Στα συστήματα αυτά συνεργάζεται ένα σύνολο πρακτόρων με ανεξάρτητες συμπεριφορές που συντονίζονται στην εκτέλεση σαφών προσδιορισμένων λειτουργιών. Τα πολυπρακτορικών συστήματα συναντώνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου δραστηριοποιούνται στο ίδιο περιβάλλον οντότητες με διαφορετικούς στόχους και πληροφορίες αφού καθίστανται αναγκαία για να γίνει η αποδοτική διαχείριση των μεταξύ τους δοσοληψιών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξασφάλιση ταχείας εκτέλεσης, μέσω παραλλήλων δραστηριοτήτων, δεδομένων λειτουργιών σε σχέση με την χρησιμοποίηση μεμονωμένων πρακτόρων. Η χρήση των πολυπρακτορικών συστημάτων επαυξάνει την ικανότητα των μεμονωμένων πρακτόρων αφού το αποτέλεσμα που προκύπτει από την συνεργασία τους ξεπερνά τις περιορισμένες δυνατότητες ενός έκαστου. Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι:

- Κάθε συμμετέχων πράκτορας κατέχει ένα μέρος του συνόλου της πληροφορίας και έχει περιορισμένες δυνατότητες.
- Ο έλεγχος του όλου συστήματος είναι κατανεμημένος σε περισσότερες της μίας οντότητες.
- Η διαδικασία επεξεργασίας των πληροφοριών είναι ασύγχρονη.
- Τα δεδομένα αφορούν ευρεία «θεματολογία».

Οι πολλαπλοί πράκτορες στα πλαίσια ενός συστήματος οφείλουν να συνεργαστούν για την επίτευξη κοινού σκοπού. Η συνεργασία τους αυτή πρέπει να προσανατολιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφευχθούν οι συγκρούσεις και στο τέλος να προσεγγιστεί ένας κοινός παρονομαστής στην δραστηριότητα τους. Η δραστηριοποίηση των πρακτόρων στο σύστημα εξαρτάται από τον τρόπο που έχουν σχεδιαστεί, το περιβάλλον τους, την αντίληψη τους για το περιβάλλον τους, τον τρόπο με τον οποίο το ελέγχουν, την γνώση που έχουν συσσωρεύσει και τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν με τους υπόλοιπους πράκτορες και με το περιβάλλον.

Στα πολυπρακτορικά συστήματα διακρίνονται δύο βασικά μοντέλα επικοινωνίας. Το πρώτο είναι το μοντέλο του μαυροπίνακα (blackboard) όπου διατίθεται ένα κοινός χώρος εργασίας για όλους τους πράκτορες του συστήματος μέσω του οποίου ανταλλάσσουν συμπεράσματα και διαμοιράζονται εργασίες. Το άλλο μοντέλο, το ανταλλαγής μηνυμάτων (message passing) οι συμμετέχοντες πράκτορες ανταλλάσσουν πληροφορία και συνεργάζονται μέσω μηνυμάτων τα οποία αποστέλλουν ο ένας στον άλλον. Τα συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων επιτρέπουν την υλοποίηση πολύπλοκων μοντέλων συνεργασίας μεταξύ των πρακτόρων και γενικά προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στην ανταλλαγή πληροφοριών απ' ότι τα συστήματα μαυροπίνακα.

3.4 Λογική Επιχειρηματολογία σε Πολυπρακτορικά Συστήματα

Η επιχειρηματολογία είναι γενικά μία διαδικασία κατά την οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους διαφορετικά επιχειρήματα για κάποιον ισχυρισμό, τα οποία μπορεί να είναι και αλληλοσυγκρουόμενα. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η «άφιξη» σε ένα ασφαλές συμπέρασμα. Αν το συμπέρασμα είναι ο τρόπος δράσης του κάθε πράκτορα στα πλαίσια του συστήματος, η επιχειρηματολογία είναι ακριβώς η ανταλλαγή της γνώσης του κάθε ενός με εκείνους που συνεργάζεται. Μέσω αυτής η αρχική του άποψη για τον τρόπο δράσης του (ισχυρισμός), να τροποποιηθεί προσαρμοζόμενος στα δεδομένα του περιβάλλοντος του και του σκοπού του συστήματος. Αυτό γίνεται με την

αναθεώρηση των αποφάσεων του κατά την διάρκεια της διαδικασίας αλλά και την ορθολογική αλληλεπίδραση με τους άλλους πράκτορες. Η αναθεώρηση των αποφάσεων είναι προϊόν της επίλυσης των συγκρούσεων μεταξύ των στόχων των πρακτόρων ενώ η ορθολογική αλληλεπίδραση εξασφαλίζει ότι η διαχείριση των συγκρούσεων ακολουθεί σαφώς προσδιορισμένους και καθολικά αποδεκτούς κανόνες.

Οι πράκτορες καλούνται σε ένα δυναμικό περιβάλλον να διατηρήσουν ή να αναβαθμίσουν την άποψή τους ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχονται από αυτό. Η λογική επιχειρηματολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτοματοποίηση των μηχανισμών της αναθεώρησης των απόψεων αυτών. Έτσι το πρόβλημα αυτό θεωρείται σαν μία διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται και συγκρίνονται επιχειρήματα υπέρ ή κατά συγκεκριμένων συμπερασμάτων. Κατά την διαδικασία αυτή νέα δεδομένα σε ένα σύστημα μπορεί να οδηγήσουν στην δημιουργία νέων επιχειρημάτων για την υποστήριξη νέων ισχυρισμών που μπορεί να αποτελούν απλές τροποποιήσεις των αρχικών ή να είναι ακόμα και εντελώς αντίθετοι. Η δένδρική μορφή των διαδοχικών επιχειρημάτων και αντεπιχειρημάτων που εισάγει η Λογική Επιχειρηματολογία είναι ένας αποδοτικός μηχανισμός για την διαδικασία αυτή. Αυτή η μορφή έχει το πλεονέκτημα ότι προσφέρει μία γενική και ολοκληρωμένη άποψη των πληροφοριών που εισάγονται στον πράκτορα και που μπορεί να αναβαθμίσουν τις πεποιθήσεις του. Επιτρέπει επίσης την σταδιακή αναβάθμιση τους από επίπεδο σε επίπεδο επιχειρημάτων – αντεπιχειρημάτων. Η εκμετάλλευση της First Order λογικής ενισχύει την προσπάθεια εκλέπτυνσης των δένδρων επιχειρηματολογίας. Η εκλέπτυνση αυτή μειώνει την πολυπλοκότητα της επεξεργασίας τους με αποτέλεσμα να απλοποιείται γενικότερα η λειτουργία της λήψης απόφασης.

Ένας πράκτορας οφείλει εκτός από την μελέτη του περιβάλλοντος στο οποίο δραστηριοποιείται, να αποφασίζει σε κάθε αλλαγή κατάστασης αν και πως θα πρέπει να τροποποιεί τον στόχο του και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να τον προσεγγίσει. Η Λογική επιχειρηματολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα εργαλείο για τον επαναπροσδιορισμό στόχων και μεθόδων επίτευξής τους. Η

αλληλουχία των επιπέδων των επιχειρημάτων – αντεπιχειρημάτων στο δένδρο της επιχειρηματολογίας μπορεί υπό προϋποθέσεις να επαναπροσδιορίσει τον αρχικό ισχυρισμό. Αυτό γίνεται με την επεξεργασία των επιχειρημάτων που βρίσκονται σε κάθε επίπεδο και την αξία τους στην παραγωγή του τελικού συμπεράσματος.

Σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των συμπερασμάτων που καταλήγουν οι ευφυείς πράκτορες, σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων, παίζει η μεταξύ τους επικοινωνία. Όπως προαναφέρθηκε, ο πιο αποδοτικός τρόπος επικοινωνίας μεταξύ τους είναι με την ανταλλαγή κωδικοποιημένων μηνυμάτων. Η επιχειρηματολογία συνδράμει στην ανάπτυξη διαλογικών μεθόδων σε τέτοια συστήματα. Οι μέθοδοι χρειάζεται να βασίζονται στις πεποιθήσεις των μεμονωμένων πρακτόρων καθώς και των στόχων που έχουν θέσει από την διεξαγωγή του. Οι διάλογοι μπορεί να κατηγοριοποιηθούν με βάση τους στόχους που τίθενται ως εξής:

- **Αναζήτησης Πληροφοριών:** Στην περίπτωση αυτή η μία πλευρά της επικοινωνίας αναζητά πληροφόρηση από την άλλη πλευρά.
- **Πειθούς:** Ο τύπος αυτός διαλόγου μπορεί να διεξάγεται μεταξύ δύο ή περισσότερων πρακτόρων οι οποίοι έχουν διαφορετικές πεποιθήσεις και κάθε ένας από αυτούς αποσκοπεί στην επιβολή της δικής του έναντι των άλλων.
- **Έρευνας:** Σκοπός της κατηγορίας αυτής είναι η προσέγγιση μίας απάντησης σε ένα ερώτημα που τίθεται από κοινού.
- **Σκοπιμότητας:** Έτσι χαρακτηρίζεται το είδος του διαλόγου όπου χρειάζεται να ληφθεί απόφαση για ενέργεια αν χρειάζεται και πρέπει να πραγματοποιηθεί ή όχι.
- **Διαπραγμάτευσης:** Στην κατηγορία αυτή διαλόγου υπάρχει ένας κοινός σκοπός. Οι πράκτορες έχουν αλληλοσυγκρουόμενες πεποιθήσεις τις οποίες καταθέτουν με διάθεση να τις αναβαθμίσουν ώστε να υιοθετηθεί από κοινού ένα σχέδιο για την διαχείριση πληροφοριακών πόρων.

Η Λογική Επιχειρηματολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να καθοριστούν οι κανόνες έναρξης του διαλόγου, της διεξαγωγής και του τερματισμού. Οι κανόνες έναρξης καθορίζουν τις προϋποθέσεις έναρξης του και οι κανόνες τερματισμού τους αντίστοιχους λήξης. Οι κανόνες διεξαγωγής καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να διαφοροποιηθούν οι πεπιοθήσεις των πρακτόρων καθώς και τον τρόπο με τον οποίο κατατίθενται οι πεπιοθήσεις αυτές. Οι κανόνες αυτοί εφαρμόζονται κυρίως στους τύπους εκείνους διαλόγου όπου κατατίθενται από τους πράκτορες αντικρουόμενες πεπιοθήσεις (πειθούς, διαπραγμάτευσης). Οι προτάσεις της Λογικής επιχειρηματολογίας χρησιμοποιούνται λοιπόν στην υποστήριξη των κανόνων αυτών αφού καταδεικνύουν ακριβώς το πώς μπορεί να ένας ισχυρισμός να καταλήξει σε συμπέρασμα μέσα από μία διαδικασία υποβολής επιχειρημάτων και αντεπιχειρημάτων που μπορεί να ιδωθεί σαν διάλογος μεταξύ πρακτόρων.

Σημαντική είναι η συνεισφορά της Λογικής Επιχειρηματολογίας στους διαπραγματευτικούς διαλόγους μεταξύ πρακτόρων. Στους διαλόγους αυτούς κυριαρχεί η διαδικασία κατά την οποία μία ομάδα πρακτόρων καταλήγει σε μία κοινή συμφωνία για ένα συγκεκριμένο ζήτημα. Στους διαλόγους αυτούς οι πράκτορες μπορεί να είναι μεν ιδιοτελείς και αυτόνομοι αλλά σίγουρα επιβάλλεται να είναι συνεργατικοί. Κατά την ροή του διαλόγου συντονίζονται προσπαθώντας ο ένας να πείσει τον άλλο να υιοθετήσει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο συμπεριφοράς απέναντι στο ζήτημα που εξετάζεται. Το μέσο πειθούς του κάθε ενός από αυτούς είναι οι προτάσεις που υποβάλλει, οι προτάσεις που δέχεται από τους άλλους πράκτορες, οι συμβάσεις που μπορεί να κάνει προκειμένου να καταστεί εφικτή μία συμφωνία.

Η επιχειρηματολογία αποτελεί έναν τύπο διαπραγμάτευσης που περιλαμβάνει ανταλλαγές μεταπληροφοριών για την υποστήριξη της θέσης μίας διαπραγμάτευσης. Έτσι κατά την διάρκεια της διαπραγμάτευσης, ο πράκτορας εκθέτει τα επιχειρήματα του για την υποστήριξη του ισχυρισμού του ενώ δέχεται και τα αντεπιχειρήματα των υπολοίπων συμμετεχόντων για τον ίδιο ισχυρισμό. Στην διαπραγμάτευση ένα επιχείρημα είναι μία ποσότητα πληροφορίας μέσω της οποίας ένας πράκτορας μπορεί να δικαιολόγηση την πεπιοίθηση του και να

επηρεάσει την σταθερότητα της πεποίθησης των άλλων πρακτόρων. Έτσι πέρα της δυνατότητας να δέχεται ή να απορρίπτει μία πρόταση, ένας πράκτορας μπορεί να την κρίνει. Η κρίση κάνει την διαπραγμάτευση περισσότερο αποδοτική και γρήγορη αφού η κρίση βοηθάει την προσέγγιση των προτάσεων σε μία κοινή συνισταμένη. Η συνισταμένη αυτή διακρίνεται κάθε φορά που ο πράκτορας έρχεται σε επαφή με την πεποίθηση των άλλων διότι αντιλαμβάνεται με ποιόν τρόπο η πεποίθηση του μπορεί να προσεγγίσει τις άλλες.

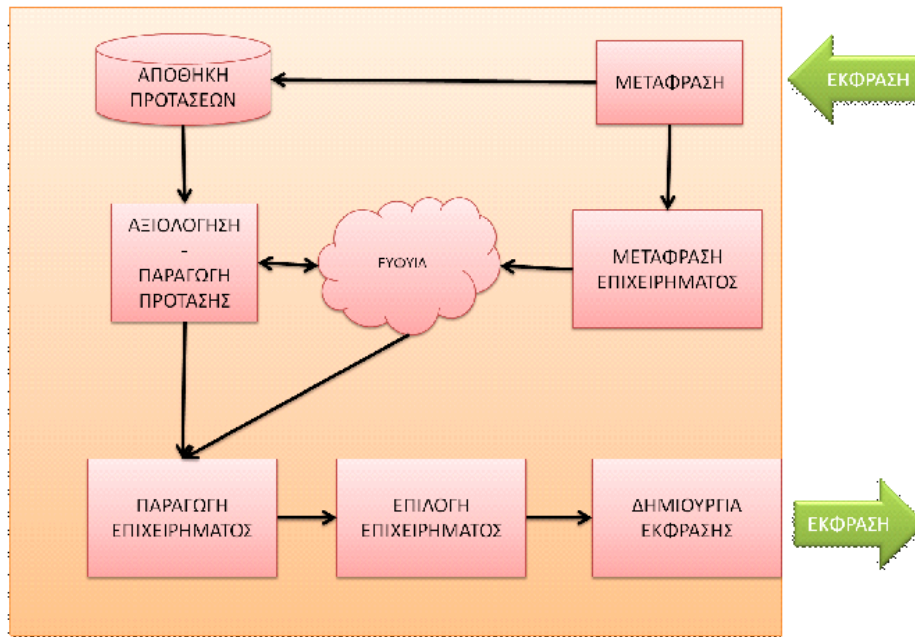
Η χρήση της επιχειρηματολογίας επιτρέπει την δικαιολόγηση μιας πρότασης κατά την διαδικασία της διαπραγμάτευσης. Ο πράκτορας είναι σε θέση να δηλώσει τον λόγο για τον οποίο έκανε μία πρόταση ή γιατί αυτή θα πρέπει να γίνει αποδεκτή από τους άλλους. Έτσι γίνεται ευκολότερα και αποδοτικότερα η αλλαγή της στάσης των άλλων πρακτόρων. Επίσης οι αλληλουχία των επιχειρημάτων και αντεπιχειρημάτων μπορεί να καταλήγει σε διαφοροποίηση του ίδιου του στόχου της διαπραγμάτευσης αφού μέσω αυτών προστίθενται νέα χαρακτηριστικά και δεδομένα για τον αντικείμενο της διαπραγμάτευσης. Δεν υπάρχει λοιπόν κάποια επικρατούσα πεποίθηση αλλά μέσα από ένα σύνολο από διαφορετικές προσεγγίσεις αναζητείται ο στόχος της διαπραγμάτευσης.

Τα στοιχεία που ρυθμίζουν το πλαίσιο της διαπραγμάτευσης και τα οποία έχουν να κάνουν με το περιβάλλον που κινούνται οι πράκτορες είναι:

- **Η γλώσσα:** Η χρήση της επιχειρηματολογίας στην διαδικασία της διαπραγμάτευσης απαιτεί την χρήση ενός αρκετά απαιτητικού κώδικα επικοινωνίας μεταξύ τους αφού μέσω αυτού θα πρέπει να εκφραστούν οι προτάσεις, οι αποδοχές, οι απορρίψεις καθώς και οι ανταλλαγές των μεταπληροφοριών.
- **Το πρωτόκολλο:** Οι συμβάσεις που διέπουν την αλληλεπίδραση των πρακτόρων και την μεταξύ τους επικοινωνία. Τα πρωτόκολλα αυτά ακριβώς επειδή έχουν να διαχειριστούν επιχειρηματολογία καλούνται να ρυθμίσουν έναν ικανό αριθμό από καταστάσεις παρουσιάζοντας έτσι αυξημένη πολυπλοκότητα.
- **Αποθήκευση πληροφοριών:** Αποτελεί μηχανισμό αποθήκευσης πληροφοριών ή διατήρησης στοιχείων καταστάσεως από τον

πράκτορα κατά την διάρκεια της αλληλεπίδρασης με άλλους πράκτορες.

Οι πράκτορες που διαπραγματεύονται χρησιμοποιώντας την λογική επιχειρηματολογία ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες ενισχυμένες με μεταπληροφορία σε γλώσσα και εκφράσεις που είναι προσυμφωνημένα και με τρόπο που προβλέπονται από το πρωτόκολλο που διέπει την αλληλεπίδραση τους. Μία έκφραση που φθάνει σε έναν πράκτορα αναλύεται και απομονώνεται η πρόταση. Η πρόταση αυτή καταγράφεται στον μηχανισμό αποθήκευσης του πράκτορα και στην συνέχεια αξιολογείται. Από την αξιολόγηση αυτή προκύπτει το αν ο πράκτορας θα υιοθετήσει την πρόταση ή θα την απορρίψει. Η απόφαση αυτή μετατρέπεται σε μορφή επιχειρήματος/αντεπιχειρήματος και αφού ο πράκτορας εκμεταλλευτεί την πρωτέρα αποκτηθείσα γνώση και εμπειρία. Με βάση αυτήν την επεξεργασία διαμορφώνεται η απόκριση του πράκτορα και μεταφράζεται ώστε να μεταδοθεί. Τα ληφθέντα ερεθίσματα από το περιβάλλον καταγράφονται και συμμετέχουν στην ανάπτυξη της ευφυΐας του πράκτορα. Συνοψίζοντας αναφέρεται ότι ένας πράκτορας διαπραγμάτευσης μπορεί να ερμηνεύει και να αξιολογεί τις εισερχόμενες εκφράσεις αφού τις διαμορφώσει σε προτάσεις και αντίστροφα μπορεί να διαμορφώνει προτάσεις σε εκφράσεις και να τις υποβάλλει σε άλλους πράκτορες. Η λειτουργικότητα των πρακτόρων από την λογική επιχειρηματολογία ενισχύεται από τις δυνατότητες για αξιολόγηση των εισερχομένων επιχειρημάτων και εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης αυτής για την αναβάθμιση της νοητικής του κατάστασης. Επίσης μπορούν να δημιουργούν σύνολα επιχειρημάτων και να επιλέγουν από τα σύνολα αυτά το ποια θα θέσει προ των άλλων πρακτόρων προς ενίσχυση ή αποδυνάμωση των ισχυρισμών τους. Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα φαίνεται η γενική δομή ενός πράκτορα διαπραγμάτευσης βασισμένης στην επιχειρηματολογία.



Εικόνα 10: Πράκτορας διαπραγμάτευσης

3.5 Συστήματα ανάπτυξης ευφυών πρακτόρων

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά πλατφόρμες ανάπτυξης συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων που χρησιμοποιούν τους κανόνες της επιχειρηματολογίας.

3.5.1 RETSINA

Στην πλατφόρμα ανάπτυξης RETSINA οι πράκτορες διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Πράκτορες διεπαφής:** Λαμβάνουν πληροφορίες από τον χρήστη και βάση αυτών προσπαθούν να φέρουν εις πέρας την αποστολή τους.
- **Πράκτορες έργου:** Βασίζονται στην γνώση τους αλλά και την γνώση άλλων πρακτόρων για την λήψη αποφάσεων.

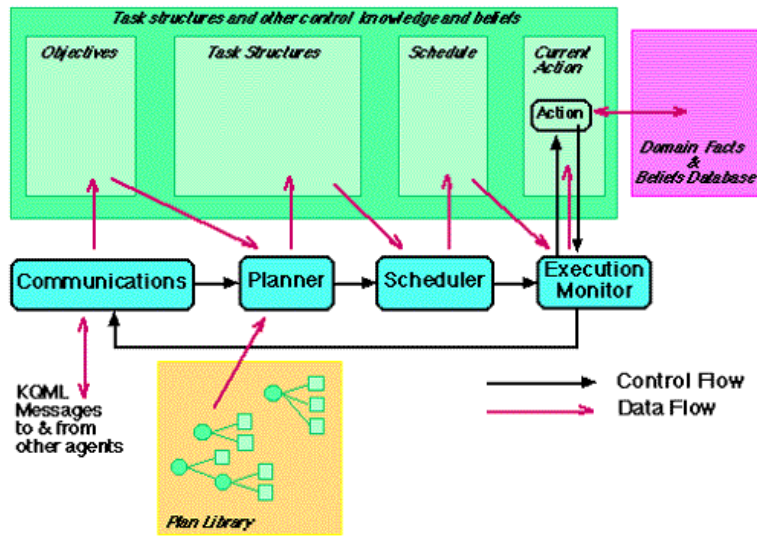
- **Πράκτορες πληροφοριών:** Σκοπός τους είναι η συλλογή συγκεκριμένης υφής πληροφοριών.
- **Ενδιάμεσοι πράκτορες:** Μεσολαβούν μεταξύ πρακτόρων για την αίτηση και παροχή υπηρεσιών μεταξύ τους.

Η διαδικασία της λειτουργίας της έχει γενικά ως εξής: ο πράκτορας διεπαφής λαμβάνει την αποστολή του από τον χρήστη. Αυτός με την σειρά του την αναθέτει στον πράκτορα έργου. Αν οι γνώση που κατέχει ο πράκτορας έργου δε επαρκεί για την εκτέλεση της αποστολής που του ανατέθηκε, αναζητεί πληροφορίες από τους πράκτορες πληροφοριών που τους αναθέτει αποστολή συλλογής συγκεκριμένων πληροφοριών. Οι ενέργειες αυτές ολοκληρώνονται με την διεκπαιρέωση της αποστολής από τον πράκτορα του έργου.

Η δομή κάθε πράκτορα αποτελείται από:

- **Τμήμα Σχεδιασμού** το οποίο προβαίνει στην σχεδίαση της διαδικασίας που απαιτείται για την διεκπεραίωση της αποστολής του.
- **Τμήμα Επικοινωνίας και Συντονισμού** το οποίο συλλέγει και επεξεργάζεται πληροφορίες από άλλους πράκτορες
- **Τμήμα Δρομολόγησης** το οποίο δρομολογεί τις απαραίτητες διαδικασίες που πρέπει να εκτελεστούν
- **Τμήμα Παρακολούθησης Εκτέλεσης** που ελέγχει την εκτέλεση των λειτουργιών.

Η αρχιτεκτονική τους σχηματικά φαίνεται στην επόμενη εικόνα



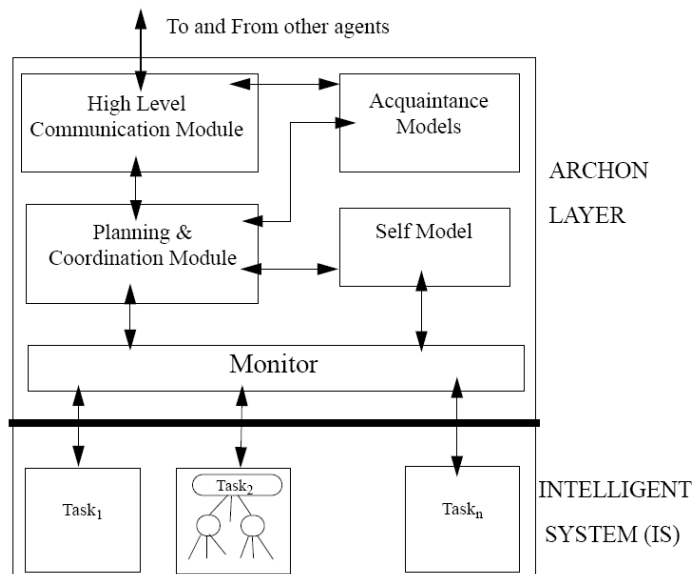
Εικόνα 11: Αρχιτεκτονική RETSINA agent

3.5.2 Archon

Η ανάπτυξη του Archon είχε σαν στόχο την υποστήριξη ενός συστήματος για την υποστήριξη της αλληλεπίδρασης τμημάτων λογισμικού και την ανάπτυξη των αλληλεπιδράσεων αυτών. Έτσι κάθε πράκτορας αποτελείται από δύο επίπεδα το επίπεδο Archon (Archon layer, AL) και το επίπεδο ευφυούς συστήματος (intelligent system, ISL). Το τμήμα του πράκτορα το οποίο ανήκει στην αρχιτεκτονική Archon είναι το AL. Αυτό αναλύεται στα ακόλουθα τμήματα:

- **Τμήμα επιτήρησης (monitor)**, το τμήμα αυτό ελέγχει το IS του ΕΠ μέσω του οποίου επιτηρείται οι λειτουργίες του, ελέγχεται η εκτέλεση των διαδικασιών για την επίτευξη του τελικού σκοπού (με χρήση της τεχνικής backtracking) και η παρατηρούμενη συμπεριφορά σε σχέση με αναμενόμενη.
- **Τμήμα διαχείρισης πληροφοριών πρακτόρων (agent information management module, AIM)** που είναι ένα σύστημα διαχείρισης καταμεμημένων αντικειμένων για την διαχείριση της πληροφορίας στους συνεργαζόμενους πράκτορες.

- **Τμήμα σχεδιασμού και συντονισμού** (planning and coordination module, PCM) που ελέγχει το ρόλο του ΕΠ. Με δεδομένη την κατάσταση του αποφασίζει τις ενέργειες του για να συνεργαστεί με τους άλλους ΕΠ.
- **Τμήμα επικοινωνίας υψηλού επιπέδου** που συντονίζει την επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων.



Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική Archon agent

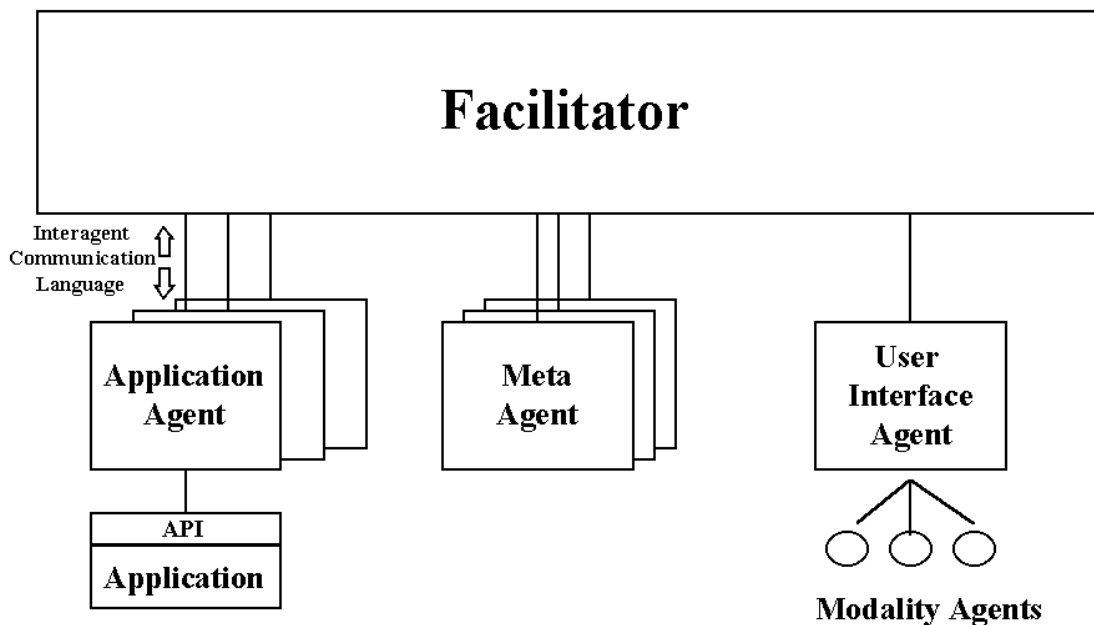
3.5.3 Open Agent Architecture

Η αρχιτεκτονική αυτή περιέχει μηχανισμό αναγνώρισης ερωτημάτων σε φυσική γλώσσα μορφής «τι», «ποιος», «πως». Χρησιμοποιεί τέσσερις κατηγορίες πρακτόρων:

- **Αιτούντες πράκτορες** οι οποίοι ορίζουν έναν στόχο στον εξυπηρετητή.
- **Πράκτορες παροχής υπηρεσιών** που μπορούν να εκτελούν συγκεκριμένες ενέργειες τις οποίες γνωρίζει ο εξυπηρετητής.
- **Εξυπηρετητής**, ο οποίος διατηρεί μια λίστα με διαθέσιμους πράκτορες και ένα σύνολο γενικών στρατηγικών για τη λύση προβλημάτων.

- **Μετά-πράκτορες**, οι οποίοι περιέχουν γνώση σχετική με στόχους ή τομείς δραστηριότητας και στρατηγικές που χρησιμοποιούνται από τον εξυπηρετητή.

Η λειτουργία συστημάτων βασισμένων στην Open Agent Architecture έχει ως εξής: όταν κάποιος πράκτορας κάνει μια αίτηση για εξυπηρέτηση, ο εξυπηρετητής αντιστοιχίζει την αίτηση αυτή με τις υπηρεσίες που παρέχει ένας ή περισσότεροι πράκτορες. Στην συνέχεια αναθέτει τις εργασίες, συντονίζει τις ενέργειες των πρακτόρων και μεταβιβάζει τα αποτελέσματα στον αιτούμενο.



Εικόνα 13: Open Agent Architecture

3.5.4 AgentBuilder

Στην πλατφόρμα αυτή κάθε έργο project αποτελείται από πρακτορεία τα οποία περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους πράκτορες. Κάθε πράκτορας μπορεί να επικοινωνούν με άλλες οντότητες, να αποφασίζουν τον τρόπο δράσης τους, να εξάγουν συμπεράσματα, να λειτουργούν αυτόνομα και να διατηρούν πληροφορίες για την κατάσταση τους.

Οι γενικές ιδιότητες των πρακτόρων είναι:

- **Η ενσωμάτωση:** Οι εσωτερικές τους λειτουργίες δεν είναι ορατές από εξωτερικές οντότητες. Η επικοινωνία μαζί τους μπορεί να γίνει μόνο με κατάλληλα δομημένα μηνύματα.
- **Η τμηματικότητα και η επαναχρησιμοποίηση τους.**
- **Η παράλληλη εκτέλεση:** Μπορεί να εργάζονται ταυτόχρονα διαφορετικοί πράκτορες καθιστώντας δυνατή την εκτέλεση παραλλήλων διαδικασιών.
- **Η κατανεμημένη λειτουργία:** Κάθε πράκτορας μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα και να εκτελεί τις λειτουργίες που του έχουν ανατεθεί και παράλληλα επικοινωνεί με άλλους πράκτορες που συμμετέχουν στις διαδικασίες του ίδιου έργου.

Ο ορισμός κάθε πράκτορα απαιτεί τον ορισμό του νοητικού του μοντέλου.

Το νοητικό μοντέλο του κάθε πράκτορα περιλαμβάνει:

- Πεποιθήσεις που αναπαριστούν την τρέχουσα κατάσταση του πράκτορα και του περιβάλλοντος του. Η καταστάσεις αυτές μεταβάλλονται ανάλογα με τις πληροφορίες που λαμβάνει ο πράκτορας από το περιβάλλον του.
- Ικανότητες που περιγράφουν το τι ο πράκτορας μπορεί να φέρει εις πέρας.
- Δεσμεύσεις που αφορούν χρονικούς περιορισμούς για την εκτέλεση συγκεκριμένων δράσεων.
- Κανόνες συμπεριφοράς που διέπουν την δράση του πράκτορα.
- Προθέσεις που είναι δεσμεύσεις για την επίτευξη μιας κατάστασης του περιβάλλοντος του πράκτορα.

Κάθε πράκτορας εκτελεί ένα κύκλο εκτέλεσης που περιλαμβάνει:

- Επεξεργασία νέων μηνυμάτων.

- Προσδιορισμός των κανόνων που εφαρμόζονται στην τρέχουσα κατάσταση.
- Εκτέλεση των δράσεων που προβλέπονται από αυτούς τους κανόνες.
- Ενημέρωση του νοητικού μοντέλου σύμφωνα με αυτούς τους κανόνες.
- Σχεδιασμός.

3.5.5 GrassHopper

Χρησιμοποιεί ως δομικές μονάδες τα πρακτορεία και τους πράκτορες. Ένα πρακτορείο που είναι μια διαδικασία της Java παρέχει λειτουργίες για:

- **Ασφάλεια.** Αφορά την αποτροπή της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στις εσωτερικές περιοχές του.
- **Εγγραφή.** Κάθε πράκτορας εγγράφεται σε όλα τα πρακτορεία. Αυτά διατηρούν πληροφορίες σχετικές με την διεύθυνσή του και τις ικανότητές του κάθε πράκτορα καθώς και για την επικοινωνία του με άλλους πράκτορες.
- **Επιμονή.** Πρόκειται για διαδικασία διατήρησης αντιγράφου της εσωτερικής κατάστασης του ώστε να μπορεί να ανακτηθεί σε περίπτωση αστοχίας.
- **Διοίκηση.** Παρέχει διαδικασίες για δημιουργία, μετακίνηση, αναστολή/ επανάληψη και αντιγραφή πρακτόρων.
- **Μεταφορά.** Αφορούν διαδικασίες για την ταξινόμηση, μεταφορά και επαναλειτουργία των πρακτόρων.
- **Επικοινωνία.** Διευκολύνει την αλληλεπίδραση μεταξύ των πρακτόρων.

Ένα πρακτορείο μπορεί να καταγραφεί μόνο του σε μια εγγραφή της περιοχής μητρώου που είναι μια υπηρεσία κεντρικών πληροφοριών για όλα τα πρακτορεία. Μ' αυτόν τον τρόπο ένας διαχειριστής ή πράκτορας έχει πάντα τη

δυνατότητα να βρει πληροφορίες για μια περιοχή ή να αναζητήσει συγκεκριμένους πράκτορες. Η περιοχή μητρώου προβάλλει τις υπηρεσίες της διοίκησης (αφορά τον εντοπισμό πρακτόρων μέσα σε μια περιοχή) και της επικοινωνίας (αφορά τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην περιοχή μητρώου και οντοτήτων).

Οι πράκτορες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: σε κινητούς και στατικούς. Οι κινητοί πράκτορες μπορούν να μεταφέρονται σε διάφορες τοποθεσίες του δικτύου προκειμένου να πάρουν πληροφορίες. Επίσης μπορεί να βρίσκονται στις εξής καταστάσεις:

- **Ενεργοί** όταν εκτελούν την αποστολή τους
- **Διαθεσιμότητα** όταν η δράση τους διακόπτεται
- **Εκτός λειτουργίας** όταν και οι πληροφορίες τους αποθηκεύονται για να είναι διαθέσιμες όταν ενεργοποιηθεί ξανά.

Επίλογος

Η σύγχρονη τάση στο διαδίκτυο είναι να καταστεί πιο έξυπνο. Στόχος δεν είναι πλέον να είναι ένα εργαλείο στο οποίο τοποθετείται πληροφορία η οποία πλέον είναι διαθέσιμη για ανάκτηση. Ο στόχος έχει τοποθετηθεί σε πιο υψηλό επίπεδο και αφορά τον πολλαπλασιασμό της πληροφορίας χωρίς να απαιτείται η προσθήκη πρόσθετης εκ' μέρους των χρηστών. Ο πολλαπλασιασμός αυτός γίνεται με τεχνικές που βασίζονται στις εμπειρίες που αποκτούν οι διαδικτυακές διαδικασίες την διάρκεια της ζωής του. Οι τεχνικές αυτές στοχεύουν στην απόκτηση γνώσης, την διαμόρφωση συμπεριφοράς βάση καταλλήλων δεοντολογιών, τον προσδιορισμό τρόπων αντίδρασης στα εξωτερικά ερεθίσματα. Αυτά αποτελούν και το πεδίο έρευνας του σημασιολογικού ιστού. Είναι φανερό λοιπόν ότι οι εφαρμογές του διαδικτύου τείνουν να αποκτήσουν υπόσταση που να είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στην ανθρώπινη.

Η επιχειρηματολογία από ένα ανθρώπινο κοινωνικό χαρακτηριστικό γνώρισμα μοντελοποιείται με τρόπο τέτοιο ώστε να συνδράμει στον «εξανθρωπισμό» του διαδικτύου. Με τον όρο εξανθρωπισμό εννοείται η προσπάθεια που είναι σε εξέλιξη για την απόδοση ευφυΐας – ανάλογης του ανθρώπινου νου – στις λειτουργίες του διαδικτύου. Έχουν γίνει μεγάλα βήματα προς την κατεύθυνση αυτή και πλέον η χρήση των ευφυών πρακτόρων έχει κάνει τις διαδικτυακές αποκρίσεις προς τους τελικούς χρήστες πιο έξυπνες, ακριβείς και προφανείς. Υπάρχει ακόμα αρκετή απόσταση να καλυφθεί ώστε η ανθρώπινη ευφυΐα να συνδυαστεί πλήρως με την υπολογιστική ισχύ και τους τεράστιους πόρους των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων και τις επικοινωνιακές δυνατότητες των νέων τηλεπικοινωνιακών δυνατοτήτων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] T. Berners Lee J. Hendler kai O. Lassila (2001). *The semantic web*. Scientific American.
- [2] P. Besnard, A. Hunter (2008). *Elements of argumentation*. Institute of Technology. Massachusetts
- [3] F. Crestani, G. Pasi Soft. Computing in Information Retrieval: Techniques and Applications.
- [4] Maurice A. Finocchiaro, (2005) *Arguments about Argument: Systematic, Critical and Historical Essays in Logical Theory*. Cambridge University Press. Printed in the United States of America.
- [5] Besnard, P. and Hunter, A. (2008). *Elements of Argumentation*. MIT Press, Cambridge MA.
- [6] H. Prakken, (2010). *On the nature of argument schemes*. University of Groningen.
- [7] Iyad Rahwan, Guillermo R. Simari (2008). *Argumentation in Artificial Intelligence Foreword by Johan van Benthem*. Springer. Amsterdam and Stanford.
- [8] D. Allemang, J. Hendler (2008). *Semantic Web For the working ontologist Effective Modeling in RDFS and OWL*. Elsevier Book aid international Sabre Foundation
- [9] Simon st. Laurent (2003). *Practical: RDF*. O'Reilly by Shelley Powers. United States of America.
- [10] J. Hebel, M. Fisher, R. Blace, A. Perez-Lopez, M. Dean (2009). *Semantic Web Programming*. Wiley. Indianapolis Indiana.
- [11] Liyang Yu (2011). *A Developer's Guide to the Semantic Web*. Springer. USA.

- [12] Nick R. Jennings, J. A. Pople(1993). *Design and Implementation of ARCHON's Coordination Module*. In, Workshop on Cooperating Knowledge Based Systems, Keele, UK.
- [13] Ph. Besnard and A. Hunter (2001). A logic-based theory of deductive arguments. *Artificial Intelligence*, 128:203–235
- [14] 4. Ph. Besnard and A. Hunter (2005). *Practical first-order argumentation*. In *Proceedings of the 20th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2005)*, pages 590–595. MIT Press,
- [15] D. Martin,A. Cheyer, D. Moran. *The open agent architecture:A Framework for Building Distributed Software System*. USA. from the website <http://www.math.pku.edu.cn/teachers/linzq/teaching/stm/references/The%20open%20agent%20architecture.pdf>
- [16] Jeffrey Douglas Heflin, *TOWARDS THE SEMANTIC WEB: KNOWLEDGE REPRESENTATION IN A DYNAMIC, DISTRIBUTED ENVIRONMENT*
- [17] Jeni Tennison, *RDF and Semantic Web can we reach escape velocity?* from the website <http://www.w3.org/2010/11/TPAC/RDF-SW-velocity.pdf>
- [18] Ph. Besnard and A. Hunter (2006). Knowledgebase compilation for efficient logical argumentation. In *Proceedings of the 10th International Conference on Knowledge Representation* pages 123–133. AAAI Press.
- [19] Ph. Besnard and A. Hunter(2008). *Elements of Argumentation*. MIT Press.
- [20] E. Black and A. Hunter (2008). Using enthymemes in an inquiry dialogue system. In *Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS'08)*, pages 437–444. ACM Press,
- [21] Rachel Lovinger (2007). *RDF&OWL: A simple overview of the building blocks of Semantic Web Affinity Group*. <http://www.slideshare.net/rlovinger/rdf-and-owl>
- [22] W3 (2012). Retrieved July 20, 2012, from the website <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>

[23] Cs.cmu.edu (2012). Retrieved July 22, 2012 from the website http://www.cs.cmu.edu/~softagents/retsina_agent_arch.html

[24] Co-ode (2012). Retrieved July 22, 2012 from the website <http://www.co-ode.org/resources/tutorials/intro/slides/OWLFoundations Slides.pdf>