



## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“ Ένταξη προτύπου σε οντολογία γενικού επιπέδου.  
Η περίπτωση του προτύπου Observations and Measurements στην  
οντολογία Basic Formal Ontology. ”**

**Ελένη Νίνου**

**Αθήνα, Ιούνιος 2009**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ”**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“ Ένταξη προτύπου σε οντολογία γενικού επιπέδου.  
Η περίπτωση του προτύπου Observations and Measurements στην οντολογία  
Basic Formal Ontology. ”**

**Ελένη Νίνου, 60062120**

**Υπεύθυνος Καθηγητής: κ. Μαρίνος Κάβουρας**

**Αθήνα, Ιούνιος 2009**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
1. ΣΚΟΠΟΣ.....	2
2. ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ.....	3
2.1. Γενικά .....	3
2.2. Οι Οντολογίες Γενικού Επιπέδου .....	5
3. Η ΓΕΝΙΚΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ BFO .....	7
3.1. Γενικά .....	7
3.2. Οι Κατηγορίες της BFO.....	8
3.2.1. Η κατηγορία SNAP Continuant.....	8
3.2.2. Η κατηγορία SPAN Occurent .....	15
3.3. Οι Σχέσεις της BFO .....	19
3.3.1. Μερικές συμβάσεις.....	20
3.3.2. Οι βασικές σχέσεις και οι ορισμοί τους .....	21
3.3.3. Ορισμένες καθορισμένες σχέσεις.....	22
4. ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (O&M) .....	25
4.1. Γενικά .....	25
4.2. Βασικό Πρότυπο Παρατηρήσεων .....	25
5. ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	30
5.1. Γενικά .....	30
5.2. Διαδικασία Ένταξης Οντολογίας Πεδίου σε Γενική Οντολογία.....	30
5.3. Εντάσσοντας τους Central O&M Όρους σε BFO.....	32
5.3.1. Feature .....	32
5.3.2. Feature of interest.....	34
5.3.3. Phenomenon .....	36
5.3.4. Event .....	38
5.3.5. Procedure και Instrument.....	40
5.4. Βασική Οντολογία των Παρατηρήσεων.....	45
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50
ΠΗΓΕΣ.....	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. Διαγράμματα BFO.....	52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. XML Schema implementation .....	56

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η κατηγορία SNAP Continuant.....	9
Εικόνα 2: Η κατηγορία SPAN Occurent.....	16
Εικόνα 3: Το βασικό πρότυπο των παρατηρήσεων.....	26
Εικόνα 4: Ένταξη μιας οντολογίας πεδίου σε μια γενική οντολογία .....	31
Εικόνα 5: Η ένταξη του όρου Feature στην γενική οντολογία BFO .....	33
Εικόνα 6: Η ένταξη του όρου Feature of Interest στην γενική οντολογία BFO.....	35
Εικόνα 7: Η ένταξη του όρου Phenomenon στην γενική οντολογία BFO .....	37
Εικόνα 8: Η ένταξη του όρου Event στην γενική οντολογία BFO .....	39
Εικόνα 9: Η ένταξη του όρου Procedure στην γενική οντολογία BFO .....	42
Εικόνα 10: Η ένταξη του όρου Instrument στην γενική οντολογία BFO.....	43
Εικόνα 11: Η ένταξη του όρου Station στην γενική οντολογία BFO .....	44
Εικόνα 12: Βασική οντολογία των παρατηρήσεων .....	46

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αυτή η μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος “Γεωπληροφορική”, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Μαρίνο Κάβουρα, για την ανάθεση και την καθοδήγησή του στη μεταπτυχιακή μου εργασία, αλλά και για το γνωστικό υπόβαθρο που μου παρείχε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Βεσκούκη και κα. Μητσακάκη. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την διδάκτορα κ. Ελένη Τομαή, για τη συνεχή βοήθειά της κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους και τη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι γεωγραφικές πληροφορίες βασίζονται στις παρατηρήσεις ή στις μετρήσεις. Το Open Geospatial Consortium (O.G.C.) έχει αναπτύξει το πρότυπο για τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις (Observations and Measurements, O&M). Το πρότυπο αυτό διευκρινίζει ακριβώς πώς κωδικοποιούνται οι πληροφορίες. Όμως, το εννοιολογικό πρότυπο O&M δεν διευκρινίζει ακριβώς ποιες οντότητες του πραγματικού κόσμου αντιπροσωπεύονται από τα αντικείμενα πληροφοριών του προτύπου. Εντάσσοντας τους κεντρικούς όρους του προτύπου O&M στη γενική οντολογία Basic Formal Ontology (B.F.O.) αποδίδεται συγκεκριμένη σημασιολογία στους όρους. Η ένταξη σε μία γενική οντολογία περιορίζει τις πιθανές ερμηνείες των κεντρικών όρων του προτύπου O&M και ορίζει αυστηρές σχέσεις μεταξύ των κατηγοριών των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου και των κατηγοριών των αντικειμένων πληροφοριών. Αυτές οι σχέσεις είναι ουσιαστικές για την επίτευξη σημασιολογικής διαλειτουργικότητας μεταξύ των γεωχωρικών πηγών πληροφοριών.

## ABSTRACT

Geographic information is based on observations or measurements. The Open Geospatial Consortium (O.G.C.) has developed an implementation specification for observations and measurements (O&M). It specifies precisely how to encode information. Yet, the O&M conceptual model does not specify precisely which real-world entities are denoted by the specified information objects. We provide formal semantics for the central O&M terms by aligning them to the foundational ontology Basic Formal Ontology (B.F.O.). The alignment to a foundational ontology restricts the possible interpretations of the central elements in the O&M model and establishes explicit relations between categories of real world entities and classes of information objects. These relations are essential for assessing semantic interoperability between geospatial information sources.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έρευνα για τις οντολογίες γίνεται όλο και περισσότερο διαδεδομένη στην κοινωνία της πληροφορικής. Ενώ ο όρος οντολογία στο παρελθόν είχε περιοριστεί στη φιλοσοφική του διάσταση, σήμερα κατέχει ένα συγκεκριμένο ρόλο στην τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence), στην υπολογιστική γλωσσολογία (Computational Linguistics) και στη θεωρία των βάσεων γνώσης (Database Theory).

Η γενική οντολογία Basic Formal Ontology (B.F.O.) σχεδιάστηκε με στόχο να λαμβάνει υπόψη και να αντιπροσωπεύει τα διάφορα είδη οντοτήτων που αποτελούν την πραγματικότητα, είτε αυτά είναι θεμελιώδη μόρια της φυσικής, είτε χειρουργικές διαδικασίες, είτε προεδρικές εκλογές. Η BFO ενσωματώνει την τρισδιάστατη αλλά και την τετραδιάστατη προοπτική της πραγματικότητας σε ένα ενιαίο πλαίσιο.

Οι γεωγραφικές πληροφορίες βασίζονται στις παρατηρήσεις ή στις μετρήσεις. Το Open Geospatial Consortium (O.G.C.) έχει αναπτύξει τις προδιαγραφές του προτύπου για τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις (Observations and Measurements, O&M), στο οποίο διευκρινίζεται ακριβώς η κωδικοποίηση των πληροφοριών. Όμως, το εννοιολογικό πρότυπο O&M δεν διευκρινίζει ακριβώς ποιες οντότητες του πραγματικού κόσμου αντιπροσωπεύονται από τα συγκεκριμένα αντικείμενα πληροφοριών.

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται μια προσπάθεια ένταξης των βασικών όρων του προτύπου O&M στη γενική οντολογία BFO. Η ένταξη σε μία γενική οντολογία περιορίζει τις πιθανές ερμηνείες των κεντρικών όρων του προτύπου O&M και ορίζει ρητές σχέσεις μεταξύ των κατηγοριών των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου και των κατηγοριών των αντικειμένων πληροφοριών. Αυτές οι σχέσεις είναι ουσιαστικές για την επίτευξη της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας μεταξύ των γεωχωρικών πηγών πληροφοριών.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η διαδικασία ένταξης των βασικών όρων του προτύπου O&M στη γενική οντολογία BFO. Στο κεφάλαιο 1 περιγράφεται ο σκοπός της εργασίας, στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται συνοπτικά οι οντολογίες, στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η γενική οντολογία BFO και κυρίως οι κατηγορίες της και οι σχέσεις μεταξύ τους, στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται το πρότυπο παρατηρήσεων και μετρήσεων O&M, στο κεφάλαιο 5 περιγράφεται η προσπάθεια ένταξης των βασικών όρων του προτύπου O&M στη γενική οντολογία BFO, τα προβλήματα και οι αδυναμίες που προκύπτουν, ενώ στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται τα συμπεράσματα και οι προοπτικές της εργασίας.

## 1. ΣΚΟΠΟΣ

Τον τελευταίο καιρό η χρήση του όρου οντολογία έχει γίνει προεξέχουσα στους ερευνητικούς τομείς των επιστημών της πληροφορικής (Computer Science) και της πληροφορίας (Information Science) και στις εφαρμογές αυτών των τομέων στη διαχείριση των επιστημονικών και των άλλων ειδών πληροφοριών.

“Οι γενικές οντολογίες είναι αξιωματικές θεωρίες των ανεξαρτήτως πεδίου γενικών εννοιών όπως το αντικείμενο, οι ιδιότητες, το γεγονός, η εξάρτηση, και η χωροχρονική σύνδεση” (Schneider, 2003). Οι γενικές οντολογίες παρέχουν μια αυστηρά επίσημη σημασιολογία για τις γενικές έννοιες. Προορίζονται να χρησιμεύσουν ως το εννοιολογικό υπόβαθρο για τις οντολογίες πεδίου, οι οποίες παρέχουν στη συνέχεια τις εξειδικευμένες έννοιες σχετικά με ένα ορισμένο πεδίο.

Αφού περιγραφούν η δομή της γενικής οντολογίας BFO και του προτύπου O&M και καθοριστούν οι βασικοί όροι τους και οι σχέσεις μεταξύ τους, σκοπός της εργασίας στη συνέχεια είναι η ένταξη των βασικών όρων του προτύπου O&M στην οντολογία BFO.

Η ένταξη στη γενική οντολογία BFO περιορίζει τις πιθανές ερμηνείες των κεντρικών στοιχείων του προτύπου O&M και ορίζει συγκεκριμένες σχέσεις μεταξύ των κατηγοριών των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου και των κατηγοριών των αντικειμένων πληροφοριών.

Η διαδικασία ένταξης των όρων του προτύπου O&M στην οντολογία BFO και τα διάφορα προβλήματα, αδυναμίες στο σχεδιασμό ή και ο πιθανός επαναπροσδιορισμός κάποιων οντοτήτων και σχέσεων περιγράφονται αναλυτικότερα στα κεφάλαια που ακολουθούν, ενώ στο τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν καθώς και οι μελλοντικές προοπτικές του συγκεκριμένου αντικειμένου μελέτης.



## 2. ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ

### 2.1. Γενικά

Παραδοσιακά, η οντολογία έχει οριστεί ως η φιλοσοφική μελέτη αυτού που υπάρχει, η μελέτη των οντοτήτων της πραγματικότητας και οι σχέσεις μεταξύ τους. Ενώ αυτή η μελέτη περιλαμβάνει τις οντότητες που εξετάζονται από τις εξειδικευμένες επιστήμες (φυσική, χημεία, βιολογία κ.λπ.), εστιάζει επίσης στην περιγραφή των γενικότερων ή βασικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της πραγματικότητας, δηλαδή προχωρά σε έναν απολογισμό των αντικειμένων και των σχέσεων που είναι κοινά για όλες τις επιστημονικές περιοχές. Παραδείγματα τέτοιων γενικών ή κοινών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της πραγματικότητας περιλαμβάνουν την ταυτότητα, σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή καθώς και κατά την πάροδο του χρόνου, ιδιότητες όπως το χρώμα και το σχήμα και σύνθετες δομές που περιλαμβάνουν τις σχέσεις του μέρους στο σύνολο κ.λπ. Κατά συνέπεια παραδείγματος χάριν, ενώ ο βιολόγος μελετά τα κύτταρα και ο φυσικός μελετά τα άτομα, ο φιλόσοφος οντολόγος ενδιαφέρεται όχι μόνο για τη μελέτη αυτών των οντοτήτων, αλλά κυρίως για την περιγραφή των κοινών χαρακτηριστικών για τα κύτταρα και τα άτομα και των σχέσεων μεταξύ τους. Ο στόχος της φιλοσοφικής οντολογίας είναι να οριστούν οι σαφείς και αυστηρές περιγραφές των βασικών δομών της πραγματικότητας.

Σε αυτή την περίπτωση η οντολογία έχει την έννοια ενός τυποποιημένου πλαισίου για τα διάφορα επίπεδα γενίκευσης, σύμφωνα με τα οποία οι βιβλιοθήκες πληροφοριών διαφορετικών ειδών πρόκειται να κατασκευαστούν. Ο σκοπός αυτών των οντολογιών είναι να δοθεί μια ευκρινής εσωτερική δομή στις βιβλιοθήκες ηλεκτρονικών πληροφοριών και να κάνει δυνατή τη διαλειτουργικότητα των διαφορετικών βιβλιοθηκών που περιέχουν διαφορετικές πληροφορίες, έτσι ώστε οι πληροφορίες σε δύο βιβλιοθήκες να μπορούν να γίνουν κατανοητές υπό τους όρους μιας κοινής γλώσσας. Το οντολογικό πρόβλημα της κατασκευής και της διαχείρισης βιβλιοθηκών πληροφοριών δεν είναι, εντούτοις, απλώς πρόβλημα σχετικά με τη χρήση ενός κοινού λεξιλογίου. Μάλλον, το ζητούμενο είναι ο ορισμός ενός (μερικές φορές πολύ γενικού) συνόλου βασικών κατηγοριών αντικειμένων, και ο καθορισμός των οντοτήτων οι οποίες εμπίπτουν σε κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες αντικειμένων, και ο καθορισμός των σχέσεων μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών της οντολογίας. Το οντολογικό πρόβλημα για την επιστήμη της πληροφορικής και της πληροφορίας είναι ίδιο με πολλά από τα προβλήματα της φιλοσοφικής οντολογίας, και γίνεται όλο και περισσότερο σαφές ότι η επίλυση του πρώτου θα επιτευχθεί με βάση τις μεθόδους, τις ιδέες και τις θεωρίες των τελευταίων.

Οι οντολογίες είναι αντικείμενο τόσο της φιλοσοφίας όσο και της πληροφορικής. Εντούτοις, οι δύο επιστήμες χρησιμοποιούν διαφορετικές έννοιες του όρου. Στη φιλοσοφία, η οντολογία εξετάζει τα είδη των αντικειμένων που υπάρχουν σε ένα τομέα, ανεξάρτητα από κάποια συγκεκριμένη γλώσσα ή λεξιλόγιο. Από την άλλη πλευρά, η επιστήμη των υπολογιστών χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο λεξιλόγιο για να περιγράψει ένα τμήμα της πραγματικότητας σύμφωνα με ένα σύνολο υποθέσεων, αξιωμάτων κ.λπ.

Ο συμβιβασμός των δύο αυτών διαφορετικών εννοιών συνίσταται στη χρήση μεθόδων δημιουργίας οντολογιών μέσω της επιστήμης των πληροφοριών ως βάση για την οργάνωση της επιστημονικής γνώσης πεδίων που διαφοροποιούνται ως προς τους όρους, τις έννοιες και το λεξιλόγιο που χρησιμοποιούν. Η ολοκλήρωση πληροφοριών (information integration) αποτελεί σημαντικό πεδίο εφαρμογής της έρευνας γύρω από τις οντολογίες κι αυτό, γιατί ακόμα κι αν δύο συστήματα χρησιμοποιούν το ίδιο λεξιλόγιο, δεν είναι απαραίτητο ότι θα διαλειτουργούν, αφού το κάθε σύστημα είναι δυνατό να ερμηνεύει διαφορετικά τις πληροφορίες του, δηλαδή να βασίζεται σε διαφορετικές οντολογίες. Ιδιαίτερα αν τα επιμέρους συστήματα επικεντρώνονται σε λεπτομέρειες συγκεκριμένων εφαρμογών, τότε μια προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω για την ενοποίηση διαφορετικών συστημάτων και επομένως διαφορετικών τοπικών οντολογιών δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική (Guarino, 1998).

Γι' αυτό το σκοπό είναι δυνατό να αναπτύσσονται διαφορετικά είδη οντολογιών, ανάλογα με το επίπεδο λεπτομέρειάς τους. Μία οντολογία γενικού επιπέδου (top-level ontology) περιγράφει γενικές έννοιες (π.χ., χώρος, χρόνος, αντικείμενο) ανεξάρτητα από κάποιο πεδίο ή πρόβλημα. Γενικά θεωρείται λογικό να υπάρχει μία ενιαία οντολογία γενικού επιπέδου για μεγάλες κατηγορίες χρηστών. Οι οντολογίες πεδίου (domain ontologies) και οι οντολογίες δραστηριότητας (task ontologies) περιγράφουν αντίστοιχα έννοιες που σχετίζονται με ένα πεδίο ή μια δραστηριότητα με την εξειδίκευση των όρων της οντολογίας γενικού επιπέδου. Οι οντολογίες εφαρμογής (application ontologies) περιγράφουν έννοιες που εξαρτώνται τόσο από ένα πεδίο, όσο και από μια δραστηριότητα και συνήθως αποτελούν εξειδίκευση και των δύο σχετικών οντολογιών (Κάβουρας, 2002).

Από τα παραπάνω είδη των οντολογιών, οι οντολογίες γενικού επιπέδου είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την ολοκλήρωση πληροφοριών, αφού παρέχουν ένα γενικό πλαίσιο με βασικές έννοιες και αρχές με τις οποίες οι πιο εξειδικευμένες οντολογίες πρέπει να συμφωνούν προκειμένου να επιτευχθεί η μεταξύ τους ενοποίηση (Sowa, 2000). Επομένως, για την ενοποίηση οντολογιών είναι προτιμότερη μια προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω,

στην οποία οι επιμέρους οντολογίες ενσωματώνονται σε μια οντολογία γενικού επιπέδου (Κάβουρας, 2002).

### 2.2. Οι Οντολογίες Γενικού Επιπέδου

Οι οντολογίες γενικού επιπέδου περιγράφουν την πραγματικότητα κατά μήκος δύο ουσιαστικών διαστάσεων. Κατ' αρχάς, δηλώνουν τις βασικές κατηγορίες της πραγματικότητας. Κατά δεύτερον, δηλώνουν τις βασικές σχέσεις ανάμεσα και μεταξύ των αντικειμένων τα οποία ανήκουν στις βασικές κατηγορίες της πραγματικότητας.

Ο όρος οντολογική κατηγορία, όπως χρησιμοποιείται εδώ μπορεί να ερμηνευθεί ως “το γενικό που ισχύει για κάθε υλική περιοχή της πραγματικότητας” στην περίπτωση των οντολογιών γενικού επιπέδου, και “το γενικό της υψηλότερης γενίκευσης σε ένα πεδίο” στην περίπτωση των οντολογιών πεδίου (Spear, 2006).

Οι οντολογικές κατηγορίες σε μια οντολογία γενικού επιπέδου πρέπει να αντιπροσωπεύουν το σύνολο, μέσω πολύ βασικών και πολύ γενικών κατηγοριών οντοτήτων. Παραδείγματα των οντολογικών κατηγοριών περιλαμβάνουν την κατηγορία “universal” και την κατηγορία “particular”. Άλλες οντολογικές κατηγορίες μπορεί να περιλαμβάνουν τις “individual”, “collective”, “property”, “dependent entity”, “process”, “event” ή “spatial region”. Κάθε μία από τις κατηγορίες σε μια οντολογία πρέπει να οριστεί με προσοχή, περιλαμβάνοντας συνθήκες ταυτοποίησης της μορφής “το X ανήκει στην κατηγορία Y σε περίπτωση που είναι α, β, και γ...”, δύο κατηγορίες δεν πρέπει να είναι ταυτόσημες ή να αποτελούνται από επικαλυπτόμενες κατηγορίες (καμία οντότητα στον κόσμο δεν πρέπει να ανήκει ταυτόχρονα σε δύο διαφορετικές οντολογικές κατηγορίες γενικού επιπέδου) (Spear, 2006).

Οι σχέσεις που περιλαμβάνονται σε μια οντολογία είναι εξαιρετικά σημαντικές. Χρησιμεύουν για να διευκρινίσουν και την εσωτερική δομή των αντικειμένων των οντολογικών κατηγοριών και τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών οντολογικών κατηγοριών.

Ένα παράδειγμα μιας σχέσης που περιγράφει το πρώτο είδος λειτουργίας είναι η σχέση “μέρους\_όλου” (“part\_of”). Για οποιοδήποτε δεδομένο αντικείμενο που εμπίπτει σε οποιαδήποτε δεδομένη οντολογική κατηγορία, είναι δυνατό να αναλυθεί περαιτέρω εκείνο το αντικείμενο αναλύοντας τα μέρη του (Spear, 2006).

Ένα παράδειγμα μιας σχέσης που εκτελεί το δεύτερο είδος λειτουργίας θα ήταν η σχέση “αντιπροσωπεύει” (“instantiates”). Οι οντότητες που ανήκουν στην οντολογική κατηγορία

“particular” “αντιπροσωπεύουν” τις οντότητες που ανήκουν στην οντολογική κατηγορία “universal”. Κατά συνέπεια “αυτό το μόριο οξυγόνου είναι ένα παράδειγμα του οξυγόνου”. Μια οντολογία που περιλαμβάνει τις κατηγορίες “particular” και “universal”, καθώς επίσης και τη σχέση “instantiates” μεταξύ τους, είναι πιο ορισμένη και δομημένη από μια που περιλαμβάνει μόνο τις δύο κατηγορίες. Περαιτέρω αξίζει να σημειωθεί ότι η σχέση “instantiates” μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ορισμό κάθε μίας από αυτές τις κατηγορίες. Παραδείγματος χάριν, κάποιος θα μπορούσε να καθορίσει το “universal” ως “μία οντότητα η οποία μπορεί να αντιπροσωπεύεται” (“an entity that can be instantiated”), και κάποιος θα μπορούσε να καθορίσει το “particular” ως “μία οντότητα η οποία αντιπροσωπεύει universals, αλλά δεν μπορεί να αντιπροσωπεύεται από οτιδήποτε άλλο” (“an entity that instantiates universals, but is not instantiated by any other thing”). Σε αυτές τις περιπτώσεις ο ορισμός των ρητών σχέσεων γενικού επιπέδου σε ένα σύστημα οντολογικών κατηγοριών βοηθά στον καθορισμό της φύσης των ίδιων των κατηγοριών (Spear, 2006).

### 3. Η ΓΕΝΙΚΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ BFO

#### 3.1. Γενικά

Η Basic Formal Ontology (B.F.O.) που αναπτύχθηκε από τον Barry Smith και την ομάδα του αποτελείται από μία σειρά υποοντολογιών σε διαφορετικά επίπεδα. Η οντολογία διαιρείται σε δύο κατηγορίες: τις SNAP οντολογίες, που κατανοούν τις συνεχείς οντότητες όπως τα τρισδιάστατα αντικείμενα και τις SPAN οντολογίες, που κατανοούν τις διαδικασίες όπως αυτές μεταβάλλονται στο χρόνο. Η BFO ενσωματώνει με αυτό τον τρόπο την τρισδιάστατη αλλά και την τετραδιάστατη προοπτική της πραγματικότητας σε ένα ενιαίο πλαίσιο.

Οι αμοιβαίες σχέσεις καθορίζονται μεταξύ των δύο τύπων οντολογιών με τέτοιο τρόπο που δίνει στη BFO τη δυνατότητα να εξετάζει και τα στατικά/χωρικά και τα δυναμικά/χρονικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της πραγματικότητας. Κάθε SNAP οντολογία αποτελεί ένα κατάλογο όλων των οντοτήτων που υπάρχουν σε μια χρονική στιγμή. Κάθε SPAN οντολογία είναι ένας κατάλογος όλων των διαδικασιών που εκτυλίσσονται σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Και οι δύο τύποι οντολογιών χρησιμεύουν ως βάση για μια σειρά υποοντολογιών, κάθε μια από τις οποίες μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μέρος ενός τμήματος της πραγματικότητας σε ένα δεδομένο επίπεδο.

Ως ρεαλιστική οντολογία, η σκόπιμη ερμηνεία των βασικών κατηγοριών και των σχέσεων της BFO είναι αυτή του πραγματικού διαχωρισμού μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων που υπάρχουν στον κόσμο. Η BFO σχεδιάστηκε με στόχο να λαμβάνει υπόψη και να αντιπροσωπεύει τα διάφορα είδη οντοτήτων που αποτελούν την πραγματικότητα, είτε αυτά είναι θεμελιώδη μόρια της φυσικής, είτε χειρουργικές διαδικασίες, είτε προεδρικές εκλογές. Η BFO αναγνωρίζει τη δυνατότητα ότι ορισμένες βασικές υποθέσεις μπορεί να πρέπει να αναθεωρηθούν λαμβάνοντας υπόψη τις μελλοντικές έρευνες στις εμπειρικές επιστήμες και στην οντολογία (Spear, 2006).

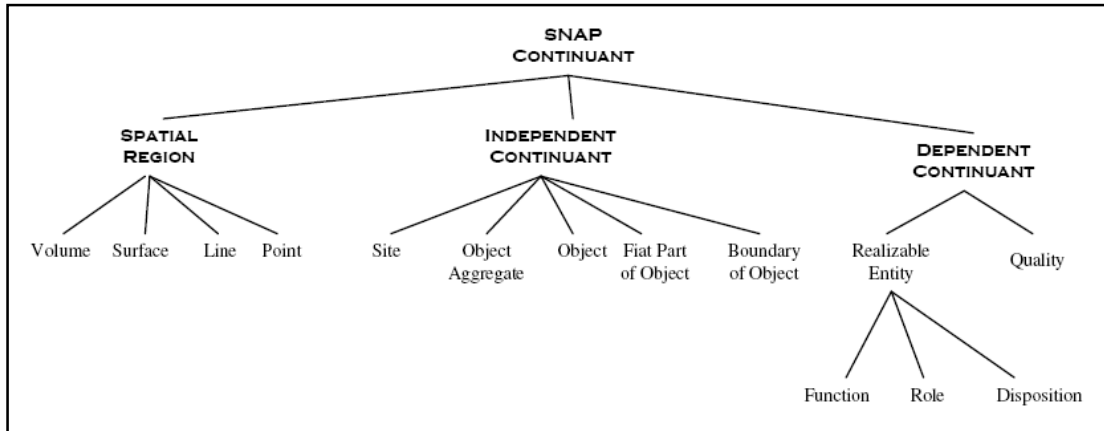
Η BFO σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι όλες οι προοπτικές και οι τρόποι κατηγοριοποίησης της πραγματικότητας δεν είναι πάντα καλές, αναγνωρίζει όμως ότι υπάρχουν εντούτοις πολλοί εξίσου καλοί (εξίσου αληθινοί ή πραγματικοί) τρόποι κατηγοριοποίησης και παρουσίασης της πραγματικότητας από τις διαφορετικές οπτικές γωνίες. Επίσης, η διάκριση μεταξύ των “continuant” και “occurent” οντοτήτων, ή αλλιώς μεταξύ των SNAP και SPAN οντολογιών, αποτελεί ένα στοιχείο θεμελιώδους σπουδαιότητας.

Η BFO αναγνωρίζει μια βασική διάκριση μεταξύ δύο ειδών οντοτήτων: *substantial entities* ή *continuants* και *processual entities* ή *occurrents*. Σε αυτά τα δύο είδη οντοτήτων αντιστοιχούν δύο βασικές και ευδιάκριτες προοπτικές για τον κόσμο, καμία εκ των οποίων δεν μπορεί να συλλάβει πλήρως ή να αντιπροσωπεύσει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της πραγματικότητας που παρουσιάζονται από την άλλη: αυτές είναι η SNAP και η SPAN προοπτικές ή οντολογίες αντίστοιχα. Κάθε μία από αυτές τις βασικές προοπτικές μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αντιπροσωπεύσει τις οντότητες σε διαφορετικά επίπεδα γενίκευσης, έχοντας ως αποτέλεσμα τις περαιτέρω υποδιαιρέσεις των βασικών οντολογιών SNAP και SPAN. Τέλος, η BFO περιλαμβάνει τις προδιαγραφές των σχέσεων γενικού επιπέδου μεταξύ των αντικειμένων των οντολογικών κατηγοριών, των σχέσεων μεταξύ των κατηγοριών σε μια οντολογία και επίσης των σχέσεων μεταξύ των οντολογιών.

## **3.2. Οι Κατηγορίες της BFO**

### **3.2.1. Η κατηγορία SNAP Continuant**

Η SNAP προοπτική της BFO αντιπροσωπεύει *continuants*: οντότητες που υπάρχουν στη διάρκεια του χρόνου διατηρώντας την ταυτότητά τους. Τα παραδείγματα τέτοιων οντοτήτων περιλαμβάνουν ένα ανθρώπινο άτομο, το χρώμα ενός ώριμου μήλου, τη διάθεση ενός οργανισμού να αιμορραγεί, το τείχος του Βερολίνου κ.λπ. Η SNAP οντολογία αναγνωρίζει τρεις σημαντικές κατηγορίες *continuants*: *dependent continuants*, *independent continuants* και *spatial regions*. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των *independent continuants* είναι ότι είναι τα είδη των πραγμάτων από τα οποία άλλα *continuants*, όπως οι ιδιότητες και οι διαθέσεις, μπορούν να προκύψουν. Είναι οι φορείς των ιδιοτήτων και άλλων *dependent continuants*. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα καθορισμού των *dependent continuants* είναι ότι είναι τα είδη των πραγμάτων (ιδιότητες, ρόλοι, λειτουργίες) που προέρχονται ή δημιουργούνται από κάτι άλλο (συγκεκριμένες ανεξάρτητες οντότητες). Οι *spatial regions* είναι διαφορετικές και από τα *independent* και από τα *dependent continuants* δεδομένου ότι αυτές ούτε προέρχονται από κάτι, ούτε είναι αυτές οι ίδιες φορείς των ιδιοτήτων. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες αναγνωρίζει περαιτέρω υποδιαιρέσεις ή υποκατηγορίες.



Εικόνα 1: Η κατηγορία SNAP Continuant

Στο Επίπεδο 1 βρίσκεται η κατηγορία:

- **SNAP Continuant.** Μια οντότητα που υπάρχει πλήρως οποιαδήποτε στιγμή στην οποία υπάρχει, υπάρχει μέσω του χρόνου διατηρώντας την ταυτότητά της και δεν έχει κανένα χρονικό μέρος (παραδείγματα: μια καρδιά, ένα άτομο, το χρώμα μιας ντομάτας, η μάζα ενός σύννεφου, μια συμφωνική ορχήστρα, η διάθεση του αίματος να πήξει). Η SNAP continuant έχει ακριβώς τρεις υποκατηγορίες. Αυτές είναι οι: spatial region, independent continuant και dependent continuant.

Στο Επίπεδο 2 βρίσκονται οι υποκατηγορίες της SNAP Continuant:

- **Spatial region.** Μια ανεξάρτητη continuant οντότητα που δεν είναι ούτε φορέας των ιδιοτήτων ούτε αποδίδεται σε άλλες οντότητες (παραδείγματα: το σύνολο όλου του χώρου στον κόσμο, τα μέρη του συνόλου του χώρου στον κόσμο).

Σύμφωνα με την BFO, η SNAP space είναι μια οντότητα από μόνη της, κάτι σαν ένα γιγαντιαίο τρισδιάστατο κιβώτιο μέσα στο οποίο τα διάφορα άλλα continuants και οι continuant ιδιότητες υπάρχουν και κινούνται. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα της BFO καθιστά δυνατή την περιγραφή της θέσης των οντοτήτων και των διαφόρων μερών και των ιδιοτήτων τους σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή αλλά και κατά την διάρκεια του χρόνου, και καθιστά δυνατή την αναφορά στις μη κατειλημμένες χωρικές περιοχές. Παραδείγματα των spatial regions περιλαμβάνουν το χώρο που καταλαμβάνεται από μια ντομάτα σε μία δεδομένη χρονική στιγμή, το διάστημα που

καταλήφθηκε από μια ντομάτα σε μία δεδομένη χρονική στιγμή, αλλά είναι τώρα κενός γιατί η ντομάτα μετακινήθηκε, καθώς και το σύνολο όλου του χώρου στον κόσμο.

Οι *spatial regions* αποτελούν μοναδικά είδη οντοτήτων στη SNAP κατηγορία. Δεν θεωρούνται οντότητες υπό την ακριβή έννοια, εντούτοις, δεν είναι συγκεκριμένες υλικές οντότητες όπως οι περισσότερες άλλες ανεξάρτητες οντότητες, ούτε είναι εξαρτώμενες με τον τρόπο που είναι οι ιδιότητες. Ο χώρος των *spatial regions* είναι ο απόλυτος ή συνολικός χώρος της φυσικής, και πρέπει να διακριθεί προσεκτικά από τα διαστήματα ή τις θέσεις που σχετίζονται με ιδιαίτερες *continuant* οντότητες ή τα σύνολα τέτοιων οντοτήτων μαζί με το μέσο που εσωκλείουν, υπάρχει μια χωριστή κατηγορία για την εξέταση τέτοιων "συσχετισμένων διαστημάτων" στη BFO και είναι η κατηγορία "site". Κατά γενικό κανόνα, εκτός αν κάποιος χτίζει μια οντολογία πεδίου για τις πληροφορίες της φυσικής, οι πληροφορίες για τη θέση και το χώρο πρέπει να αντιμετωπίζονται από την άποψη της BFO site, κι όχι από την άποψη της BFO *spatial region*.

- **Independent Continuant.** Οι *continuant* οντότητες που είναι οι φορείς των ιδιοτήτων (παραδείγματα: ένας οργανισμός, μια καρδιά, μια συμφωνική ορχήστρα, μια καρέκλα, ένα πόδι, ένα πρόσωπο).

Οι *independent continuant* οντότητες έχουν πολλές μορφές, αλλά το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το γεγονός ότι είναι οι φορείς των ιδιοτήτων (*SNAP dependent* οντότητες). Οι *independent continuant* οντότητες είναι συχνά, αλλά όχι πάντα, ανεξάρτητες όσον αφορά άλλες οντότητες. Αυτό σημαίνει ότι η παρούσα και μελλοντική ύπαρξή τους δεν εξαρτάται αυστηρά από την ύπαρξη οποιωνδήποτε άλλων όντων ή ειδών όντων.

- **Dependent Continuant.** Οι *continuant* οντότητες που υπάρχουν μέσα ή προκύπτουν από άλλες οντότητες (παραδείγματα: η μάζα ενός σύννεφου, το χρώμα μιας ντομάτας, η μυρωδιά της μοτσαρέλας, η ρευστότητα του αίματος, ο ρόλος του να είσαι γιατρός).

Οι *dependent continuant* οντότητες υπάρχουν σε άλλες εξαρτώμενες οντότητες και στις *independent continuant* οντότητες. Φανερώνουν ένα είδος υπαρξιακής εξάρτησης στο μέτρο που για να υπάρχουν, κάποια άλλη οντότητα ή το είδος μιας οντότητας στην οποία υπάρχουν πρέπει να υπάρξει επίσης.

Στο Επίπεδο 3 βρίσκονται οι υποκατηγορίες της *Independent Continuant*, της *Dependent Continuant* και της *Spatial Region*:



- **Site.** Μια dependent continuant οντότητα με χαρακτηριστική χωρική μορφή σε σχέση με κάποια διάταξη άλλων continuant οντοτήτων και του μέσου που εσωκλείεται γενικά ή εν μέρει από αυτήν την χαρακτηριστική χωρική μορφή. Οι sites είναι οντότητες που μπορούν να καταληφθούν από άλλες continuant οντότητες (παραδείγματα: μια πόλη, μια ρινική κοιλότητα, μια φλέβα αίματος, ένα περιβάλλον, οι κόλποι, τα κανάλια, οι κοιλίες, η θέση της μάχης του Austerlitz, το εσωτερικό της αορτής, το δωμάτιο στο οποίο κάποιος βρίσκεται, το γραφείο κάποιου συμπεριλαμβανομένων των πραγμάτων που είναι σε αυτό καθώς και την ατμόσφαιρα που τα περιβάλλει).

Παραδείγματος χάριν, ένα δωμάτιο, που γίνεται κατανοητό ως οι τοίχοι του δωματίου μαζί με το χώρο που εσωκλείουν, είναι μια site. Εντούτοις, το διάστημα που εσωκλείεται από ένα δωμάτιο, είναι επίσης μια site, όχι όμως μια spatial region. Υπάρχουν δύο τρόποι να ερμηνευθεί αυτό και να γίνει κατανοητό.

Κατ' αρχάς, ο χώρος (όπως ο αέρας) που εσωκλείεται σε ένα δωμάτιο (site) κινείται σε όλο το διάστημα (spatial region) συνεχώς (καθώς η γη, στην οποία βρίσκεται το κτίριο στο οποίο ανήκει το δωμάτιο, γυρίζει και κινείται στο χώρο). Κατά συνέπεια, ενώ σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή ο "χώρος σε ένα δωμάτιο" συνυπάρχει με κάποια spatial region, δεν είναι ίδιος με αυτή την spatial region επειδή η site που είναι το εσωτερικό του δωματίου παραμένει ίδια ακόμα και όταν το δωμάτιο, και η site μαζί με αυτό, κινηθεί έτσι ώστε να καταλαμβάνει μια νέα και διακριτή spatial region. Η site σε ένα δωμάτιο είναι έτσι μια χωρική μορφή που είναι συσχετισμένη με άλλες continuant οντότητες, συμπεριλαμβανομένων των τοίχων του δωματίου και επίσης του αέρα που είναι το συμπλήρωμα ή το μέσο που υπάρχει στο δωμάτιο. Αντίστοιχα δεδομένα ισχύουν για άλλες sites, όπως οι ρινικές κοιλότητες, το εσωτερικό του στομαχιού, και τα περιβάλλοντα. Αποτελούνται από μια continuant οντότητα ή ένα σύνολο continuant οντοτήτων, μαζί με κάποιο σχετικό χωρικό μέσο που δεν είναι αυστηρά ίδιο με οποιαδήποτε spatial region.

Το σημαντικό εδώ δεν είναι ότι "οι sites είναι spatial regions που μπορούν να κινηθούν". Οι spatial regions δεν μπορούν εξ ορισμού να κινηθούν, μάλλον σχετίζονται με το που κινούνται τα πράγματα, ενώ οι sites δεν είναι spatial regions, αν και βρίσκονται πάντα σε μία spatial region, και δεν είναι ουσιαστικό σε μια site το γεγονός ότι θα κινείται με κάποιο τρόπο. Μια ρινική κοιλότητα θα ήταν ακόμα μια site, ακόμα κι αν βρισκόταν σε μια πανομοιότυπη spatial region για ολόκληρη την ύπαρξή της. Το σημαντικό είναι ότι οι sites είναι continuant οντότητες που περιλαμβάνουν άλλες continuant οντότητες και ένα μέσο ως μέρη, και που έχουν μια χαρακτηριστική χωρική μορφή. Εντούτοις, ένας

τρόπος να δούμε ότι οι sites είναι διαφορετικές μορφές από τις spatial regions είναι κατανοώντας ότι οι sites μπορούν να βρεθούν σε πολλές διαφορετικές spatial regions διατηρώντας την ταυτότητά τους ως sites (η ρινική κοιλότητα δεν γίνεται κάτι νέο ή διαφορετικό κάθε φορά που γυρίζει το κεφάλι).

Δεύτερον, οι sites, αλλά όχι οι spatial regions, αποτελούνται όχι μόνο από continuant οντότητες και τον σχετιζόμενο χώρο, αλλά και από ένα μέσο όπως ο αέρας ή τα ρευστά που εσωκλείονται μερικά ή ολικά από τις continuant οντότητες και το χωρικό μέσο. Κατά συνέπεια η ρινική κοιλότητα είναι μια site που αποτελείται από τις εσωτερικές μεμβράνες και τα μέρη της μύτης, μαζί με τη χωρική μορφή της ίδιας της κοιλότητας και του οξυγόνου ή (στις πιο ατυχείς περιστάσεις) άλλου μέσου που γεμίζει και εσωκλείεται από την κοιλότητα.

Ομοίως, η κρανιακή κοιλότητα είναι μια site που αποτελείται από το κρανίο, τον εγκέφαλο, και το ρευστό που σχεδόν εξ ολοκλήρου γεμίζει τα διαστήματα που εσωκλείονται από το κρανίο και τον εγκέφαλο. Οι spatial regions δεν περιλαμβάνουν κάποιο μέσο, είναι καθαρές χωρικές περιοχές, ο ορισμός των οποίων δεν απαιτεί να έχουν καμία continuant οντότητα εντός τους.

- **Object Aggregate.** Μια independent continuant οντότητα που είναι ένα σύνολο χωριστών αντικειμένων (παραδείγματα: ένας σωρός από πέτρες, μια ομάδα κατόχων διαρκούς εισιτηρίου στο μετρό, μια συλλογή βακτηριδίων, ένα κοπάδι χηνών, οι ασθενείς σε ένα νοσοκομείο, μια συμφωνική ορχήστρα).

Τα aggregates είναι continuants που είναι συλλογές άλλων χωριστών αντικειμένων. Αυτό σημαίνει ότι έχουν έναν βαθμό ενότητας ή συνεκτικότητας που είναι πιο αδύναμος από αυτόν που έχουν τα ίδια τα αντικείμενα ξεχωριστά (συγκρίνετε έναν σωρό από πέτρες με μια πέτρα), δεν έχουν συνδεδεμένα όρια (έχουν κενά μεταξύ μερικών ή όλων των μερών τους), και έχουν ως μέρη μόνο τα SNAP Object.

- **Object (Substance).** Μια independent continuant οντότητα που εκτείνεται στο χώρο, απόλυτα συμπαγής και ανεξάρτητη (τα μέρη μιας substance δεν χωρίζονται μεταξύ τους από τα χωρικά κενά), και κατέχει μια εσωτερική ενότητα. Η ταυτότητα των substantial objects είναι ανεξάρτητη των άλλων οντοτήτων και μπορεί να διατηρηθεί διαμέσω του χρόνου και διαμέσω της απώλειας και της υιοθέτησης μερών και ιδιοτήτων (παραδείγματα: ένας οργανισμός, μια καρέκλα, ένα κύτταρο, ένας πνεύμονας, ένα μήλο).

Τα objects (υπό τη φιλοσοφική έννοια "substance") είναι ίσως οι πιο οικίες και άμεσα προσιτές οντότητες που υπάρχουν στον κόσμο. Όταν ένα άτομο καλείται να ονομάσει μερικές οντότητες, είναι πιθανό να αποκριθεί χρησιμοποιώντας ένα κατάλογο σαν τον εξής: ένα λεωφορείο, ένα μήλο, ένα γραφείο, μια γάτα, ένα κτίριο, ένα δέντρο, ένα μολύβι, κ.λπ. Αυτές οι οντότητες έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που τις εντάσσουν στην κατηγορία object (Substance).

- **Fiat part of object.** Μια independent continuant οντότητα που είναι μέρος ενός αντικειμένου αλλά δεν οριοθετείται από οποιοσδήποτε φυσικές ασυνέχειες (παραδείγματα: ανώτεροι και χαμηλότεροι λοβοί του αριστερού πνεύμονα, η ανατολική πλευρά της Κοπεγχάγης).

Τα fiat parts αντιπαραβάλλονται με τα bona fide parts. Τα bona fide parts ενός αντικειμένου είναι, κατά προσέγγιση, εκείνα που συνδέονται με αυτό κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει μια φυσική ασυνέχεια μεταξύ τους. Κατά συνέπεια το κεφάλι, τα φτερά και τα πόδια ενός κοτόπουλου, μαζί με τα κόκαλα του σκελετού του και τα εσωτερικά του όργανα, είναι τα bona fide parts του κοτόπουλου. Αντιθέτως, ένα τμήμα που αφαιρείται από το φτερό του κοτόπουλου, ή μια μάζα που αφαιρείται από το εσωτερικό του, είναι fiat parts του κοτόπουλου. Δείγματα ιστού, τμήματα των αντικειμένων για συγκεκριμένους λόγους, και ορισμένα είδη ενοποιημένων μαζών, όπως ένα κομμάτι του δέρματος, ένα κομμάτι κρέατος ή ένα κομμάτι κόκαλου είναι fiat parts του αντικειμένου.

- **Boundary of object.** Μια independent continuant οντότητα που αποτελεί μια χαμηλότερη διάσταση μιας άλλης continuant οντότητας (παραδείγματα: η επιφάνεια του δέρματος, η επιφάνεια της γης, η επιφάνεια του εσωτερικού του στομαχιού, η εξωτερική επιφάνεια ενός κυττάρου).

Στις φυσικές οντότητες τα όρια είναι συχνά μια δισδιάστατη επιφάνεια (εσωτερική ή εξωτερική) ενός πράγματος. Ένας άλλος τρόπος σκέψης για τα όρια είναι ότι είναι εκείνα τα μέρη των αντικειμένων που βρίσκονται ακριβώς στο σημείο όπου το αντικείμενο χωρίζεται από τις υπόλοιπες οντότητες στον κόσμο.

- **Realizable entity.** Είναι dependent continuants που βρίσκονται στις continuant οντότητες και δεν υπάρχουν πάντα σε μια οντότητα ή μια ομάδα οντοτήτων. Η ύπαρξη μιας realizable entity αποτελεί μια ιδιαίτερη λειτουργία ή διαδικασία που υπάρχει υπό ορισμένες συνθήκες (παραδείγματα: ο ρόλος του να είναι κανείς γιατρός, η λειτουργία

των αναπαραγωγικών οργάνων, η διάθεση του αίματος να πήξει, η διάθεση του μετάλλου να είναι καλός αγωγός της ηλεκτρικής ενέργειας).

Οι *realizable entities* είναι οντότητες η ύπαρξη των οποίων περιέχει περιόδους ενεργοποίησης, όταν φανερώνονται ως μετασχηματισμοί ή διαδικασίες στους φορείς τους, και επίσης περιόδους λήθαργου, όταν υπάρχουν στους φορείς τους, αλλά δεν φανερώνονται. Μερικές *realizables* (όπως το γεγονός ότι ένα βάζο είναι εύθραυστο) μπορούν να φανερωθούν μία μόνο φορά στη διάρκεια ζωής τους (παραδείγματος χάριν, σε περίπτωση που το βάζο σπάσει).

- **Quality.** Μια *dependent continuant* που εμφανίζεται μόνον όταν αφορά σε μια οντότητα ή στις οντότητες στο σύνολό τους (μία ιδιότητα της κατηγορίας) (παραδείγματα: το χρώμα μιας ντομάτας, η θερμοκρασία του αέρα, η περιφέρεια μιας μέσης, η μορφή μιας μύτης, η μάζα ενός κομματιού χρυσού, το βάρος ενός χιμπατζή).

Σε αντιδιαστολή με τα *SNAP objects*, οι *qualities* είναι ένα παραδειγματικό είδος *dependent* οντότητας. Το κοινό στοιχείο των *dependent* οντοτήτων αυτού του είδους είναι ότι εμφανίζονται σε άλλες οντότητες, κατά συνέπεια για να υπάρξουν πρέπει να υπάρξει κάποια άλλη οντότητα ή οντότητες. Παραδείγματα των *qualities* περιλαμβάνουν την ελαστικότητα του δέρματος, τη μάζα ενός νεφρού, την λογική ικανότητα ενός ατόμου, το χρώμα του αίματος, το σχήμα ενός χεριού, κ.λπ. Σε κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις η *quality* αναφέρεται σε σχέση με κάποια άλλη ουσιαστική οντότητα, όπως το δέρμα, ένα νεφρό, ένα χέρι, κ.λπ. Αυτό οφείλεται στην εξαρτώμενη φύση των *qualities*.

- **Volume/three dimensional.** Μια *spatial region* με τρεις διαστάσεις (παραδείγματα: ένα μέρος του διαστήματος διαμορφωμένο σε σχήμα κύβου, ένα μέρος του διαστήματος διαμορφωμένο σε σχήμα σφαίρας).
- **Surface/two dimensional.** Μια *spatial region* με δύο διαστάσεις (παραδείγματα: η επιφάνεια ενός μέρος του διαστήματος διαμορφωμένο σε σχήμα κύβου, η επιφάνεια ενός μέρος του διαστήματος διαμορφωμένο σε σχήμα σφαίρας).
- **Line/one dimensional.** Μια *spatial region* με μία διάσταση (παραδείγματα: το μέρος του διαστήματος που είναι μια γραμμή που εκτείνεται από τη μία άκρη του διαστήματος στην άλλη, μία ακμή ενός μέρος του διαστήματος διαμορφωμένο σε μορφή κύβου).

- **Point/zero dimensional.** Μία spatial region χωρίς διαστάσεις.

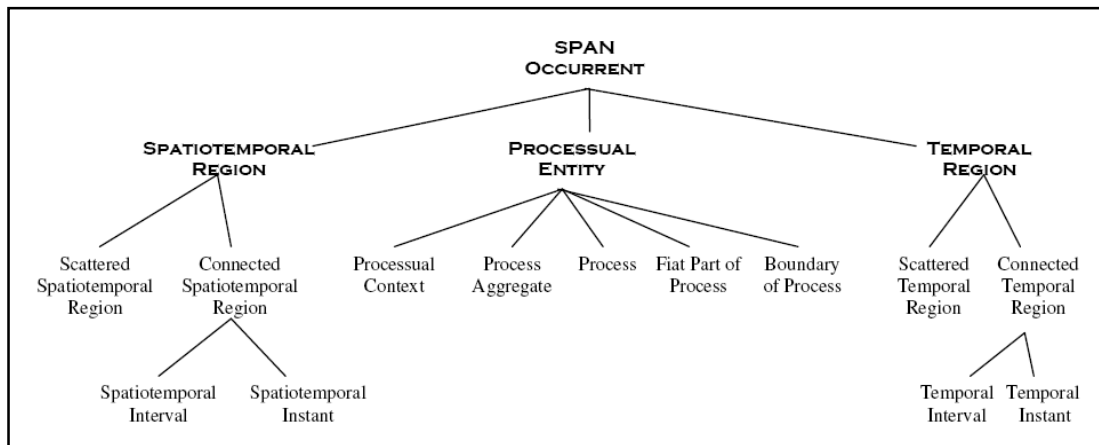
Στο Επίπεδο 4 βρίσκονται οι υποκατηγορίες της Realizable Entity:

- **Function.** Μια realizable entity η εκδήλωση της οποίας ουσιαστικά κατευθύνεται από τη δραστηριότητα μιας continuant οντότητας (παραδείγματα: η λειτουργία της καρδιάς στο σώμα για την άντληση του αίματος, η λειτουργία της αναπαραγωγής στη μετάδοση του γενετικού υλικού, η χωνευτική λειτουργία του στομαχιού για την τροφή του σώματος, η λειτουργία ενός σφυριού για να καρφωθούν τα καρφιά, η λειτουργία ενός υπολογιστικού προγράμματος για να επιλυθούν οι μαθηματικές εξισώσεις, η λειτουργία ενός αυτοκινήτου για να παρέχει μετακίνηση, ο ρόλος ενός δικαστή σε ένα δικαστήριο).
- **Role.** Μια realizable entity η εκδήλωση της οποίας επιφέρει κάποιο αποτέλεσμα ή τέλος που δεν είναι ουσιαστικό σε μια continuant οντότητα για το τι είναι, αλλά μπορεί να συμμετέχει μέσα από εκείνο το είδος της continuant οντότητας σε ορισμένα είδη φυσικών, κοινωνικών ή θεσμικών πλαισίων (παραδείγματα: ο ρόλος ενός ατόμου ως χειρουργός, ο ρόλος μιας τεχνητής καρδιάς στην άντληση του αίματος, ο ρόλος μιας χημικής ένωσης σε ένα πείραμα, ο ρόλος ενός φαρμάκου στη θεραπεία μιας ασθένειας, ο ρόλος ενός δέντρου στη διατήρηση της σταθερότητας σε ένα οικοσύστημα, κ.λπ.).
- **Disposition.** Μια realizable entity που προκαλεί ουσιαστικά μια συγκεκριμένη διαδικασία ή έναν μετασχηματισμό στο αντικείμενο στο οποίο εμφανίζεται, κάτω από συγκεκριμένες περιστάσεις και από κοινού με τους νόμους της φύσης. Ένας γενικός τύπος για τις dispositions είναι: X (object) has the disposition D to (transform, initiate a process) R under conditions C (παραδείγματα: η διάθεση των λαχανικών να αποσυντεθούν όταν δεν καταψύχονται, η διάθεση του βάζου να σπάσει όταν πέσει, η διάθεση του αίματος να πήξει, η διάθεση ενός ασθενή με ένα αποδυναμωμένο ανοσοποιητικό σύστημα να ασθενήσει, η διάθεση του μετάλλου για να είναι καλός αγωγός της ηλεκτρικής ενέργειας).

### 3.2.2. Η κατηγορία SPAN Occurent

Σε αντιδιαστολή με τη SNAP, η SPAN προοπτική της BFO αντιπροσωπεύει occurrents: οντότητες που συμβαίνουν, εξελίσσονται, ή αναπτύσσονται στη διάρκεια του χρόνου. Παραδείγματα τέτοιων οντοτήτων περιλαμβάνουν τη διαδικασία της αναπνοής, το τρέξιμο πέντε μιλίων σε ένα δάσος, μια ολόκληρη ανθρώπινη ζωή κατά τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα, την ανάπτυξη ενός εμβρύου, τη λειτουργία της καρδιάς. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των

occurents, ή των processual entities, είναι ότι εκτείνονται και στο χώρο (καταλαμβάνουν μια καθορισμένη χωρική θέση κάθε χρονική στιγμή της ύπαρξής τους), και στο χρόνο.



Εικόνα 2: Η κατηγορία SPAN Occurrent

Στο Επίπεδο 1 βρίσκεται η κατηγορία:

- **SPAN Occurrent.** Μια οντότητα που έχει χρονικά μέρη και που συμβαίνει, εξελίσσεται ή αναπτύσσεται στη διάρκεια του χρόνου. Μερικές φορές αποκαλούνται perdurant οντότητες (παραδείγματα: η ζωή ενός οργανισμού, το πιο ενδιαφέρον μέρος της ζωής του Van Gogh, η χωροχρονική περιοχή που καταλαμβάνεται από την ανάπτυξη ενός όγκου καρκίνου).

Στο Επίπεδο 2 βρίσκονται οι υποκατηγορίες της SPAN Occurrent:

- **Spatiotemporal region.** Μια occurrent οντότητα στην οποία ή εντός της οποίας βρίσκονται οι processual οντότητες (παραδείγματα: η περιοχή του χωροχρόνου που καταλαμβάνεται από μια ανθρώπινη ζωή, η περιοχή του χωροχρόνου που καταλαμβάνεται από την ανάπτυξη ενός όγκου καρκίνου).

Η οντολογία της SPAN διαδικασίας λαμβάνει υπόψη το σύνολο του διαστήματος και του χρόνου, παρελθόντος, παρόντος και μέλλοντος, όπως υπάρχει στο σύνολό του κάθε στιγμή. Οι διαδικασίες, λοιπόν, έχουν αρχή, διάρκεια, και τέλος σε ένα συγκεκριμένο διάστημα χρόνου. Όπως με τις substantial οντότητες, έτσι και με τις processual οντότητες, κάθε διαδικασία καταλαμβάνει μια περιοχή του χωροχρόνου κάθε στιγμή και

είναι δυνατό να υπάρξουν κενές περιοχές χωροχρόνου. Οι spatiotemporal regions είναι διαφορετικές από τις temporal regions.

- **Processual entity.** Μια occurrent οντότητα που υπάρχει στο χρόνο όταν εμφανίζεται ή συμβαίνει, έχει χρονικά μέρη, και εξαρτάται πάντα από μία SNAP οντότητα ή οντότητες (παραδείγματα: η ζωή ενός οργανισμού, η πορεία μιας ασθένειας, η πτήση ενός πουλιού, η διαδικασία της διαίρεσης των κυττάρων). Το κύριο χαρακτηριστικό των processual entities είναι ότι έχουν χρονικά καθώς επίσης και χωρικά μέρη.
- **Temporal region.** Μια occurrent οντότητα που είναι μέρος του χρόνου (παραδείγματα: ο χρόνος που χρειάζεται για να τρέξεις ένα μαραθώνιο, η διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης, η στιγμή του θανάτου).

Ο χρόνος της temporal region είναι ο χρόνος που είναι κοινός και στις SNAP και στις SPAN προοπτικές υπό την έννοια ότι οι χρονικοί δείκτες που συνδέονται με κάθε SNAP άποψη θα είναι temporal regions, και θα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στο να δείξουν ή να εντοπίσουν τα μέρη της διαδικασίας σε έναν συγκεκριμένο χρόνο. Ο χρόνος της temporal region είναι διαφορετικός από τον χρόνο της space time region μιας και δεν περιλαμβάνει χωρικά στοιχεία.

Στο Επίπεδο 3 βρίσκονται οι υποκατηγορίες της Processual Entity, της Temporal Region και της Space Time Region:

- **Processual context (setting).** Μια occurrent οντότητα που αποτελείται από ένα χαρακτηριστικό χωρικό σχήμα που ρυθμίζει κάποιες άλλες occurrent οντότητες. Τα processual contexts είναι χαρακτηριστικές οντότητες στις οποίες άλλες occurrent οντότητες μπορούν να βρεθούν ή να εμφανιστούν (παραδείγματα: μια χειρουργική επέμβαση ως διαδικασία για την αντιμετώπιση μίας νοσοκομειακής μόλυνσης, μια κλινική δοκιμή ως διαδικασία για την ανακάλυψη μιας νέας θεραπείας).
- **Process Aggregate.** Μια processual οντότητα που είναι το μερικό άθροισμα των διαδικασιών και έχει ασύνδετα όρια (παραδείγματα: ο χτύπος της καρδιάς κάθε ενός από τα επτά άτομα σε ένα δωμάτιο, η εκτέλεση κάθε ενός από τα μέλη μιας ορχήστρας, η διαδικασία της πέψης και η διαδικασία της σκέψης στο σύνολό τους).
- **Process.** Μια processual οντότητα που είναι ένα χωροχρονικό σύνολο ισχυρά συνδεδεμένο και έχει σταθερές αρχές και καταλήξεις που αντιστοιχούν στις

πραγματικές ασυνέχειες (παραδείγματα: η ζωή ενός οργανισμού, η διαδικασία του ύπνου, η διαδικασία του διαχωρισμού των κυττάρων, η λειτουργία της καρδιάς).

- **Fiat part of process.** Μια processual οντότητα που είναι μέρος μιας διαδικασίας, αλλά δεν έχει τις σταθερές αρχές και τις καταλήξεις που αντιστοιχούν στις πραγματικές ασυνέχειες (παραδείγματα: το μάσημα κατά τη διάρκεια ενός γεύματος, το μέσο μέρος μιας καταιγίδας, το χειρότερο μέρος ενός καρδιακού επεισοδίου, το πιο ενδιαφέρον μέρος της ζωής του Van Gogh).
- **Temporal boundary of process (event).** Μια processual οντότητα που είναι το στιγμιαίο χρονικό όριο μιας διαδικασίας (παραδείγματα: η διαμόρφωση μιας σύναψης, η αποσύνδεση ενός δάχτυλου σε ένα βιομηχανικό ατύχημα, η γέννηση, η τομή στην αρχή μιας χειρουργικής επέμβασης).
- **Scattered temporal region.** Μια temporal region κάθε σημείο της οποίας δεν είναι έμμεσα ή άμεσα συνδεδεμένο με κάθε άλλο σημείο της (παραδείγματα: ο χρόνος που καταλαμβάνεται από τα μεμονωμένα παιχνίδια μιας σειράς, ο χρόνος που καταλαμβάνεται από τους μεμονωμένους συνδέσμους σε μια ρομαντική υπόθεση).
- **Connected temporal region.** Μια temporal region κάθε σημείο της οποίας έμμεσα ή άμεσα συνδέεται με κάθε άλλο σημείο της (παραδείγματα: ο χρόνος από την αρχή έως το τέλος ενός καρδιακού επεισοδίου).
- **Scattered space time region.** Μια space time region που έχει χωρικές και χρονικές διαστάσεις, και κάθε χωρικό και χρονικό σημείο της οποίας δεν συνδέεται με κάθε άλλο χωρικό και χρονικό σημείο της (παραδείγμα: ο χώρος και ο χρόνος που καταλαμβάνεται από τα μεμονωμένα παιχνίδια μιας σειράς, ο χώρος και ο χρόνος που καταλαμβάνονται από τους μεμονωμένους συνδέσμους σε μια ρομαντική υπόθεση).
- **Connected space time region.** Μια space time region που έχει χρονικές και χωρικές διαστάσεις, έτσι ώστε όλα τα σημεία μέσα στην space time region έμμεσα ή άμεσα να συνδέονται με όλα τα άλλα σημεία μέσα στην ίδια space time region (παραδείγμα: η χωρική και χρονική θέση της ζωής ενός μεμονωμένου οργανισμού, η χωρική και χρονική θέση της ανάπτυξης ενός εμβρύου).

Στο Επίπεδο 4 βρίσκονται οι υποκατηγορίες της Connected temporal region και της Connected space time region:



- **Temporal interval.** Μια connected temporal region η οποία διαρκεί για περισσότερο από μία στιγμή του χρόνου (παραδείγματα: οποιαδήποτε συνεχής χρονική διάρκεια κατά την οποία εμφανίζεται μια διαδικασία).
- **Temporal instant.** Μια connected temporal region η οποία περιλαμβάνει μία στιγμή του χρόνου (παραδείγματα: αυτή τη στιγμή, η στιγμή κατά την οποία ένα δάχτυλο αποσυνδέεται σε ένα βιομηχανικό ατύχημα, η στιγμή κατά την οποία ένα παιδί γεννιέται, η στιγμή του θανάτου).
- **Spatiotemporal interval.** Μια connected space time region που υπάρχει για περισσότερο από μία στιγμή του χρόνου (παραδείγματα: η χωροχρονική περιοχή που καταλαμβάνεται από μια διαδικασία, ή από ένα μέρος μιας διαδικασίας).
- **Spatiotemporal instant.** Μια connected space time region σε μια συγκεκριμένη στιγμή (παραδείγματα: η χωροχρονική περιοχή που καταλήφθηκε από ένα στιγμιαίο χρονικό μέρος μιας διαδικασίας).

Συνοψίζοντας, οι SNAP οντολογίες αντιπροσωπεύουν ένα τμήμα του χώρου και των continuant occupants του, συμπεριλαμβανομένων των μερών και των εξαρτώμενων ιδιοτήτων αυτών των αντικειμένων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Μια SNAP οντολογία είναι έτσι ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα των φαινομένων σε μία δεδομένη χρονική στιγμή (κάθε SNAP οντολογία περιλαμβάνει έτσι ένα χρονικό δείκτη ή μια αναφορά σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή).

Οι SPAN οντολογίες, αντιθέτως, αντιπροσωπεύουν ολόκληρο ή ένα τμήμα του χωροχρόνου και των διαδικασιών που τον καταλαμβάνουν. Ενώ ο χρόνος είναι ένα εξωτερικό στοιχείο για τις SNAP οντολογίες, λειτουργώντας ως δείκτης για τον εντοπισμό της ίδιας της οντολογίας σχετικά με άλλες στιγμές, ο χρόνος είναι εσωτερικό στοιχείο και αντιπροσωπεύεται από τις SPAN οντολογίες, όπου λειτουργεί ως διάσταση κατά μήκος της οποίας εκτείνονται και καθορίζονται τα διάφορα αντικείμενα.

#### 3.3. Οι Σχέσεις της BFO

Ο ορισμός των καθολικών και των οντολογικών κατηγοριών δεν είναι από μόνος του αρκετός για να συλλάβει επαρκώς όλες τις σημαντικές επιστημονικές πληροφορίες για μια δεδομένη περιοχή. Οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των καθολικών και των οντολογικών κατηγοριών

πρέπει επίσης να οριστούν. Υπάρχουν δύο διαστάσεις κατά μήκος των οποίων οι σχέσεις της BFO μπορούν να οριστούν.

Καταρχάς, η προοπτική φύση της οντολογίας BFO οδηγεί στον ορισμό τριών ευδιάκριτων ειδών σχέσεων: τις εσω-οντολογικές σχέσεις, τις δια-οντολογικές σχέσεις και τις μετα-οντολογικές σχέσεις.

Στα πλαίσια της BFO μια εσω-οντολογική σχέση είναι μια σχέση μεταξύ των οντοτήτων που παρουσιάζονται μέσα σε μια ενιαία SNAP ή SPAN οντολογική προοπτική. Παραδείγματος χάριν, η σχέση *part\_of* που λαμβάνει χώρα μεταξύ ενός χεριού (ουσιαστική οντότητα) και του σώματος του οποίου είναι ένα μέρος (ουσιαστική οντότητα) μέσα στη SNAP οντολογία.

Οι δια-οντολογικές σχέσεις είναι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων που αντιπροσωπεύονται από διαφορετικές οντολογίες. Η πιο σαφής τέτοια σχέση που αναγνωρίζεται από τη BFO είναι η σχέση *participates\_in* που λαμβάνει χώρα μεταξύ μιας ουσίας από κάποια SNAP οντολογία και μιας διαδικασίας σε κάποια SPAN οντολογία. Η ιδέα πίσω από αυτήν τη σχέση (και άλλες παρόμοιες με αυτή) είναι ότι οι διαδικασίες δεν υπάρχουν χωρίς ουσίες να συμμετέχουν σε αυτές (φανταστείτε τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος του John (διαδικασία) χωρίς την ύπαρξη του John (ουσία)) και να εξαρτώνται από αυτές.

Τέλος, οι μετα-οντολογικές σχέσεις είναι σχέσεις μεταξύ δύο ευδιάκριτων οντολογικών προοπτικών, ή μεταξύ ενός αντικειμένου μιας οντολογικής προοπτικής και την ίδια την οντολογική προοπτική. Ένα παράδειγμα της πρώτης μετα-οντολογικής σχέσης θα ήταν η σχέση *earlier\_than* που λαμβάνει χώρα μεταξύ δύο SNAP οντολογιών, η μια εκ των οποίων αντιπροσωπεύει τις οντότητες σε μια προηγούμενη χρονική στιγμή από την άλλη. Ένα παράδειγμα του δεύτερου είδους μετα-οντολογικής σχέσης θα ήταν η σχέση *has\_constituent* μεταξύ είτε μιας οντολογίας SNAP είτε μιας οντολογίας SPAN και των πραγματικών αντικειμένων που αντιπροσωπεύουν.

#### 3.3.1. Μερικές συμβάσεις

Η παρουσίαση των σχέσεων ακολουθεί τις εξής συμβάσεις. Οι κεφαλαίες μεταβλητές C, C<sup>1</sup>...C<sup>n</sup> χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν SNAP continuant κατηγορίες ή universals, ενώ οι πεζές μεταβλητές c, c<sup>1</sup>...c<sup>n</sup> χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν particular SNAP continuants. Ομοίως, οι κεφαλαίες μεταβλητές P, P<sup>1</sup>...P<sup>n</sup> χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν SPAN occurrent κατηγορίες και universals, ενώ οι πεζές

μεταβλητές  $p, p^1 \dots p^n$  χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν particular SPAN occurents.

Υιοθετείται επίσης η ακόλουθη σύμβαση για την παρουσίαση των σχέσεων. Μια σχέση μεταξύ δύο κατηγοριών ή universals παρουσιάζεται με *πλάγιους χαρακτήρες*, όπως το  $C^1$  *is\_a*  $C^2$ . Μια σχέση μεταξύ ενός παραδείγματος και μιας κατηγορίας παρουσιάζεται με **έντονους χαρακτήρες**, όπως το  $c^1$  **instance\_of**  $C^1$ . Μια σχέση μεταξύ δύο particulars παρουσιάζεται επίσης με **έντονους χαρακτήρες**, όπως το  $c^1$  **part\_of**  $c^2$ . Προκύπτουν λοιπόν οι ακόλουθες συμβάσεις για τα τρία είδη σχέσεων που έχουν συζητηθεί:

- $\langle \text{class/universal, class/universal} \rangle P$  *is\_a*  $P^1$
- $\langle \text{instance, class/universal} \rangle c^1$  **instance\_of**  $C^1$
- $\langle \text{instance, instance} \rangle c^1$  **part\_of**  $c^2$

### 3.3.2. Οι βασικές σχέσεις και οι ορισμοί τους

- $c$  instance\_of  $C$  at  $t$

Αυτή είναι μία βασική σχέση που λαμβάνει χώρα μεταξύ ενός continuant παραδείγματος και μιας κατηγορίας που αντιπροσωπεύει σε έναν συγκεκριμένο χρόνο.

- $p$  instance\_of  $P$

Αυτή είναι μία βασική σχέση που λαμβάνει χώρα μεταξύ ενός παραδείγματος μιας διαδικασίας και μιας κατηγορίας που αποτελεί παράδειγμά της, ανεξάρτητα από το χρόνο.

- $c$  part\_of  $c^1$  at  $t$

Αυτή είναι μία βασική σχέση που λαμβάνει χώρα μεταξύ δύο continuant παραδειγμάτων στη χρονική στιγμή κατά την οποία το ένα αποτελεί μέρος του άλλου.

- $p$  part\_of  $p^1$

Αυτή είναι μία βασική σχέση η οποία υπάρχει ανεξάρτητα από το χρόνο μεταξύ των παραδειγμάτων μιας διαδικασίας (το ένα υποδιαδικασία του άλλου).

- $r \text{ part\_of } r^1$

Αυτή είναι μία βασική σχέση η οποία υπάρχει ανεξάρτητα από το χρόνο μεταξύ των spatial regions (μια υποπεριοχή της άλλης).

- $c^1 \text{ inheres in } c^2 \text{ at } t$

Αυτή είναι μία βασική σχέση η οποία λαμβάνει χώρα μεταξύ ενός dependent continuant και ενός independent continuant σε ένα συγκεκριμένο χρόνο.

- $c \text{ located\_in } r \text{ at } t$

Αυτή είναι μία βασική σχέση μεταξύ ενός continuant παραδείγματος, μιας spatial region που καταλαμβάνει, και του χρόνου.

- $p \text{ has\_participant } c \text{ at } t$

Αυτή είναι μία βασική σχέση μεταξύ μιας διαδικασίας, ενός continuant, και του χρόνου.

#### 3.3.3. Ορισμένες καθορισμένες σχέσεις

- $C \text{ is\_a } C^1$

Η σχέση *is\_a* γίνεται κατανοητή ως μία σχέση μεταξύ των κατηγοριών ή των universals, είναι η βασική σχέση που χρησιμοποιείται στις οντολογίες με σκοπό την παρουσίαση της ιεραρχικής ή της ταξονομικής δομής τους, μεταξύ των universals μεγαλύτερης και μικρότερης γενίκευσης.

Η continuant class  $C$  *is\_a* continuant class  $C^1$  όταν οποιοδήποτε particular continuant  $c$  που είναι ένα **instance\_of**  $C$  σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή  $t$ , είναι επίσης και **instance\_of**  $C^1$  τη δεδομένη χρονική στιγμή  $t$ .

- $P \text{ is\_a } P^1$

Μία process class  $P$  *is\_a* process class  $P^1$  όταν κάθε particular process  $p$  που είναι ένα **instance\_of**  $P$  είναι επίσης και ένα **instance\_of**  $P^1$ , ανεξαρτήτως του χρόνου.

- $C$  *part\_of*  $C^1$

Μια κατηγορία  $C$  *part\_of* μιας κατηγορίας  $C^1$  όταν για κάθε παράδειγμα  $c$  της κατηγορίας  $C$  κάποια χρονική στιγμή  $t$ , υπάρχει κάποιο παράδειγμα  $c^1$  της κατηγορίας  $C^1$  τέτοιο ώστε να ισχύει ότι  $c$  **part\_of**  $c^1$  **at**  $t$ .

- $P$  *part\_of*  $P^1$

Μία process class  $P$  είναι *part\_of* process class  $P^1$  όταν κάθε ξεχωριστή διαδικασία  $p$  **instance\_of**  $P$  είναι **part\_of** μιας ξεχωριστής διαδικασίας  $p^1$  **instance\_of**  $P^1$ .

- $C$  *inheres\_in*  $C^1$

Η κατηγορία  $C$  *inheres\_in* στην κατηγορία  $C^1$  όταν για κάθε particular continuant  $c$  **instance\_of**  $C$ , σε όλες τις χρονικές στιγμές  $t$  κατά τις οποίες υπάρχει το  $c$ , υπάρχει και κάποιο particular continuant  $c^1$  **instance\_of**  $C^1$  έτσι ώστε να ισχύει ότι το  $c$  **inheres\_in**  $c^1$  **at**  $t$ , και σε δύο οποιεσδήποτε χρονικές στιγμές κατά τις οποίες ισχύει το ίδιο παράδειγμα  $c$  of  $C$ , αυτό το παράδειγμα *inheres\_in* στο ίδιο παράδειγμα  $c^1$  of  $C^1$  αυτές τις χρονικές στιγμές. Η ερμηνεία της σχέσης *inheres\_in* είναι ότι αφορά μια σχέση εξάρτησης που λαμβάνει χώρα συγκεκριμένα μεταξύ των εξαρτημένων και ανεξάρτητων αντικειμένων. Αυτή η σχέση λαμβάνει χώρα μεταξύ των dependent universals και SNAP independent universals συγκεκριμένα.

- $c$  *located\_in*  $c^1$  **at**  $t$

Ένα συγκεκριμένο continuant  $c$  **is located\_in** ένα άλλο συγκεκριμένο continuant  $c^1$  **at** μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή  $t$  όταν υπάρχουν δύο χωρικές περιοχές  $r$  και  $r^1$  έτσι ώστε το συγκεκριμένο continuant  $c$  **is located\_in**  $r$  **at**  $t$  και το particular continuant  $c^1$  **is located\_in**  $r^1$  **at**  $t$  και η περιοχή  $r$  **is part\_of** της περιοχής  $r^1$  **at**  $t$ .

- $C$  *located\_in*  $C^1$

Μια *continuant* κατηγορία *C* is *located\_in* a *continuant* κατηγορία *C*<sup>1</sup> όταν για όλα τα *particular* *continuants* *c* **instance\_of** *C* σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή *t*, υπάρχει κάποιο *particular* *continuant* *c*<sup>1</sup> **instance\_of** *C*<sup>1</sup> at *t* τέτοιο ώστε το *c* **located\_in** *c*<sup>1</sup> **at** *t*.

- P has\_participant C

Μια *process* class *P* *has\_participant* μια *continuant* class *C* όταν για κάθε *particular* *process* *p* **instance\_of** *P* υπάρχει κάποιο *continuant* *c* **instance\_of** *C* και κάποια χρονική στιγμή *t* κατά την οποία υπάρχει το *c* έτσι ώστε η *process* *particular* *p* **has participant** the *continuant* *c* **at** *t*.

- “Inverse” relation

Η “inverse” έκφραση μιας σχέσης *R* ορίζεται ως εκείνη η σχέση που λαμβάνει χώρα μεταξύ κάθε συσχετισμένου ζευγαριού της *R* με την αντίστροφη σειρά. Δηλαδή, όταν το *C* is\_a *C*<sup>1</sup>, θα είναι η σχέση μεταξύ του *C*<sup>1</sup> και του *C* από την αντίστροφη κατεύθυνση. Στην περίπτωση των αντίστροφων σχέσεων αυτή η νέα σχέση μπορεί συνήθως να καθοριστεί απευθείας από τον ορισμό της αρχικής σχέσης. Κατά συνέπεια, η αντίστροφη σχέση της is\_a μπορεί να καθοριστεί η σχέση has\_subclass, αφού όταν *C*<sup>1</sup> has\_subclass *C*, τότε *C* is\_a *C*<sup>1</sup>.

- “Reciprocal” relation

Η “reciprocal” σχέση μπορεί να χαρακτηριστεί ως “η σχέση η οποία οδηγεί στην αντίθετη κατεύθυνση σχετικά με μια δεδομένη σχέση όπως η part\_of όταν δεν μπορεί να καθοριστεί μία απλή αντίστροφη σχέση”. Η σχέση has\_part δεν είναι η αντίστροφη αλλά η reciprocal σχέση της part\_of, και καθορίζεται με τον ακόλουθο τρόπο *C* has\_part *C*<sup>1</sup> όταν για κάθε παράδειγμα της *c* που υπάρχει σε μια χρονική στιγμή *t* υπάρχει κάποιο παράδειγμα *c*<sup>1</sup> της *C*<sup>1</sup> το οποίο επίσης υπάρχει τη χρονική στιγμή *t* έτσι ώστε η *c*<sup>1</sup> **part\_of** *c* **at** *t*.

Οι σχέσεις σε μια οντολογία βοηθούν έτσι ώστε να ορίσουν, στο γενικότερο επίπεδο, τον τρόπο με τον οποίο τα διαφορετικά είδη οντοτήτων που αναγνωρίζονται από την οντολογία συσχετίζονται μεταξύ τους και διατηρούν τη συνοχή τους.

## 4. ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (O&M)

### 4.1. Γενικά

Οι γεωγραφικές πληροφορίες βασίζονται στις παρατηρήσεις ή τις μετρήσεις. Το Open Geospatial Consortium (O.G.C.) έχει αναπτύξει τις προδιαγραφές του προτύπου για τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις (O&M). Ο σκοπός αυτών των προδιαγραφών είναι να παρασχεθεί “το εννοιολογικό πρότυπο και η κωδικοποίηση για τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις”.

Πρέπει δηλαδή δύο εντελώς διαφορετικά πράγματα να διευκρινιστούν. Κατ' αρχάς, το εννοιολογικό πρότυπο διευκρινίζει τις σχετικές έννοιες με την περιοχή ενδιαφέροντος. Δεύτερον, το πρότυπο κωδικοποίησης των πληροφοριών διευκρινίζει πώς δημιουργούνται τα στοιχεία πληροφοριών που αντιπροσωπεύουν τις έννοιες και τα παραδείγματα που διευκρινίζονται στο εννοιολογικό πρότυπο. Η προδιαγραφή O&M παρέχει το πρότυπο κωδικοποίησης γεωχωρικών πληροφοριών σε γλώσσα UML. Διευκρινίζει ακριβώς την εσωτερική δομή των αντικειμένων πληροφοριών. Όμως, η περιγραφή των γεωχωρικών οντοτήτων του πραγματικού κόσμου περιγράφεται μόνο στη φυσική γλώσσα και απεικονίζεται μόνο σιωπηρά στα διαγράμματα UML.

### 4.2. Βασικό Πρότυπο Παρατηρήσεων

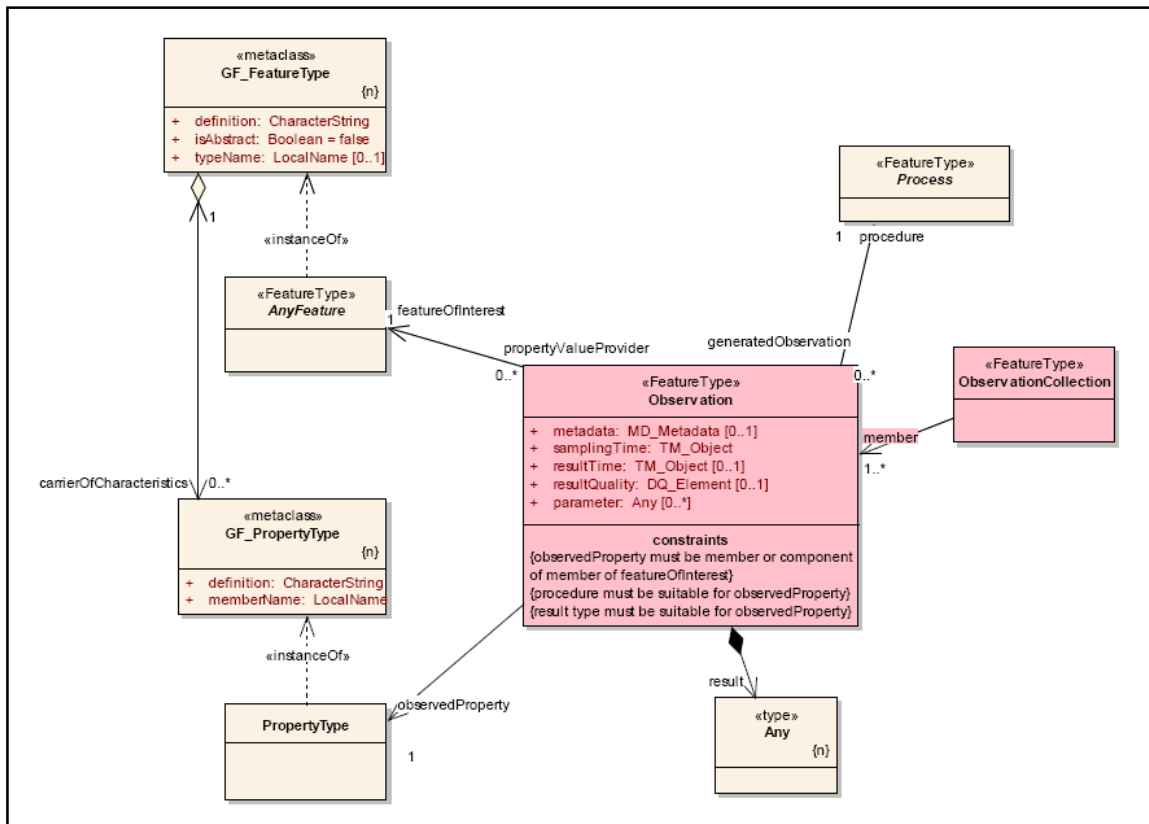
Στη συνέχεια περιγράφεται το πρότυπο για τις παρατηρήσεις και τα σχετικά μέρη τους. Η ανάλυση παρουσιάζεται χρησιμοποιώντας τα στατικά διαγράμματα δομών UML. Κατά το πρότυπο O&M ισχύουν τα ακόλουθα:

- Μία παρατήρηση (observation) είναι μια πράξη που συνδέεται με μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή περίοδο μέσω της οποίας ένας αριθμός, ένας όρος ή κάποιο άλλο σύμβολο αποδίδονται σε ένα φαινόμενο (phenomenon).
- Το φαινόμενο (phenomenon) είναι μια ιδιότητα (property) του προσδιοριζόμενου αντικειμένου, το οποίο είναι το στοιχείο ενδιαφέροντος (feature of interest) της παρατήρησης (observation).
- Η παρατήρηση (observation) χρησιμοποιεί μια διαδικασία (procedure), η οποία είναι συχνά ένα όργανο ή ένας αισθητήρας αλλά μπορεί να είναι και μια αλυσίδα

διαδικασιών, ένας ανθρώπινος παρατηρητής, ένας αλγόριθμος, ένας υπολογισμός ή ένας προσομοιωτής.

- Η βασική ιδέα είναι ότι το αποτέλεσμα (result) της παρατήρησης αποτελεί μια εκτίμηση της τιμής κάποιας ιδιότητας του στοιχείου ενδιαφέροντος, και οι άλλες ιδιότητες της παρατήρησης παρέχουν το πλαίσιο ή τα μεταδεδομένα (metadata) για να υποστηρίξουν την αξιολόγηση, την ερμηνεία και τη χρήση του αποτελέσματος.

Στη συμβατική θεωρία μετρήσεων χρησιμοποιείται ο όρος μέτρηση. Εντούτοις, εδώ χρησιμοποιείται ο όρος παρατήρηση για τη γενική έννοια. Η μέτρηση μπορεί να διατηρηθεί ως όρος για τις περιπτώσεις όπου το αποτέλεσμα είναι μια αριθμητική μεταβλητή.



Εικόνα 3: Το βασικό πρότυπο των παρατηρήσεων

Οι βασικές ιδιότητες μιας παρατήρησης είναι οι:



- Το στοιχείο ενδιαφέροντος (**featureOfInterest**) είναι ένα στοιχείο (*feature*) οποιουδήποτε τύπου (ISO 19109, ISO 19101), το οποίο αντιπροσωπεύει το στόχο της παρατήρησης, που είναι το πραγματικό αντικείμενο για το οποίο γίνεται η παρατήρηση.

*[The **featureOfInterest** is a feature of any type (ISO 19109, ISO 19101), which is a representation of the observation target, being the real-world object regarding which the observation is made.]*

- Η παρατηρηθείσα ιδιότητα (**observedProperty**) προσδιορίζει ή περιγράφει το φαινόμενο για το οποίο το αποτέλεσμα της παρατήρησης παρέχει μια εκτίμηση της τιμής του. Πρέπει να είναι μια ιδιότητα σχετική με τον τύπο του στοιχείου ενδιαφέροντος.

*[The **observedProperty** identifies or describes the phenomenon for which the observation result provides an estimate of its value. It must be a property associated with the type of the feature of interest.]*

- Η διαδικασία (**procedure**) είναι η περιγραφή μιας διαδικασίας η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή του αποτελέσματος. Πρέπει να είναι κατάλληλη για την παρατηρηθείσα ιδιότητα.

*[The **procedure** is the description of a process used to generate the result. It must be suitable for the observed property.]*

- Το αποτέλεσμα (**result**) περιέχει την τιμή που προκύπτει από την διαδικασία. Ο τύπος του αποτελέσματος της παρατήρησης πρέπει να είναι σύμφωνος με την παρατηρηθείσα ιδιότητα, και η κλίμακα ή το πεδίο της τιμής πρέπει να είναι σύμφωνα με την ποσότητα ή τον τύπο της κατηγορίας αντίστοιχα.

*[The **result** contains the value generated by the procedure. The type of the observation result must be consistent with the observed property, and the scale or scope for the value must be consistent with the quantity or category type.]*

- Μια παρατήρηση μπορεί να περιλαμβάνει μία σύνθετη διαδικασία κατά τη διάρκεια μιας εκτεταμένης περιόδου. Για μια γενική παρατήρηση αυτό συνοψίζεται σε δύο σχετικές με το χρόνο ιδιότητες. Ο **samplingTime** είναι η χρονική στιγμή κατά την οποία το αποτέλεσμα ισχύει για το στοιχείο ενδιαφέροντος. Αυτός είναι ο χρόνος που απαιτείται συνήθως για τη γεωχωρική ανάλυση του αποτελέσματος. Ο **resultTime** είναι η χρονική

στιγμή κατά την οποία εφαρμόστηκε η διαδικασία που σχετίζεται με την πράξη της παρατήρησης. Για ορισμένες παρατηρήσεις αυτοί οι χρόνοι είναι ίδιοι, οπότε σε αυτή την περίπτωση ο *resultTime* μπορεί να παραλειφθεί. Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικές περιπτώσεις όπου οι χρόνοι αυτοί διαφέρουν.

*[An observation may involve a complex process over an extended period. For a generic observation this is summarized in two time-related properties. The **samplingTime** is the time that the result applies to the feature-of-interest. This is the time usually required for geospatial analysis of the result. The **resultTime** is the time when the procedure associated with the observation act was applied. For some observations these are identical, in which case the resultTime may be omitted. However, there are important cases where they differ.]*

Τα παραπάνω γίνονται κατανοητά με τα ακόλουθα παραδείγματα:

- Παράδειγμα 1: Όταν μια μέτρηση γίνεται σε ένα δείγμα σε ένα εργαστήριο, ο *samplingTime* πρέπει να καταγράψει το χρόνο ανάκτησης του δείγματος από το αντικείμενο, ενώ ο *resultTime* πρέπει να καταγράψει το χρόνο εφαρμογής της εργαστηριακής διαδικασίας.
- Παράδειγμα 2: Όταν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων των αισθητήρων υποβάλλονται σε επεξεργασία, ο *resultTime* είναι ο χρόνος μετά την επεξεργασία, ενώ ο *samplingTime* είναι ο χρόνος της αρχικής αλληλεπίδρασης με τον κόσμο.
- Παράδειγμα 3: Οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται συχνά για να υπολογίσουν τις τιμές για τα φαινόμενα στο μέλλον ή στο παρελθόν. Ο *samplingTime* είναι ο πραγματικός χρόνος απόδοσης του αποτελέσματος, ενώ ο *resultTime* είναι ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας προσομοίωσης.
- *Μια παράμετρος παρατήρησης (observation **parameter**) είναι μια γενική παράμετρος. Αυτή θα χρησιμοποιηθεί για να καταγράψει τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, ή τις δειγματοληπτικές παραμέτρους που δεν είναι στενά συνδεδεμένες είτε με το στοιχείο ενδιαφέροντος είτε με τη διαδικασία.*

*[An Observation **parameter** is a general event-specific parameter. This will typically be used to record environmental parameters, or event-specific sampling parameters that are not tightly bound to either the feature-of-interest or the procedure.]*

Σε μερικές εφαρμογές είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί μια γενική ή τυποποιημένη διαδικασία, ή στοιχείο ενδιαφέροντος, παρά να καθοριστούν μια συγκεκριμένη διαδικασία ή στοιχείο. Σε αυτό το πλαίσιο, οι συγκεκριμένες παράμετροι του γεγονότος συνδέονται με την πράξη της παρατήρησης.

Παράδειγμα: Μια χρονική ακολουθία παρατηρήσεων της ποιότητας του νερού σε ένα πηγάδι μπορεί να γίνει σε διαφορετικά βάθη μέσα στο πηγάδι. Ενώ ένα πρότυπο μπορεί να προσδιορίσει ένα δείγμα από το πηγάδι σε ένα συγκεκριμένο βάθος ως το στοιχείο ενδιαφέροντος, μια πιο κοινή προσέγγιση είναι να προσδιοριστεί το ίδιο το πηγάδι ως στοιχείο ενδιαφέροντος, και να προστεθεί μία παράμετρος “βάθος δειγματοληψίας” στην παρατήρηση. Το βάθος δειγματοληψίας είναι δευτεροβάθμιου ενδιαφέροντος σε σχέση με την ποικιλία της ποιότητας του νερού.

- Μια παρατήρηση μπορεί να έχει μεταδεδομένα (**metadata**), και μια ένδειξη του **resultQuality**.

## **5. ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

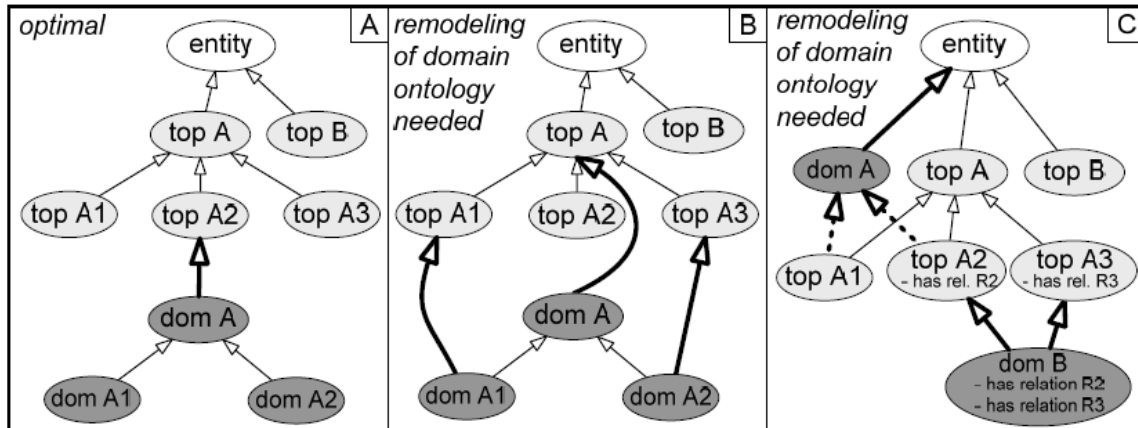
### **5.1. Γενικά**

Οι περιγραφές των όρων του προτύπου O&M μέσω κειμένου επιτρέπουν ένα ευρύ πεδίο ερμηνείας τους, ενώ τα αντικείμενα πληροφοριών είναι σαφώς ορισμένα στη γεωχωρική πραγματικότητα. Το τρέχον εννοιολογικό πρότυπο O&M δεν είναι κατάλληλο για τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα μεταξύ των πηγών πληροφοριών. Διευκρινίζει τη σύλληψη ενός αντικειμένου πληροφοριών που αντιπροσωπεύει μια παρατήρηση, εντούτοις, δεν καθιστά τυπικά αυστηρή τη σύλληψη μιας παρατήρησης όπως αυτή. Οι παρατηρήσεις είναι κεντρικές στη δημιουργία των γεωγραφικών πληροφοριών. Κατά συνέπεια, είναι επιθυμητό να συνταχθεί μία επίσημη και ρητή μεθοδολογία, για να εκφράσει την έννοια των όρων που αφορούν στα γεγονότα των παρατηρήσεων, ανεξαρτήτως από την κωδικοποίηση των πληροφοριών.

### **5.2. Διαδικασία Ένταξης Οντολογίας Πεδίου σε Γενική Οντολογία**

Η διαδικασία ένταξης σε μια γενική οντολογία μπορεί να ερμηνευθεί ως η αντιστοίχιση στην “άποψη” της γενικής οντολογίας σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι οντότητες είναι ταξινομημένες. Με άλλα λόγια, ο μηχανικός της οντολογίας πεδίου βασίζεται στη σύλληψη που κρύβεται πίσω από τη γενική οντολογία και την καθορίζει περαιτέρω.

Γενικά, οι υπάρχουσες οντολογίες πεδίου (π.χ. το πρότυπο O&M) δεν προοριζόταν να ενταχθούν σε ένα θεμελιώδες επίπεδο όταν αναπτύχθηκαν. Κατά συνέπεια, μια προσεκτική ανάλυση των εννοιών πεδίου απαιτείται προτού να μπορέσει να εφαρμοσθεί η ένταξή τους σε μία γενική οντολογία. Στην εικόνα 4, απεικονίζονται τρεις πιθανές καταστάσεις ένταξης και εξηγούνται παρακάτω.



Εικόνα 4: Ένταξη μιας οντολογίας πεδίου σε μια γενική οντολογία

Τρεις γενικές καταστάσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν όταν μια υπάρχουσα οντολογία πεδίου προορίζεται να ενταχθεί σε μια γενική οντολογία. Τα έντονα βέλη δείχνουν την kind\_οf σχέση μεταξύ μιας έννοιας πεδίου (dom) και της θεμελιώδους έννοιας (top). Η αναδιαμόρφωση των εννοιών πεδίου απαιτείται στις καταστάσεις B και C προκειμένου να επιτευχθεί μια συνεπής ένταξη (κατάσταση A).

- A. Οι γενικότερες έννοιες της οντολογίας πεδίου εντάσσονται στις πιο συγκεκριμένες έννοιες της γενικής οντολογίας. Αυτή είναι η βέλτιστη κατάσταση ένταξης, και πρέπει να είναι το τελικό αποτέλεσμα μιας διαδικασίας ένταξης. Είναι απίθανο ότι αυτή η κατάσταση προκύπτει χωρίς προηγούμενα βήματα αναδιαμόρφωσης.
- B. Οι ταξονομικές σχέσεις της οντολογίας πεδίου επικαλύπτονται με τις ταξονομικές σχέσεις της γενικής οντολογίας. Η ίδια η οντολογία πεδίου παρέχει έννοιες που είναι γενικότερες από τις πιο συγκεκριμένες έννοιες της γενικής οντολογίας. Οι έννοιες πεδίου πρέπει να αφαιρεθούν για να επιτευχθεί η κατάσταση A.
- C. Μία έννοια οντολογίας πεδίου μπορεί να ενεργήσει ως υπερ-έννοια αρκετών εννοιών της γενικής οντολογίας (π.χ. η domA στην εικόνα 4C). Δεδομένου ότι αυτή η γενίκευση δεν εξετάζεται στη γενική οντολογία φανερώνει γενίκευση στην οντολογία πεδίου. Μια ακόμη κατάσταση μπορεί να προκύψει εάν μια έννοια πεδίου ορίζεται ως υπο-έννοια δύο εννοιών γενικού επιπέδου. Αυτό υπονοεί ότι τα χαρακτηριστικά (οι σχέσεις με τις άλλες έννοιες) δύο ή περισσότερων γενικών εννοιών ικανοποιούνται από μια έννοια πεδίου. Και στις δύο περιπτώσεις είναι αδύνατη η ένταξη και έτσι απαιτείται αναδιαμόρφωση.

### 5.3. Εντάσσοντας τους Central O&M Όρους σε BFO

Οι κύριες έννοιες οι οποίες υιοθετούνται από το πρότυπο O&M για να διευκρινίσουν την κεντρική έννοια observation είναι οι έννοιες feature, feature of interest, phenomenon, event, procedure και instrument.

#### 5.3.1. Feature

Το στοιχείο είναι μία από τις κεντρικές έννοιες σε όλες τις προδιαγραφές του OGC. Ο ορισμός του από το τμήμα της ορολογίας προτύπων του OGC είναι ο εξής:

*Ένα στοιχείο (feature) είναι μια γενίκευση των φαινομένων του πραγματικού κόσμου [Feature is an abstraction of real world phenomena].*

Ένα στοιχείο μπορεί να είναι ένας τύπος ή ένα παράδειγμα. Ο τύπος στοιχείων ή το παράδειγμα στοιχείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνον αν δηλώνεται ένα από αυτά. *[A feature may occur as a type or an instance. Feature type or feature instance should be used when only one is meant].*

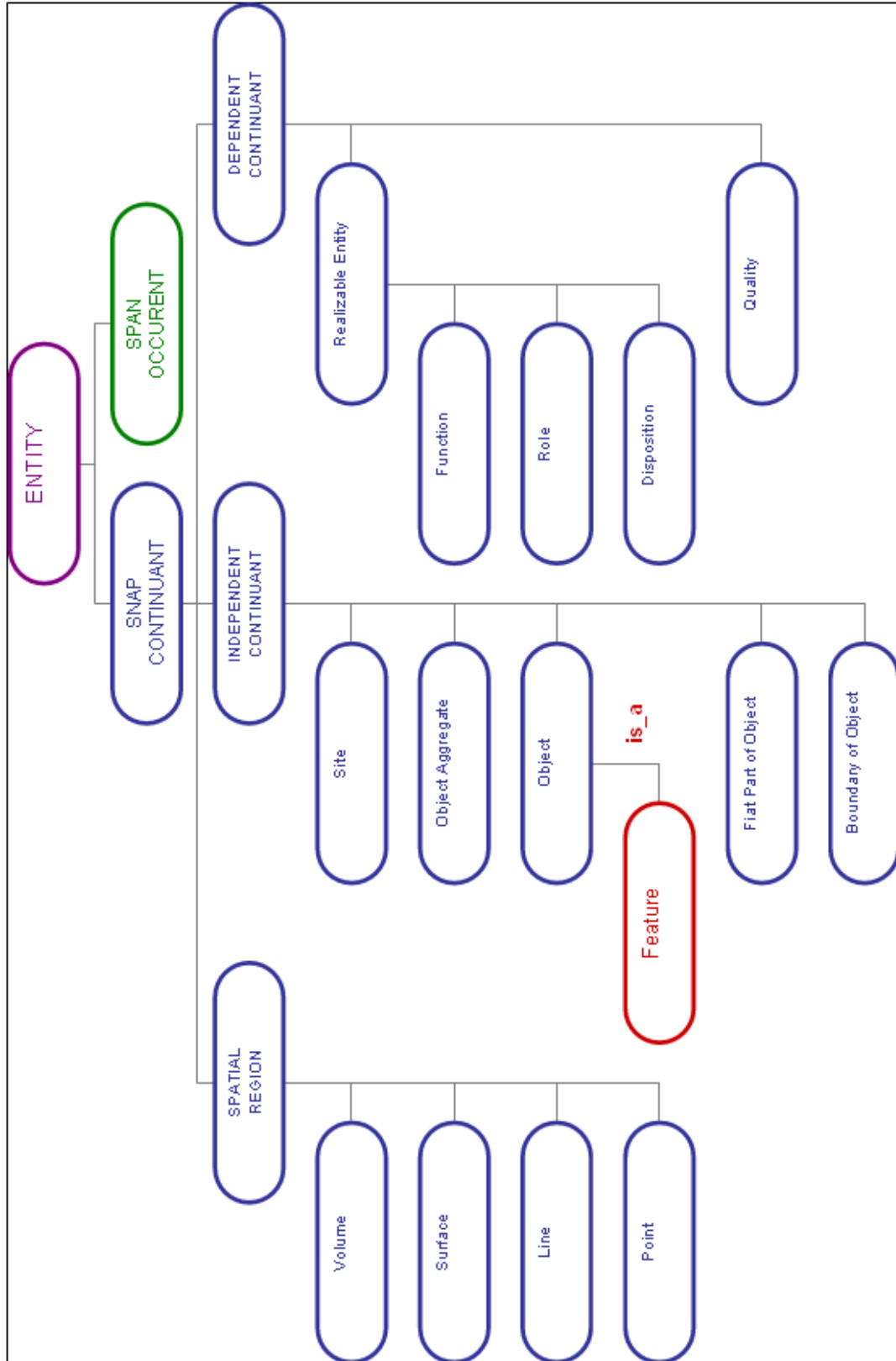
Ένα feature μπορεί να είναι οποιαδήποτε οντότητα που υπάρχει στη φυσική και κοινωνική πραγματικότητα, παραδείγματος χάριν η πόλη που ζείτε ή το αγαπημένο σας εθνικό πάρκο. Κατά συνέπεια, η διαδικασία αντιστοίχισης των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου σε κατηγορίες έχει ως αποτέλεσμα τον ορισμό feature types, παραδείγματος χάριν, ο feature type πόλη. Οι feature types είναι κατηγορίες στις οποίες ανήκουν τα μεμονωμένα features.

Το στοιχείο αποτελεί ένα αντικείμενο πληροφοριών για αυτό και στη γενική οντολογία BFO εντάσσεται στην κατηγορία Object (Substance) της οντολογίας SNAP Continuant, είναι δηλαδή μία οντότητα που υπάρχει στο χώρο και διατηρείται στο χρόνο.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ένταξη του όρου feature του προτύπου O&M στη γενική οντολογία BFO.

SNAP CONTINUANT > INDEPENDENT CONTINUANT > OBJECT > Feature

Feature is\_a OBJECT



Εικόνα 5: Η ένταξη του όρου Feature στην γενική οντολογία BFO

### 5.3.2. Feature of interest

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές O&M, “το feature of interest είναι το αντικείμενο σχετικά με το οποίο γίνεται η παρατήρηση, και του οποίου οι τιμές πρέπει να είναι μια περίπτωση του feature”. “Το φαινόμενο συνδέεται με ένα ευπροσδιόριστο αντικείμενο, το οποίο είναι το feature of interest της παρατήρησης. [...] Η βασική ιδέα είναι ότι το αποτέλεσμα της παρατήρησης είναι μία εκτίμηση της τιμής κάποιας ιδιότητας του feature of interest”. [*“The feature of interest is the object regarding which the observation is made, and whose value must be a feature instance”. “[A] phenomenon is associated with an identifiable object, which is the feature of interest of the observation. [...] The key idea is that the observation result is an estimate of the value of some property of the feature of interest”*].

Στο πρότυπο O&M, το feature of interest είναι ο στόχος μιας παρατήρησης. Προτείνεται η εμβάθυνση στην οντολογική διάκριση μεταξύ ενός feature of interest και της οντότητας για της οποίας τις ιδιότητες γίνονται οι παρατηρήσεις. Το παράδειγμα της παρατήρησης του βάθους μιας λίμνης επεξηγεί γιατί αυτή η οντολογική διάκριση είναι χρήσιμη. Σύμφωνα με τον ορισμό O&M, το παρατηρηθέν φαινόμενο (βάθος) συσχετίζεται με ένα ευπροσδιόριστο αντικείμενο (λίμνη). Το ευπροσδιόριστο αντικείμενο (λίμνη) αντιμετωπίζεται ως παράδειγμα της κατηγορίας feature of interest. Μία οντότητα πρέπει να έχει μία is\_a (ταξονομική) σχέση με μία μόνον κατηγορία, εάν αυτή η σχέση υπάρχει σε όλη την ύπαρξη της οντότητας. Είναι εύλογο ότι μια οντότητα μπορεί να σταματήσει να είναι το feature of interest και να υπάρχει ακόμα. Επομένως προτείνεται το feature of interest να μην τυποποιείται ως υποκατηγορία του feature.

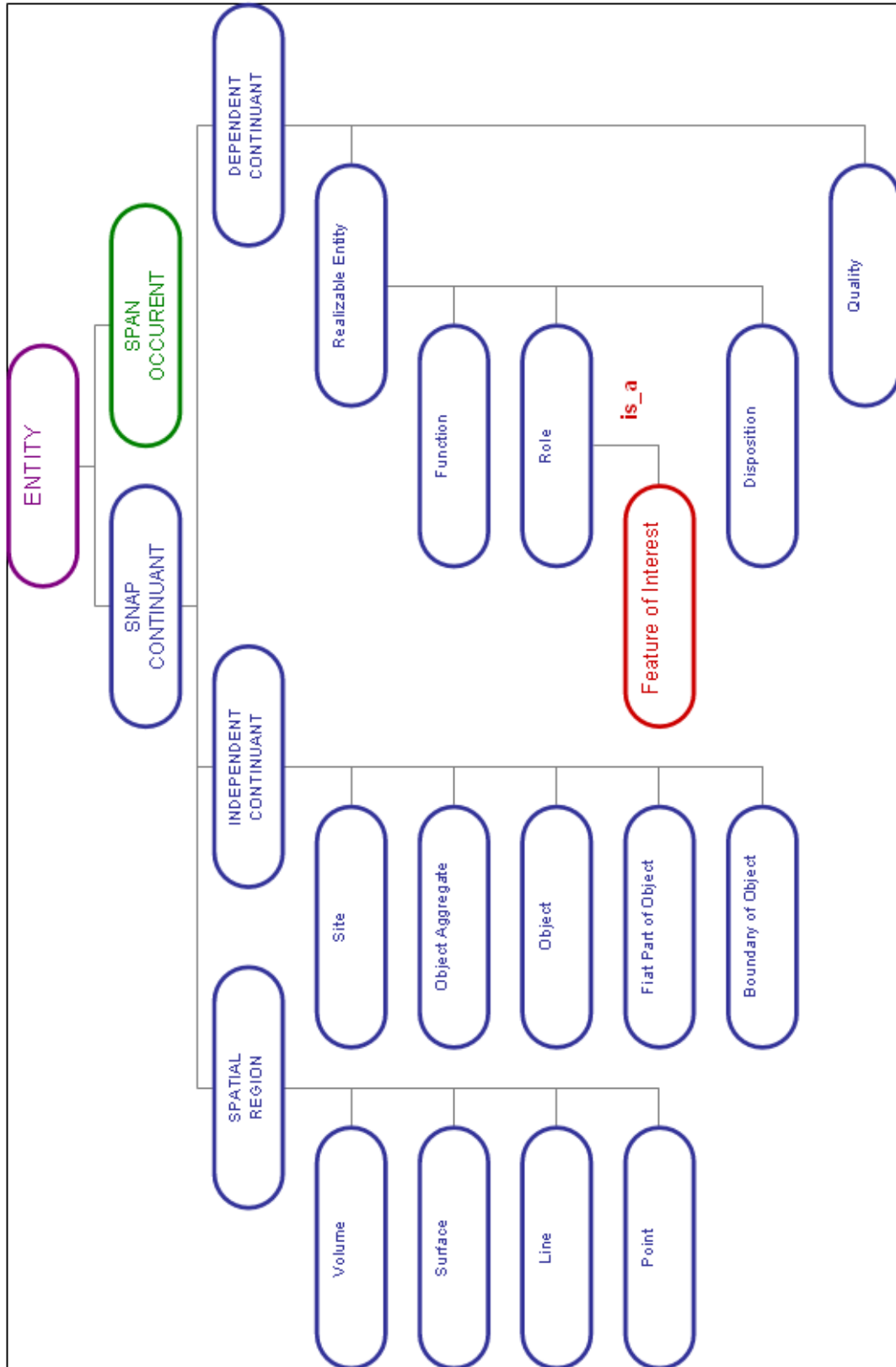
Συνεπώς, το feature of interest προτείνεται να ενταχθεί στην κατηγορία Realizable entity της γενικής οντολογίας BFO και πιο συγκεκριμένα ως υποκατηγορία του Role, κι αυτό γιατί το feature of interest είναι ένας ιδιαίτερος ρόλος του feature ο οποίος ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια μιας παρατήρησης.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ένταξη του όρου feature of interest του προτύπου O&M στη γενική οντολογία BFO.

SNAP CONTINUANT > DEPENDENT CONTINUANT > REALIZABLE ENTITY > ROLE >  
Feature of Interest

Feature of Interest is\_a Role





Εικόνα 6: Η ένταξη του όρου Feature of Interest στην γενική οντολογία BFO

### 5.3.3. Phenomenon

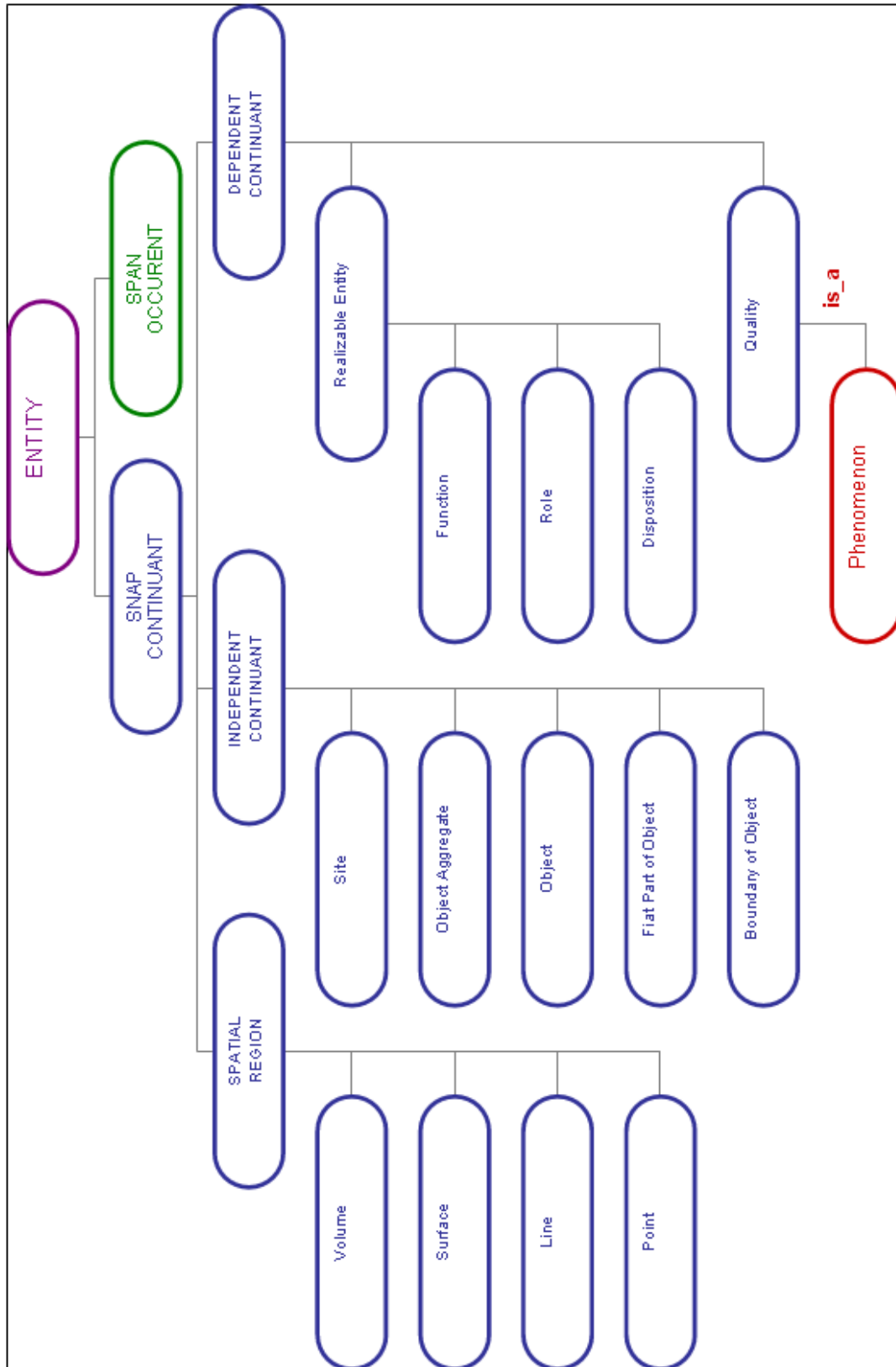
Σύμφωνα με τις προδιαγραφές O&M, “η παρατηρηθείσα ιδιότητα είναι συνήθως ένα phenomenon, η εκτίμηση της τιμής του οποίου είναι το αρχικό αποτέλεσμα της παρατήρησης”. “Η τιμή της παρατηρηθείσας ιδιότητας προσδιορίζει ή περιγράφει το phenomenon για το οποίο το αποτέλεσμα της παρατήρησης παρέχει μια εκτίμηση της τιμής του”. [*“The observed property is usually a phenomenon, the estimate of whose value is the primary result of the observation”*]. [*“[T]he value of the observed property identifies or describes the phenomenon for which the observation result provides an estimate of its value”*].]

Το πρότυπο O&M σκόπιμα μάλλον δίνει έναν ασαφή καθορισμό του τι είναι η παρατηρηθείσα ιδιότητα. Το phenomenon, ο δεύτερος σημαντικός όρος στον ορισμό επίσης δεν καθορίζεται ακριβώς. Στηριζόμαστε στη γενική OGC χρήση της έννοιας “φαινόμενο του πραγματικού κόσμου”, υποθέτοντας ότι οι O&M έννοιες phenomenon και observed property προορίζονται να περιγράψουν την ίδια κατηγορία. Αυτό θα υπονοούσε ότι οποιαδήποτε οντότητα μπορεί να είναι η παρατηρηθείσα ιδιότητα μιας άλλης οντότητας.

Συνεπώς, ο όρος phenomenon αποτελεί μία ιδιότητα της παρατήρησης γι αυτό και στη γενική οντολογία BFO εντάσσεται στην κατηγορία Quality της οντολογίας Dependent Continuant.

SNAP CONTINUANT > DEPENDENT CONTINUANT > QUALITY > Phenomenon

Phenomenon is\_a Quality



Εικόνα 7: Η ένταξη του όρου Phenomenon στην γενική οντολογία BFO

#### 5.3.4. Event

Σύμφωνα με τις O&M προδιαγραφές, ένα event “είναι ένας feature type που χαρακτηρίζεται από τον χρόνο η τιμή του οποίου είναι ένα χρονικό αντικείμενο (TM\_Object) και τη θέση η τιμή της οποίας είναι είτε ένα χωρικό αντικείμενο που περιγράφεται με τη χρήση συντεταγμένων (GM\_Object) είτε μια ονομαστική θέση (EX\_GeographicDescription). Διάφορα πρόσωπα ή οργανώσεις (CI\_ResponsibleParty) μπορούν να προσδιοριστούν ως αρμόδιοι για το event.” *[An event “is a feature type characterized by a time whose value is a temporal object (TM\_Object), a location whose value is either a spatial object described using coordinates (GM\_Object) or a named place (EX\_GeographicDescription). A number of persons or organizations (CI\_ResponsibleParty) may be identified as responsible for the Event.”]*

Ο ορισμός του event με χρήση κειμένου στο πρότυπο O&M δηλώνει ότι το event είναι ένα είδος feature type. Κατά συνέπεια, οποιοδήποτε μεμονωμένο event είναι ένα feature.

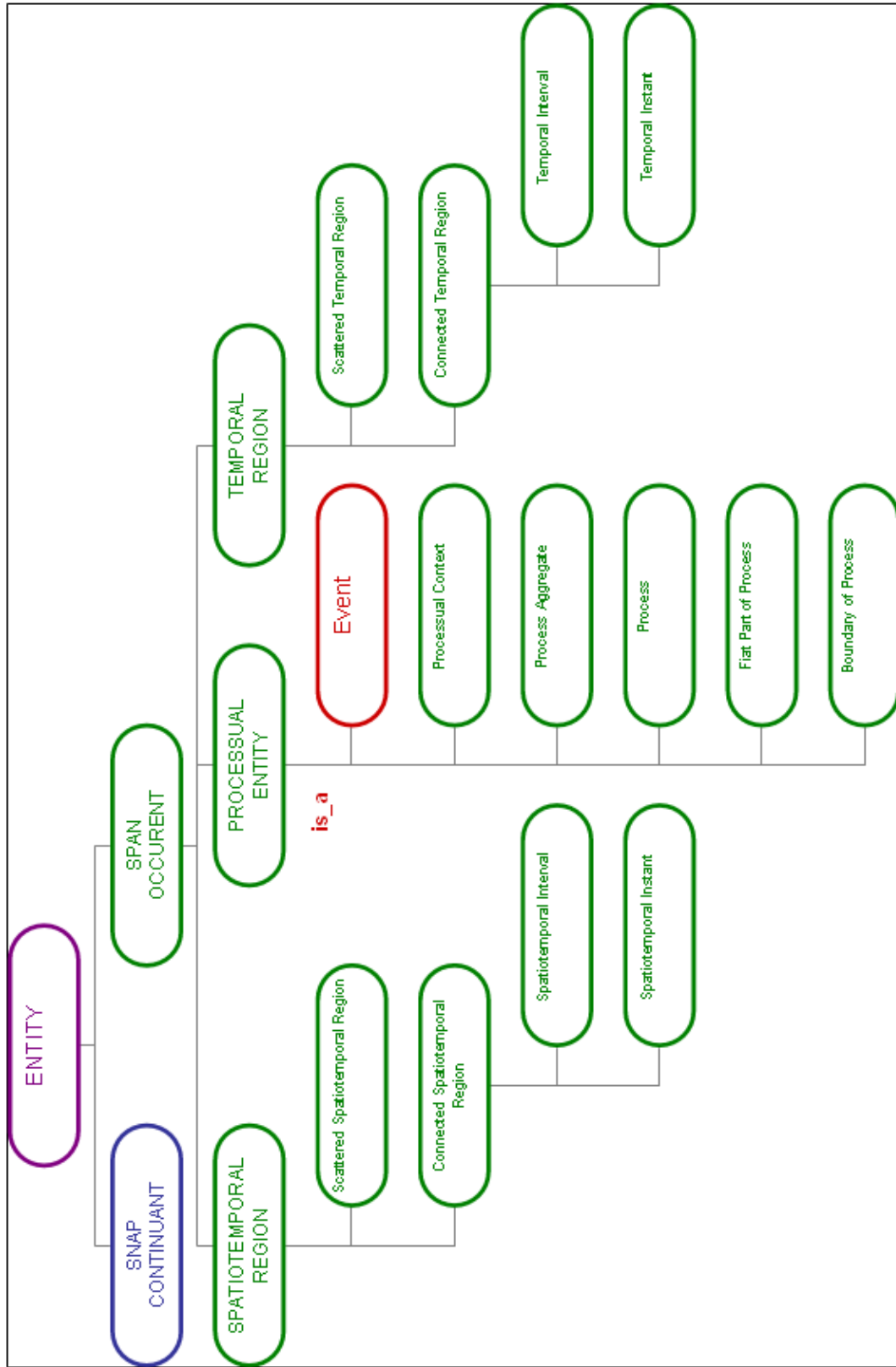
Στο πρότυπο O&M, οποιοδήποτε event σχετίζεται με ένα παράδειγμα του χρόνου και με ένα παράδειγμα της θέσης. Η σύλληψη αυτής της σχέσης δεν διευκρινίζεται περαιτέρω. Οι κατηγορίες Time και Location καθορίζονται με όρους των αντικειμένων πληροφοριών. Επιπλέον οποιοδήποτε event μπορεί να έχει μια σχέση responsible που να το σχετίζει με κάποιο άτομο ή κάποια οργάνωση. Η σχέση responsible δε διευκρινίζεται περαιτέρω, επίσης.

Ένα event έχει μια άμεση χωρική θέση και μια άμεση χρονική θέση. Ένα event δεν είναι ποτέ πλήρως παρόν σε έναν ορισμένο χρόνο. Τα events χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι κατέχουν μόνον χρονικές ιδιότητες κατέχοντας μία τουλάχιστον χρονική θέση.

Συνεπώς, ο όρος event έχει χωροχρονική διάσταση, γι αυτό και κατηγοριοποιείται ως μια SPAN οντότητα στη γενική οντολογία BFO και πιο συγκεκριμένα ως Processual Entity.

SPAN OCCURENT > PROCESSUAL ENTITY> Event

Event is\_a Processual Entity



Εικόνα 8: Η ένταξη του όρου Event στην γενική οντολογία BFO

### 5.3.5. Procedure και Instrument

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του O&M, μια διαδικασία χρησιμοποιείται για να παραγάγει μια παρατήρηση. "Μια παρατήρηση χρησιμοποιεί μια διαδικασία, η οποία είναι συχνά ένα όργανο ή ένας αισθητήρας, αλλά μπορεί να είναι μια αλυσίδα διαδικασιών, ένας ανθρώπινος παρατηρητής, ένας υπολογισμός ή ένας προσομοιωτής". "Η τιμή της ιδιότητας της διαδικασίας είναι η περιγραφή μιας διαδικασίας". *[A procedure is used to generate an observation. An "observation uses a procedure, which is often an instrument or sensor ut may be a process chain, human observer, a computation or simulator". The value of the procedure property is the description of a procedure".]*

Το τμήμα κειμένου του O&M καθορίζει σιωπηρά μια ανώνυμη κατηγορία ως άμεση υπερ-κατηγορία της Procedure. Αυτή η ανώνυμη κατηγορία είναι η ένωση των κατηγοριών Human Observer, Process Chain, Sensor, Computation, Simulator και Instrument. Στα διαγράμματα UML, το instrument ορίζεται ως υποκατηγορία της SimpleProcedure. Καμία από τις άλλες υπερ-κατηγορίες δε διευκρινίζονται στα διαγράμματα UML του προτύπου O&M.

Ο όρος procedure κατηγοριοποιείται ως Process στη γενική οντολογία BFO γιατί εξ' ορισμού η procedure είναι η περιγραφή της process που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του αποτελέσματος της παρατήρησης ή της μέτρησης.

Στο πρότυπο O&M, το instrument κατέχει την ιδιότητα SerialNumber, γεγονός το οποίο δηλώνει ότι τα instruments στο πρότυπο O&M γίνονται κατανοητά ως φυσικές οντότητες και όχι ως διαδικασίες ή μέθοδοι. Άρα το instrument αποτελεί ένα αντικείμενο, γι αυτό και στη γενική οντολογία BFO εντάσσεται στην κατηγορία Object. Ανάλογα με το instrument, ο HumanObserver ενεργεί σύμφωνα με μια μέθοδο ή μια διαδικασία αλλά δεν πρέπει να διαμορφωθεί ως υπερ-κατηγορία της Procedure.

Μια ακόμη ασυνέπεια στο πρότυπο O&M είναι ότι η κατηγορία Station διαμορφώνεται ως υποκατηγορία του Feature of Interest. Αυτή η απόφαση σχεδιασμού είναι εν μέρει ασύμβατη με τις περιγραφές του κειμένου σχεδιασμού των προδιαγραφών του O&M. Έχει ήδη αναφερθεί ότι "το phenomenon συνδέεται με ένα ευπροσδιόριστο αντικείμενο, το οποίο είναι το feature of interest της παρατήρησης". Παραδείγματος χάριν, ένα θερμόμετρο παρατηρεί το phenomenon θερμοκρασία αέρα. Σε αυτήν την περίπτωση, η περιβάλλουσα μάζα αέρα είναι το feature of interest, κι όχι ο station στον οποίο βρίσκεται το θερμόμετρο. Προτείνεται ο station να μην ορίζεται ως feature of interest, αλλά ως η φυσική τοποθεσία στην οποία

βρίσκεται το instrument ή το feature of interest. Συνεπώς, το station εντάσσεται στην κατηγορία site.

SPAN OCCURENT > PROCESSUAL ENTITY > PROCESS > Procedure

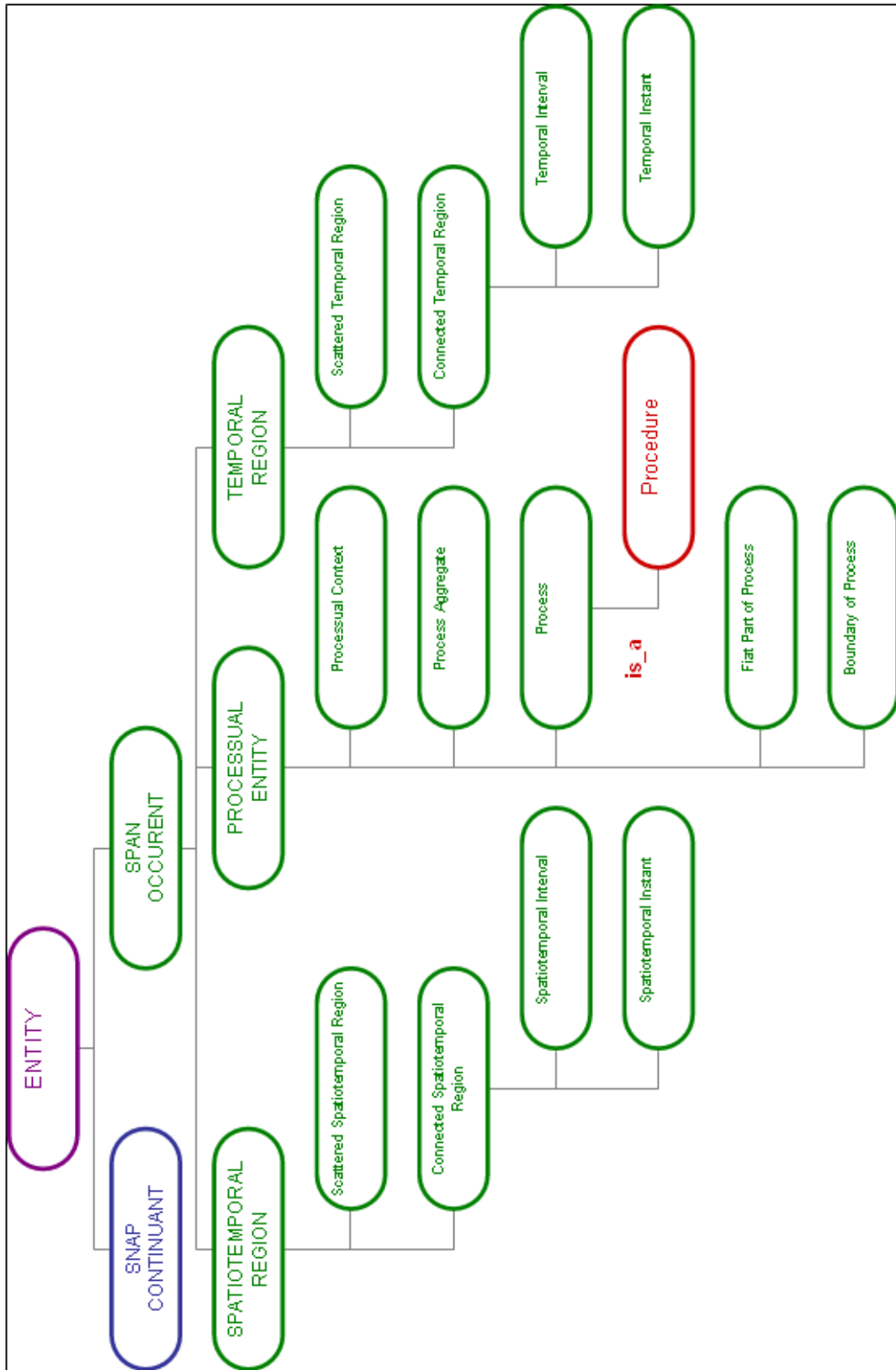
Procedure is\_a Process

SNAP CONTINUANT > INDEPENDENT CONTINUANT > OBJECT > Instrument

Instrument is\_a Object

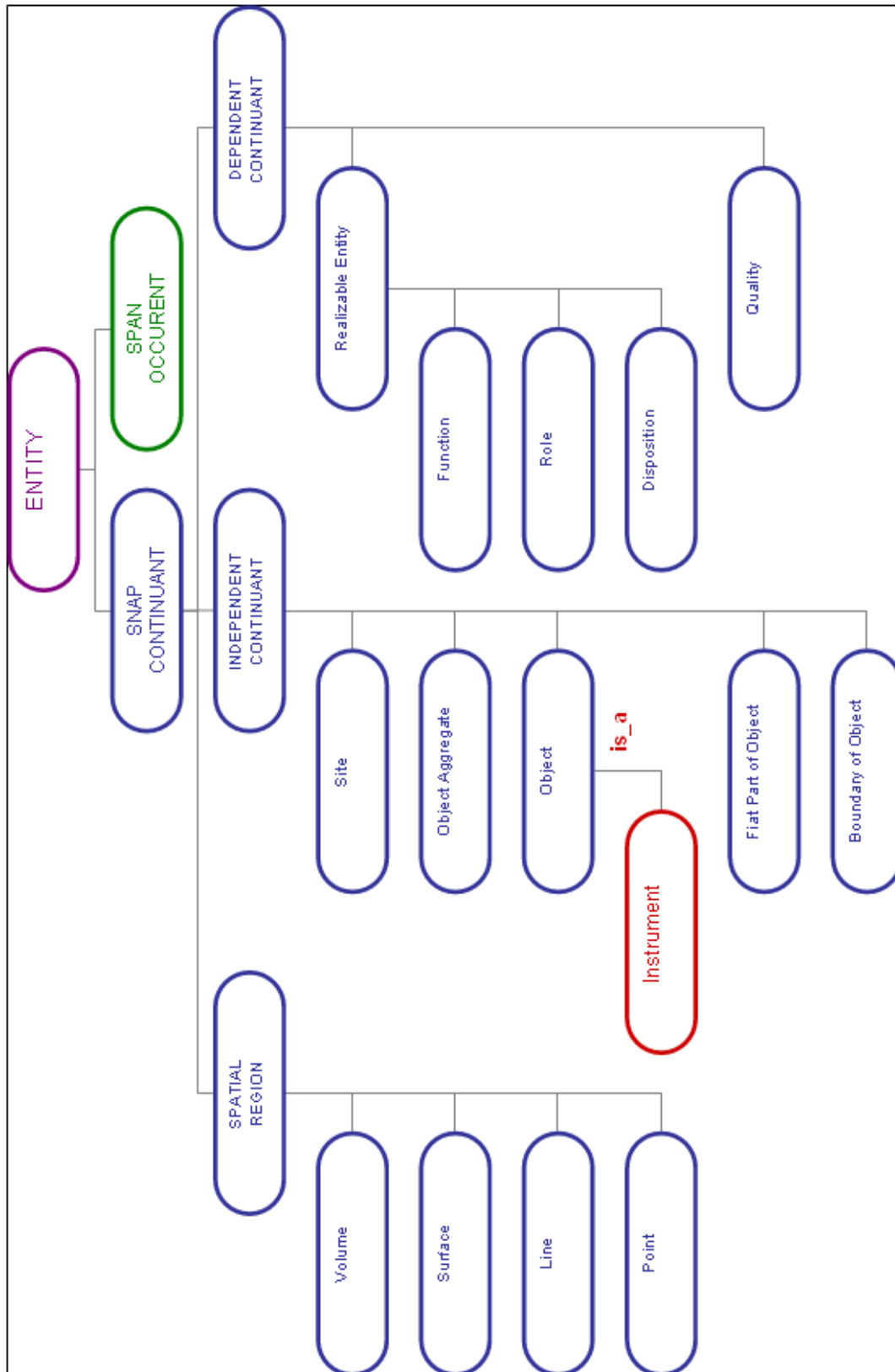
SNAP CONTINUANT > INDEPENDENT CONTINUANT > SITE > Station

Station is\_a Site

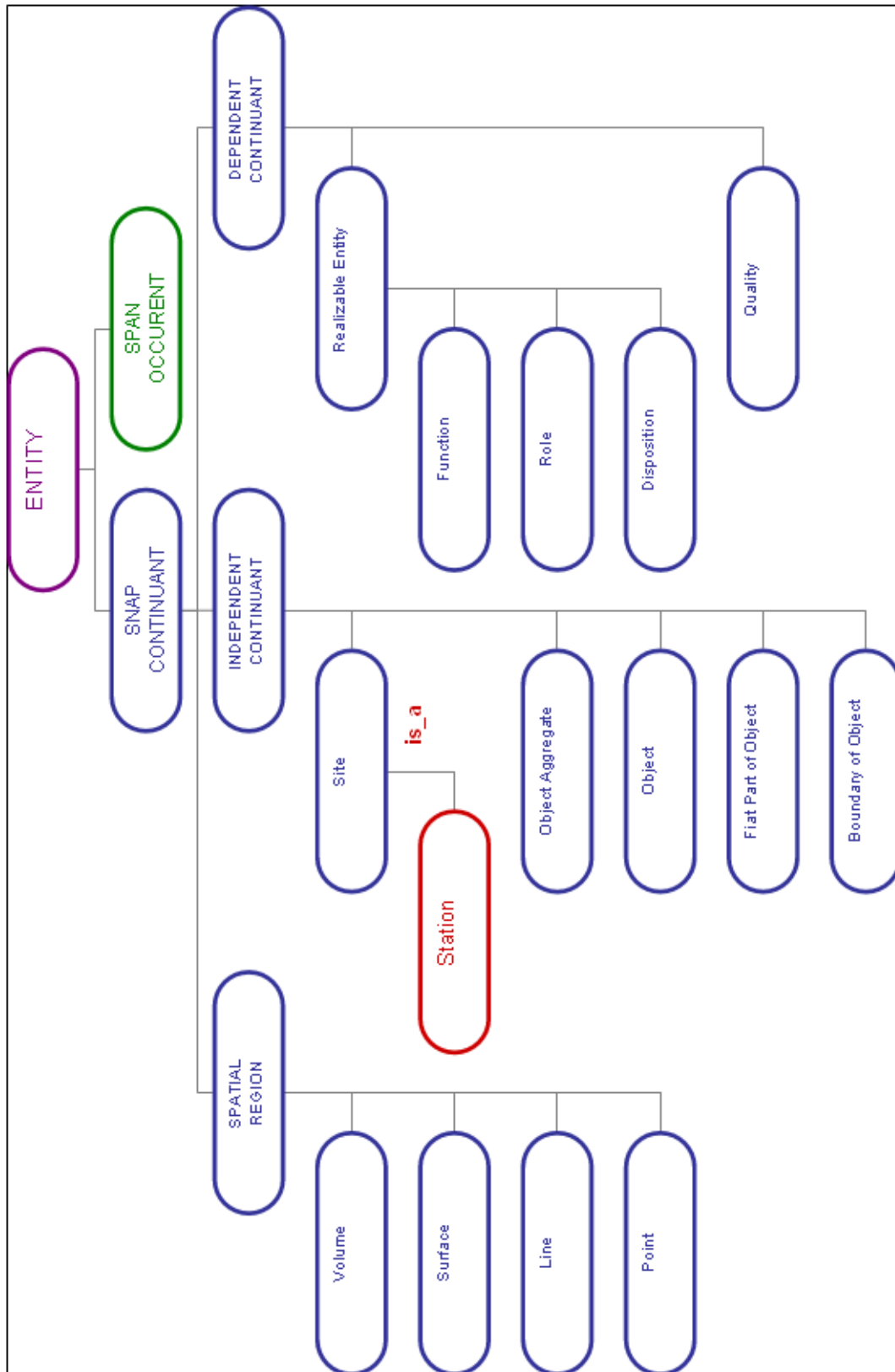


Εικόνα 9: Η ένταξη του όρου Procedure στην γενική οντολογία BFO





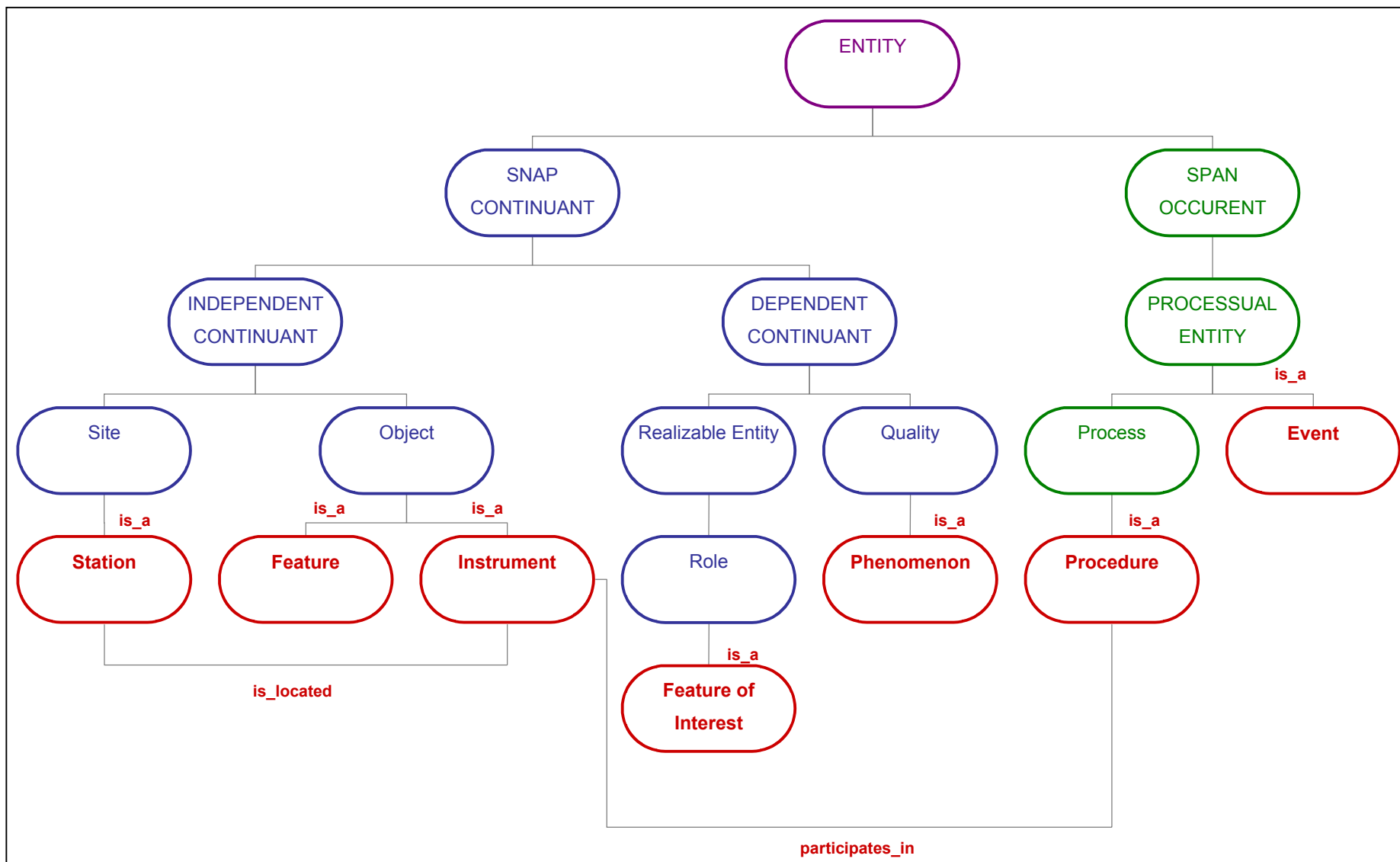
Εικόνα 10: Η ένταξη του όρου Instrument στην γενική οντολογία BFO



Εικόνα 11: Η ένταξη του όρου Station στην γενική οντολογία BFO

#### **5.4. Βασική Οντολογία των Παρατηρήσεων**

Οι έννοιες πίσω από το πρότυπο O&M αναλύθηκαν οντολογικά. Στο πρότυπο O&M, αυτές οι έννοιες εξυπηρετούν το σκοπό να διευκρινίσουν την πιο κεντρική έννοια της προδιαγραφής O&M: την έννοια *observation*. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής συγκεντρώνονται σε ένα διάγραμμα που παρουσιάζει την ένταξη του προτύπου O&M στην οντολογία BFO (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Βασική οντολογία των παρατηρήσεων

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Οι γεωχωρικές πηγές πληροφοριών μπορούν να ανακαλυφθούν επιτυχώς εάν βασίζονται σε δύο ρητά διευκρινισμένους τύπους εννοιολογικών προτύπων:

1. Ένα εννοιολογικό πρότυπο του πεδίου ενδιαφέροντος για το οποίο παρέχονται οι αντιπροσωπεύσεις. Αυτό περιλαμβάνει τις προδιαγραφές των οντοτήτων ενδιαφέροντος, τις παρατηρηθείσες ιδιότητες από αυτές τις οντότητες καθώς επίσης τις διαδικασίες που ίσχυσαν για να προκύψουν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων ούτως ώστε να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους.
2. Ένα εννοιολογικό πρότυπο της κωδικοποίησης πληροφοριών στο οποίο παρέχονται οι αντιπροσωπευτικές οντότητες του πραγματικού κόσμου.

Οι προδιαγραφές της εφαρμογής του O&M παρέχουν μόνο το δεύτερο τύπο ρητά. Εντούτοις, μόνον αν κανείς ξέρει ποια είδη οντοτήτων του πραγματικού κόσμου αντιπροσωπεύονται, είναι χρήσιμο να ξέρει πώς αντιπροσωπεύονται.

Το τρέχον πρότυπο O&M στηρίζεται στον ανθρώπινο χρήστη για την κατανόηση των εννοιών των περιγραφών με τη χρήση κειμένου και των όρων που χρησιμοποιούνται στις περιγραφές UML. Η οντολογία η οποία προτείνεται συσχετίζει αυτούς τους όρους με την αυστηρά επίσημη σημασιολογία που παρέχεται από τη γενική οντολογία BFO.

Ένα όφελος ανάπτυξης και εφαρμογής μιας οντολογίας σε γεωχωρικές εφαρμογές είναι ότι “τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών πρέπει να χειριστούν τις αντιπροσωπεύσεις των γεωγραφικών οντοτήτων, και την οντολογική μελέτη των αντίστοιχων κατηγοριών, ειδικά εκείνων στο βασικό επίπεδο, που θα παρέχουν τα χαρακτηριστικά προεπιλογής για τέτοια συστήματα” (Smith, Mark, 1998).

Μεγάλη προσπάθεια έχει γίνει για τον ορισμό γενικών οντολογιών όπως η BFO όπως επίσης για τον ορισμό προδιαγραφών πεδίου όπως το πρότυπο O&M. Ένας συνδυασμός αυτών των προσπαθειών υπό την διαδικασία ένταξης είναι ιδιαίτερα ευεργετικός για τις τρέχουσες και τις μελλοντικές προκλήσεις στην ανακάλυψη και την ανάκτηση των πληροφοριών.

Όσον αφορά την πρακτική εφαρμογή, ο στόχος ερμηνείας των γεωχωρικών πηγών πληροφοριών πρέπει να διευκολυνθεί. Ένα πλαίσιο είναι απαραίτητο για την καθοδήγηση και

την ενίσχυση του προμηθευτή πληροφοριών μέσω της διαδικασίας ερμηνείας, προτείνοντας και ερμηνεύοντας την αυστηρή δομή της οντολογίας.

Η ένταξη των εννοιών του προτύπου O&M στην οντολογία BFO έχει τα ακόλουθα οφέλη:

- Οι κεντρικοί όροι του προτύπου O&M κληρονομούν τη σημασιολογία που παρέχεται από τη γενική οντολογία. Όταν οι διαφορετικές πηγές πληροφοριών κληρονομούν την ίδια γενική σημασιολογία, το όφελος προκύπτει από το ότι οι περαιτέρω καθορισμένοι όροι γίνονται συγκρίσιμοι.
- Οι εσωτερικές οντολογικές ασυνέπειες προσδιορίζονται όταν τα στοιχεία του εννοιολογικού προτύπου O&M ερμηνεύονται στο πλαίσιο της BFO. Στην κωδικοποίηση πληροφοριών προδιαγραφές όπως αυτές του O&M, ένα πρότυπο στοιχείο (π.χ. ένας feature type) μπορεί να έχει πολλαπλές σχέσεις με άλλα στοιχεία. Αυτό το πρότυπο στοιχείο αντιπροσωπεύει ένα σύνολο οντοτήτων του πραγματικού κόσμου. Ένα πρότυπο στοιχείο είναι ασύμβατο, εάν το σύνολο των αντιπροσωπευόμενων οντοτήτων πρέπει να μεταβληθεί προκειμένου να αντιπροσωπεύει όλες τις σχέσεις που το πρότυπο στοιχείο περιέχει. Εάν το εννοιολογικό πρότυπο βασίζεται κυρίως στη φυσική γλώσσα, αυτή η ασυμβατότητα μπορεί να μην είναι προφανής, δεδομένου ότι οι περισσότεροι όροι της φυσικής γλώσσας αλλάζουν το σύνολο των οντοτήτων που ορίζουν εξαρτώμενοι από το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιούνται.
- Εντοπίζονται υπερβολικά γενικοί ορισμοί στο τρέχον πρότυπο O&M. Ένα πρότυπο μπορεί να είναι εσωτερικά συνεπές, όμως οι έννοιες να είναι πάρα πολύ γενικές για να υποστηρίξουν την αποδοτική, βασισμένη στη σημασιολογία ανακάλυψη των πηγών πληροφοριών.

Η προσπάθεια ένταξης των εννοιών παρατήρηση και μέτρηση σε θεμελιώδες επίπεδο έχει ως αποτέλεσμα περαιτέρω ερωτήσεις σχετικά με τις αποφάσεις σχεδιασμού της BFO. Ειδικά για τις πηγές πληροφοριών που εξετάζουν τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις, απαιτείται μια ακριβής προδιαγραφή των παρατηρηθέντων ιδιοτήτων των οντοτήτων ενδιαφέροντος. Οι ερωτήσεις σχετικά με το συνδυασμό ιδιοτήτων που διαμορφώνουν τις σύνθετες ιδιότητες πρέπει να επιλυθούν.

Λαμβάνοντας υπόψη την πρακτική εφαρμογή, ο στόχος σχολιασμού των πηγών γεωχωρικών πληροφοριών πρέπει να διευκολυνθεί. Ένα πλαίσιο είναι απαραίτητο για την

καθοδήγηση και ενίσχυση του προμηθευτή πληροφοριών μέσω της διαδικασίας σχολιασμού, προτείνοντας και εξηγώντας την επίσημη δομή της οντολογίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Fonseca F., Davis C., Camara G., "Bridging Ontologies and Conceptual Schemas in Geographic Information Integration", *Geoinformatica* 7, 2003

Grenon P. and Smith B., "SNAP and SPAN: Towards Dynamic Spatial Ontology", *Spatial Cognition and Computation* 4, 2004

Guarino N., "Formal Ontology and Information Systems", *Formal Ontology in Information Systems*, Amsterdam: IOS Press, 1998

ISO/TC-211 and OGC, "19109 Geographic information - Rules for application schema Vs. 2.0 Draft Version", International Organization for Standardization, 2001

ISO/TC-211 and OGC, "19101 Geographic information - Reference Model Draft", International Standard, International Organization for Standardization, 2002

Kavouras M., Tomai E., "From "Onto-GeoNoesis" to "Onto-Genesis" The Design of Geographic Ontologies", *Geoinformatica* 8(3), 2004

Κάβουρας Μ., "Γεωγραφικές οντολογίες και διαλειτουργικότητα", *Επιστημονικό Περιοδικό Αειχώρος*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, 2002

Open GeoSpatial Consortium, "Observations and Measurements – Part 1 – Observation schema", OpenGIS Implementation Standard OGC 07-022r1, 2007

Open GeoSpatial Consortium, "Observations and Measurements – Part 2 – Sampling Features", OpenGIS Implementation Standard OGC 07-002r3, 2007

Probst F., "Ontological Analysis of Observations and Measurements", 4th International Conference on Geographic Information Science (GIScience), Münster, Germany, 2006

Probst F., F.R. Gibotti, A.M. Prazos Morantes, M.A. Esbri, M.B.B. de Barros Filho, M. Gutierrez and W. Kuhn, "Connecting ISO and OGC Standards to the Semantic Web", Third International Conference on Geographic Information Science, Adelphi, MD, USA, 2004



Schneider L., “Designing Foundational Ontology - The Object-Centered High-level Reference Ontology OCHRE as a Case Study”, 22nd International Conference on Conceptual Modeling, 2003

Smith B., Mark D., “Ontology and Geographic Kinds”, 8th Int. Symposium on Spatial Data Handling, SDH'98, 1998

Sowa J.F., “Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations”, USA: Brooks/Cole, 2000

Spear A.D., “Ontology for the Twenty First Century: An Introduction with Recommendations”, Germany, 2006

## **ΠΗΓΕΣ**

BFO, Basic Formal Ontology, <http://www.ifomis.org/bfo> (Ιανουάριος 2009)

OGC, Open Geospatial Consortium, Inc., <http://www.opengeospatial.org> (Ιανουάριος 2009)

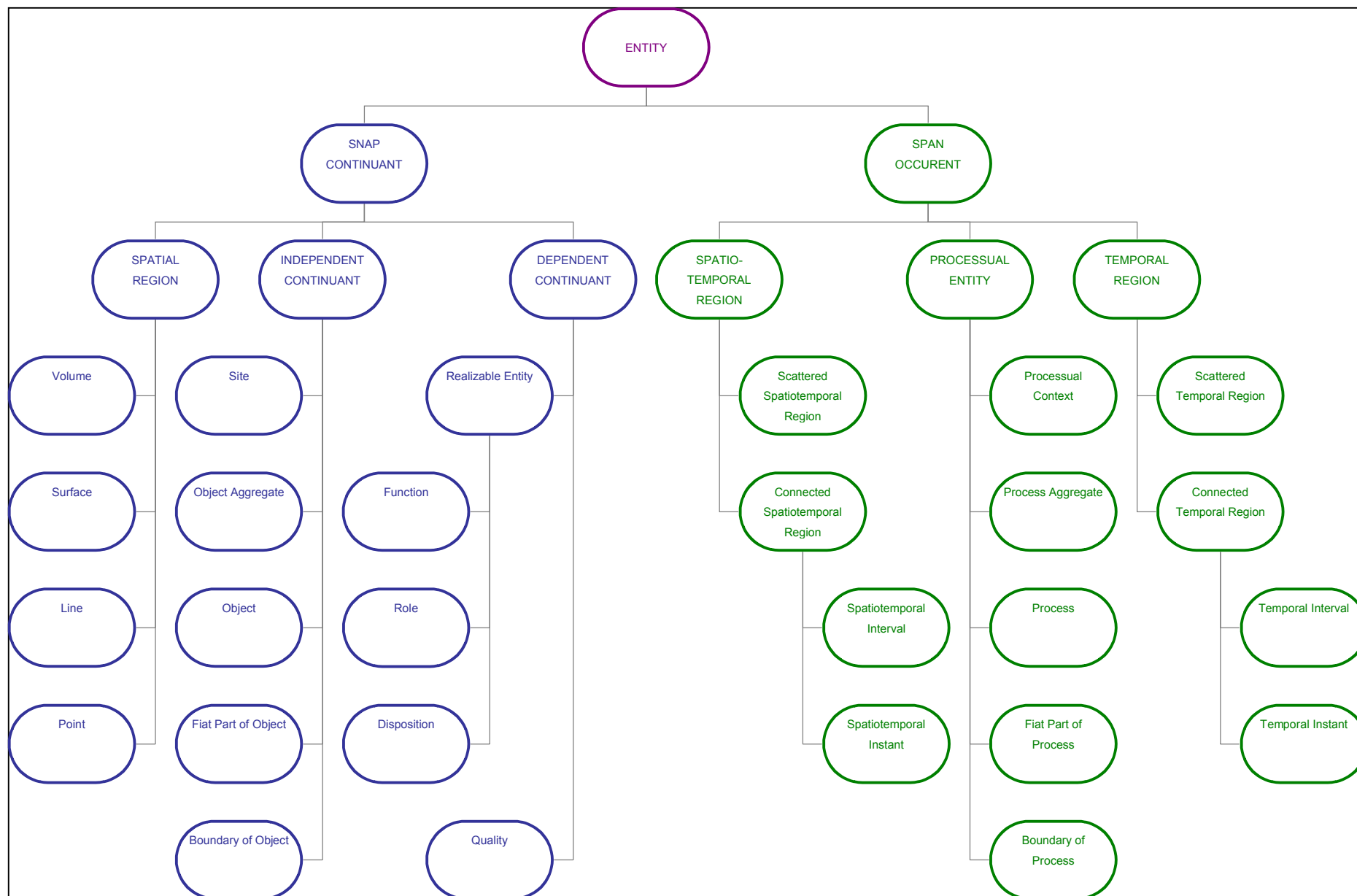
Sowa J., "Ontology", 2003, <http://www.jfsowa.com/ontology> (Ιανουάριος 2009)

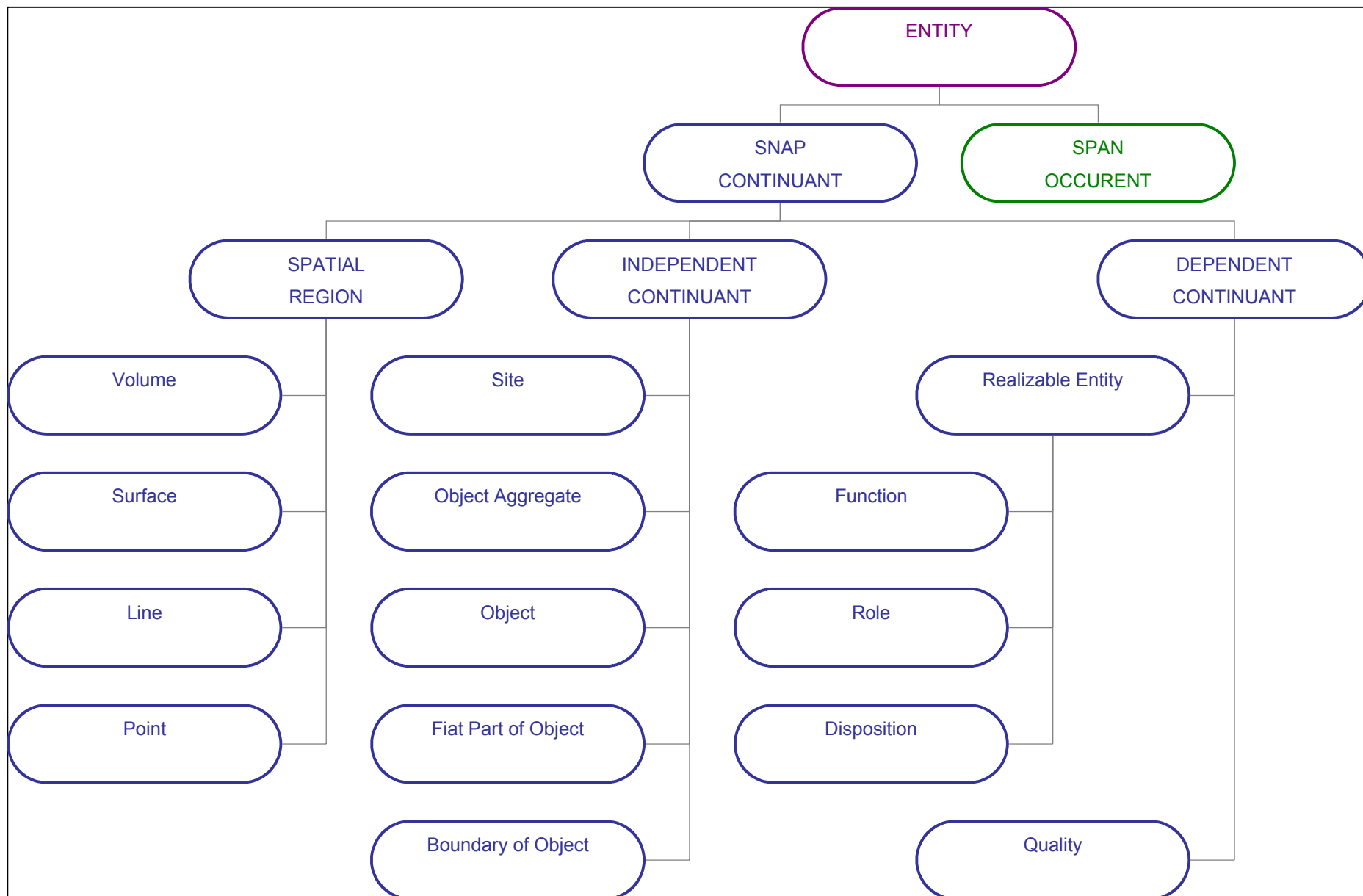
W3C, OWL Web Ontology Language Overview, 2004, <http://www.w3.org/TR/owl-features> (Ιανουάριος 2009)

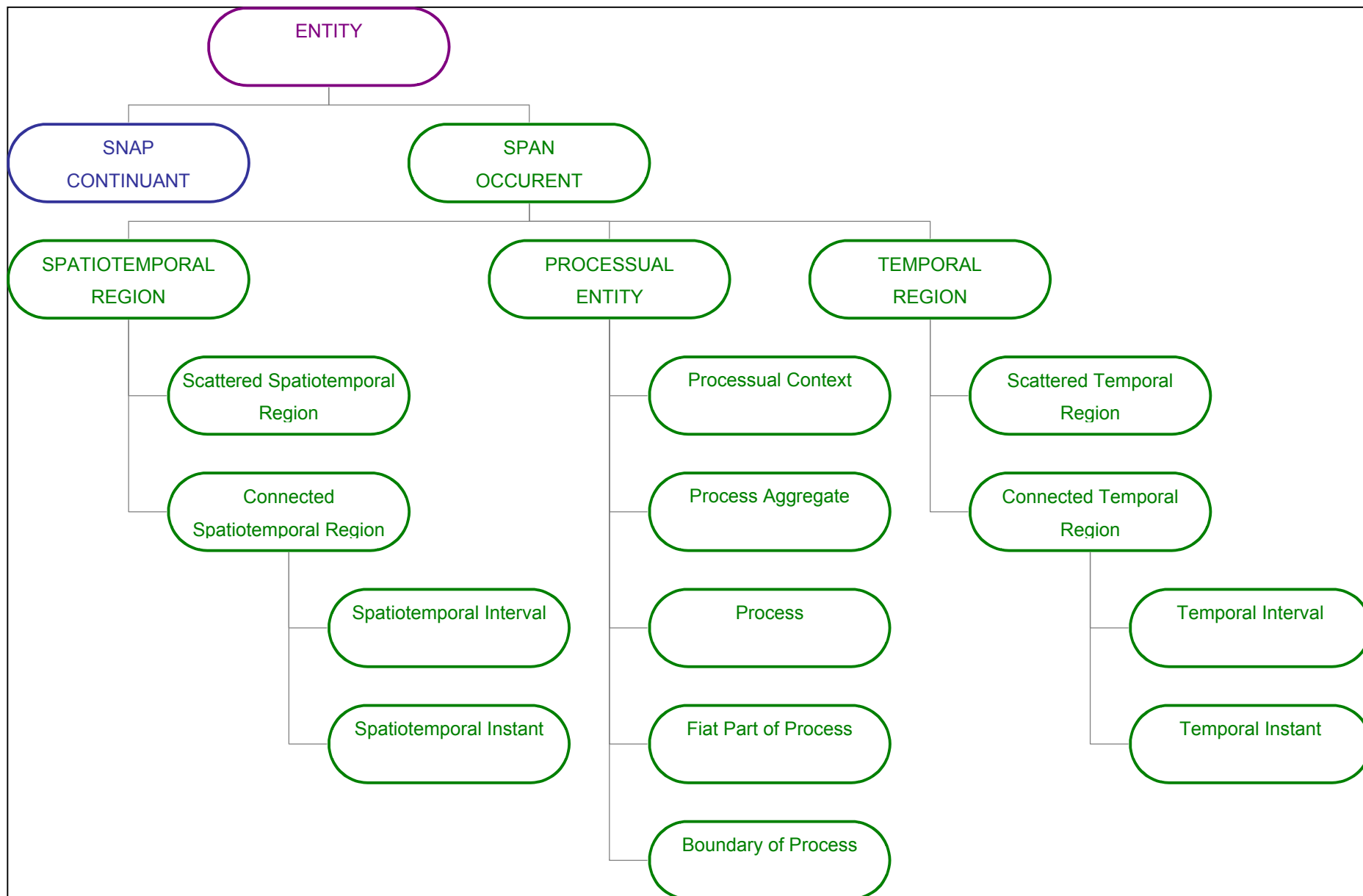
Wikipedia, The Free Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology> (Ιανουάριος 2009)

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. Διαγράμματα ΒΦΟ**

Παρακάτω παρουσιάζεται με μορφή διαγραμμάτων η γενική οντολογία ΒΦΟ.







## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. XML Schema implementation

Παρακάτω παρουσιάζονται με μορφή XML οι βασικές ιδιότητες των παρατηρήσεων όπως προκύπτουν από το Πρότυπο για τις Παρατηρήσεις και τις Μετρήσεις (O&M) του Open Geospatial Consortium (OGC).

### - Observation

Listing 1. observation.xsd

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<schema xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:gmd="http://www.isotc211.org/2005/gmd" xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:om="http://www.opengis.net/om/1.0" xmlns:swe="http://www.opengis.net/swe/1.0.1"
xmlns:sml="http://www.opengis.net/sensorML/1.0.1"
targetNamespace="http://www.opengis.net/om/1.0" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified" version="1.0.0">
  <annotation>
    <documentation>observation.xsd
```

An XML implementation of the OandM model from OGC 07-022

Copyright (c) 2007 Open Geospatial Consortium - see

<http://www.opengeospatial.org/ogc/software></documentation>

```
</annotation>
<!-- ===== -->
<!-- bring in other schemas -->
<import namespace="http://www.opengis.net/gml"
schemaLocation="http://schemas.opengis.net/gml/3.1.1/base/gml.xsd"/>
<!-- can't use ISO Metadata schema with GML 3.1.1
<import namespace="http://www.isotc211.org/2005/gmd"
schemaLocation="../../../../gml/trunk/gml/3.1.1/gmd/gmd.xsd"/>
-->
<import namespace="http://www.opengis.net/swe/1.0.1"
schemaLocation="http://schemas.opengis.net/sweCommon/1.0.1/swe.xsd"/>
<import namespace="http://www.opengis.net/sensorML/1.0.1"
schemaLocation="http://schemas.opengis.net/sensorML/1.0.1/sensorML.xsd"/>
```

```

<!-- =====>
<!-- =====>
<!-- ===== Object types for Observations ===== -->
<!-- =====>
<complexType name="ObservationType">
  <annotation>
    <documentation>Base type for Observations.
    Observation is an act ("event"), whose result is an estimate of the value of a property of the
    feature of interest. The observed property may be any property associated with the type of the
    feature of interest.

    The following properties are inherited from AbstractFeatureType:
    <!-- from AbstractGMLType
    <element ref="gml:metaDataProperty" minOccurs="0"
    maxOccurs="unbounded"/>
    <element ref="gml:description" minOccurs="0"/>
    <element ref="gml:name" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/> -->
    <!-- from AbstractFeatureType
    <element ref="gml:boundedBy" minOccurs="0"/> --></documentation>
  </annotation>
  <complexContent>
    <extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <sequence>
        <element name="metadata" type="om:AnyOrReferenceType"
minOccurs="0">
          <!-- <element name="observationMetadata"
type="gmd:MD_Metadata_PropertyType" minOccurs="0"> -->
          <annotation>
            <documentation>Replace with reference to ISO
            Metadata entity when GML version 3.2.X has been formally adopted.</documentation>
          </annotation>
        </element>
        <element name="samplingTime"
type="swe:TimeObjectPropertyType">
          <annotation>
            <documentation>The samplingTime is the time that
            the result applies to the feature-of-interest. This is the time usually required for geospatial analysis of
            the result.</documentation>
          </annotation>
        </element>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

```

<element name="resultTime" type="swe:TimeObjectPropertyType"
minOccurs="0">
    <annotation>
        <documentation>The resultTime is the time when the
procedure associated with the observation act was applied. For some observations this is identical to
samplingTime, in which case the resultTime may be omitted.

```

Example: Where a measurement is made on a specimen in a laboratory, the samplingTime should record the time the specimen was retrieved from its host, while the resultTime should record the time the laboratory procedure was applied.

Example: Where sensor observation results are post-processed, the resultTime is the post-processing time, while the samplingTime preserves the time of initial interaction with the world.

Example: Simulations are often used to estimate the values for phenomena in the future or past. The samplingTime is the real-world time that the result applies to, while the resultTime is the time that the simulation process was executed.</documentation>

```

    </annotation>
</element>
<element name="procedure" type="om:ProcessPropertyType">
    <annotation>
        <documentation>The procedure is the description of
a process used to generate the result. It must be suitable for the observed property.

```

NOTE: At this level we do not distinguish between sensor-observations, estimations made by an observer, or algorithms, simulations, computations and complex processing chains.</documentation>

```

    </annotation>
</element>
<element name="resultQuality" type="om:AnyOrReferenceType"
minOccurs="0">

```

```

    <!-- <element name="resultQuality"
type="gmd:DQ_Element_PropertyType" minOccurs="0"> -->
    <annotation>
        <documentation>Instance-specific quality
assessment or measure. Allow multiple quality measures if required. Replace with reference to ISO
Metadata entity when GML version 3.2.X has been formally adopted.</documentation>

```

```

    </annotation>
</element>
<element name="observedProperty"
type="swe:PhenomenonPropertyType">
    <annotation>

```



`<documentation>`Property-type or phenomenon for which the observation result provides an estimate of its value. for example "wavelength", "grass-species", "power", "intensity in the waveband x-y", etc. It must be a property associated with the type of the feature of interest. This feature-property that provides the (semantic) type of the observation. The description of the phenomenon may be quite specific and constrained. The description of the property-type may be presented using various alternative encodings. If shown inline, the swe:Phenomenon schema is required. If provided using another encoding (e.g. OWL or SWEET) then the description must be in a remote repository and xlink reference used.`</documentation>`

`</annotation>`

`</element>`

`<element name="featureOfInterest"`

`type="gml:FeaturePropertyType">`

`<annotation>`

`<documentation>`The featureOfInterest is a feature of any type (ISO 19109, ISO 19101), which is a representation of the observation target, being the real-world object regarding which the observation is made. such as a specimen, station, tract, mountain, pixel, etc. The spatial properties (location) of this feature of interest are typically of most interest for spatial analysis of the observation result.`</documentation>`

`</annotation>`

`</element>`

`<element name="parameter" type="swe:AnyDataPropertyType"`

`minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">`

`<annotation>`

`<documentation>`An Observation parameter is a general event-specific parameter. This will typically be used to record environmental parameters, or event-specific sampling parameters that are not tightly bound to either the feature-of-interest or the procedure.

NOTE: Parameters that are tightly bound to the procedure should be recorded as part of the procedure description. For example, the SensorML model associates parameters with specific process elements or stages.

NOTE: The semantics of the parameter must be provided as part of its value. In some applications it is convenient to use a generic or standard procedure, or feature-of-interest, rather than define an event-specific process or feature. In this context, event-specific parameters are bound to the Observation act.`</documentation>`

`</annotation>`

`</element>`

`<element name="result" type="anyType">`

`<annotation>`

`<documentation>`The result contains the value generated by the procedure. The type of the observation result must be consistent with the observed

property, and the scale or scope for the value must be consistent with the quantity or category type. Application profiles may choose to constrain the type of the result. </documentation>

```

        </annotation>
      </element>
    </sequence>
  </extension>
</complexContent>
</complexType>
<!-- ..... -->
<element name="Observation" type="om:ObservationType"
substitutionGroup="gml:_Feature">
  <annotation>
    <documentation>Observation is an act ("event"), whose result is an estimate
of the value of a property of the feature of interest. The observed property may be any property
associated with the type of the feature of interest.</documentation>
  </annotation>
</element>
<!-- ..... -->
<complexType name="ObservationPropertyType">
  <sequence minOccurs="0">
    <element ref="om:Observation"/>
  </sequence>
  <attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</complexType>
<!-- =====>
<!-- ===== Observation Collection ===== -->
<!-- =====>
<complexType name="ObservationCollectionType">
  <annotation>
    <documentation>Collection of arbitrary observations</documentation>
  </annotation>
  <complexContent>
    <extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <sequence>
        <element name="member"
type="om:ObservationPropertyType" maxOccurs="unbounded"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

```

<!-- ..... -->
<element name="ObservationCollection" type="om:ObservationCollectionType"
substitutionGroup="gml:_Feature">
  <annotation>
    <documentation>Collection of arbitrary observations</documentation>
  </annotation>
</element>
<!-- =====>
<!-- =====>
<complexType name="ProcessPropertyType">
  <annotation>
    <documentation>This property type allows the Observation/procedure
property to either * contain a SensorML Process, * contain a description of a process described using
another model, wrapped inside a om:Process element * point to a Process either elsewhere in the
document or identified by a URI</documentation>
  </annotation>
  <sequence minOccurs="0">
    <choice>
      <element ref="sml:_Process">
        <annotation>
          <documentation>Top of SensorML Process
hierarchy</documentation>
        </annotation>
      </element>
      <element name="Process">
        <annotation>
          <documentation>This element is xs:anyType so may
contain a description of a process provided in any well-formed XML. If the process description is
namespace qualified, then the namespace must be identified in the instance
document.</documentation>
        </annotation>
      </element>
    </choice>
  </sequence>
  <attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</complexType>
<!-- =====>
<!-- =====>
<complexType name="AnyOrReferenceType">
  <annotation>

```

`<documentation>`Placeholder type Used in a few places where ISO 19139 metadata classes are used, which will become available with GML 3.2`</documentation>`

```
</annotation>
<sequence minOccurs="0">
  <any/>
</sequence>
<attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
</complexType>
<!-- ===== -->
<!-- ===== -->
</schema>
```