



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Μοντέλα Χώρου - Χρόνου
για την Περιγραφή Γεωγραφικών Φαινομένων
σε Χωρικές Πληροφοριακές Υποδομές**

Διδακτορική Διατριβή

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΟΠΟΥΛΟΣ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΜΑΡΙΝΟΣ ΚΑΒΟΥΡΑΣ

Καθηγητής ΕΜΠ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Μοντέλα Χώρου - Χρόνου

για την Περιγραφή Γεωγραφικών Φαινομένων

σε Χωρικές Πληροφοριακές Υποδομές

Διδακτορική Διατριβή

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΟΠΟΥΛΟΣ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μ. ΚΑΒΟΥΡΑΣ, καθ. ΕΜΠ (επιβλέπων)

Λ. ΤΣΟΥΛΟΣ, καθ. ΕΜΠ

Τ. ΣΕΛΛΗΣ, καθ. ΕΜΠ

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μ. ΚΑΒΟΥΡΑΣ, καθ. ΕΜΠ (επιβλέπων)

Λ. ΤΣΟΥΛΟΣ, καθ. ΕΜΠ

Τ. ΣΕΛΛΗΣ, καθ. ΕΜΠ

Ι. ΠΑΡΑΣΧΑΚΗΣ, καθ. ΑΠΘ

Γ. ΦΩΤΗΣ, Αναπλ. Καθ. ΕΜΠ

Ν. ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ, Αναπλ. Καθ. Παν/μίου Αιγαίου

Β. ΒΕΣΚΟΥΚΗΣ, Επικ. Καθ. ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013

*Για τον Ανδρέα,
τον μικρό και τον μεγάλο*

*Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από τη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε. Μ. Πολυτεχνείου
δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202)*

Πρόλογος

Τούτη η διατριβή αποτελεί τον τελευταίο (;) σταθμό σε ένα μακρύ ταξίδι, το οποίο ξεκίνησε όταν πρωτοδιάβασα ένα report από το GISData Workshop στο Ναύπλιο το 1996, με τίτλο «The Life and Motion of Socioeconomic Units». Ήταν το πρώτο μου έναυσμα να ασχοληθώ με το δυσνόητο –αλλά και μαγικό– θέμα του Χρόνου. Έκτοτε η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα έχει κάνει πολλά βήματα για το πώς μπορούμε να αντιμετωπίζουμε κάτι που αλλάζει όταν ο χρόνος κυλά. Έχουν γίνει πολλές προτάσεις, με χαρακτηριστική την συνολική προσέγγιση του CHOROCHRONOS. Ωστόσο ελάχιστες έχουν δει διαδεδομένη πρακτική εφαρμογή. Οι συντάκτες των χωρικών datasets αρκούνται να αντιμετωπίζουν τη χρονική πληροφορία απλώς ως μεταδεδομένο. Οι εταιρείες λογισμικού GIS τώρα μόλις διέθεσαν στα πακέτα τους εμπορικά εργαλεία στοιχειώδους χρονικής οπτικοποίησης. Μόνη εξαίρεση τα μοντέλα χώρο-χρονικών κινούμενων αντικειμένων, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές πλοήγησης και διαχείρισης στόλου, λόγω της διάδοσης των δεκτών GPS. Ωστόσο, τα κινούμενα αντικείμενα δεν περιγράφουν με επιτυχία όλα τα χώρο-χρονικά φαινόμενα, όπως πολλά από αυτά που απασχολούν Τοπογράφους, Χαρτογράφους, Γεωγράφους, Περιβαλλοντολόγους κ.ο.κ.

Τον Οκτώβριο του 2005 ξεκίνησα το δεύτερο ταξίδι μου, στον εξίσου μαγικό και φιλόδοξο κόσμο του INSPIRE. Έχοντας την τιμή να είμαι ο μόνος Έλληνας εμπειρογνώμονας, είχα την τύχη για τέσσερα χρόνια να βοηθώ κορυφαίους επιστήμονες να δώσουμε λίγο-λίγο ζωή στο πλέον φιλόδοξο σχέδιο στην επιστήμη της Γεωπληροφορικής: ένα πλήρες σετ τεχνικών προδιαγραφών για τη διαχείριση των χωρικών δεδομένων από 34 θεματικές περιοχές και 20+ διαφορετικά κράτη. Αλλά ακόμη και τότε, όταν προέκυπτε το θέμα των χώρο-χρονικών δεδομένων, δυστυχώς η απάντηση ήταν: «ότι ορίζει το ISO 19108» - ένα Πρότυπο που δεν έχει εξελιχθεί από το 2002!

Η διατριβή αυτή προσπαθεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ SDIs και χώρο-χρονικού σχεδιασμού, με έναν ενιαίο τρόπο, ο οποίος θα σέβεται και θα προάγει την απαίτηση του INSPIRE για διαλειτουργικότητα. Μου πήρε χρόνια να αποκρυσταλλώσω τις σκέψεις μου, μαθαίνοντας συνεχώς νέα πράγματα από τους Δασκάλους μου –αλλά και τους Φοιτητές μου- στο Εργαστήριο Χαρτογραφίας ΕΜΠ. Ελπίζω το αποτέλεσμα πετύχει το στόχο του, ως ένα ερευνητικό λιθαράκι για βελτιωμένες Υποδομές Χωρικών Δεδομένων.

Φυσικά, μια διατριβή δε θα μπορούσα να τη γράψω ολομόναχος. Θέλω να ευχαριστήσω για τη διαρκή βοήθεια και στήριξη τον επιβλέποντά μου, Καθηγητή Μαρίνο Κάβουρα, ίσως τον καλύτερο συνεργάτη και άνθρωπο που έχω γνωρίσει στην καριέρα μου. Να ευχαριστήσω και τους Καθηγητές μου κκ. Λ. Τσούλο και Τ. Σελλή, μέλη της 3μελούς συμβουλευτικής μου επιτροπής, για την αρωγή τους όλα αυτά τα χρόνια. Οι ευχαριστίες μου και προς τους κκ. Καθηγητές της 7μελούς εξεταστικής επιτροπής, με τους οποίους οι συνεργασίες μας ήταν πάντοτε ευχάριστες και δημιουργικές. Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου C. Portele, A. Illert και K. Toth στην INSPIRE DTDS, για το υλικό και τις επεξηγήσεις τους, όπως και τον Αντώνη Σταματόπουλο, Αγρ. Τοπογράφο Μηχανικό, για τη συνεργασία μας στην ανάπτυξη του «Χρονογράφου». Πρέπει να ευχαριστήσω το ΙΚΥ για την υποτροφία με την οποία με τίμησε, και τις ΕΛΣΤΑΤ & ΕΓΥ για τα δεδομένα που χρησιμοποίησα. Πολλά χρωστάω στους καθηγητές και τα παιδιά του Εργαστηρίου Χαρτογραφίας ΕΜΠ, ειδικά στις κοπέλες της Ομάδας OntoGeo, που πήραν

«στις πλάτες» τους τις δουλειές μου ώστε να μπορέσω εγώ να γράψω¹. Τέλος –και πιο σημαντικό- θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου: τη σύζυγό μου Αγγελική, για την επιμονή της να ξεκινήσω να γράφω, την υπομονή της όσο έγραφα, και την πίστη της ότι θα τελειώσω · τους γονείς της, για τη καθημερινή βοήθειά τους · τον γιο μου Ανδρέα, που άντεξε τόσο καιρό χωρίς να παίζει μαζί μου -ελπίζω να το διαβάσει μια μέρα · και τη Μητέρα μου, που δεν έχασε λεπτό την εμπιστοσύνη της σε εμένα.

Γιώργος Πανόπουλος

Σεπτέμβριος του 2013

¹ Και των οποίων το χώρο-χρονικό μοντέλο συνοψίζεται στη ρήση «όσο πλησιάζουμε στο deadline, ο χρόνος διογκώνεται...»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σύνθετη φύση του Χρόνου και της Μεταβολής συνεχίζουν να καθιστούν το σχεδιασμό χώρο-χρονικών μοντέλων ως ένα σύνθετο ζήτημα, αν και έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές ερευνητικές εξελίξεις. Παράλληλα, η σύγχρονη τάση στην καταγραφή των γεωγραφικών φαινομένων επιβάλλει την συνεκτική και ευρέως προσπελάσιμη περιγραφή τους υπό τη μορφή Υποδομών Χωρικών Πληροφοριών (Spatial Data Infrastructures – SDIs). Σκοπός της παρούσας Διατριβής είναι η διερεύνηση της επέκτασης των Εννοιολογικών Μοντέλων που προδιαγράφονται σε Υποδομές Χωρικών Πληροφοριών, έτσι ώστε να αποδίδουν τη Χώρο-Χρονική συμπεριφορά των Οντοτήτων, και να δίνουν τη δυνατότητα εκτέλεση εργασιών Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης. Συγκεκριμένα, δόθηκε έμφαση στην επέκταση του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου που εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών (INSPIRE), ώστε να συμπληρωθεί με ένα Base Model, το οποίο να μπορεί να χρησιμοποιεί επικουρικά κατά τη σύνταξη των εξειδικευμένων Μοντέλων Δεδομένων (Application Schemas) των 34 Θεματικών Επιπέδων της Οδηγίας. Αν και το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE προβλέπει χαρακτηριστικά και UML στερεότυπα για την καταγραφή της χρονικής πληροφορίας, δεν διαθέτει πλήρες Base Model για απόδοση των αντικειμένων ως χώρο-χρονικά.

Στην παρούσα διατριβή, αφενός τεκμηριώνονται και αξιολογούνται τα μοντέλα χωρικής αναπαράστασης που υιοθετούνται από τα διεθνή πρότυπα και τις σύγχρονες Χωρικές Υποδομές, και αφετέρου, εισάγονται έννοιες σε ένα μοντέλο το οποίο να είναι ικανό να αντιμετωπίσει χρονικά ζητήματα. Ο στόχος είναι να τυποποιηθούν αυτές οι έννοιες σε ένα ενοποιημένο μοντέλο βάσης δεδομένων, ικανό να διαχειρίζεται όχι μόνο χωρικά ζητήματα, αλλά και τη μεταβολή των φαινομένων. Από την ανάλυση των εξειδικευμένων Application Schemas του INSPIRE εντοπίζονται βασικές απαιτήσεις χώρο-χρονικής ανάλυσης σε εφαρμογές. Αφού διερευνάται η αποτελεσματικότητα των διαθέσιμων δυνατοτήτων αναπαράστασης των χρονικών ιδιοτήτων της Οδηγίας για να αντιμετωπιστούν οι απαιτήσεις αυτές, καθορίζεται η έννοια των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (Spatiotemporal Units - STUs) και περιγράφεται η επέκταση του GEM του INSPIRE ώστε να συμπεριλάβει την Ταυτότητα και τη Χρονική Μεταβολή. Τα STUs μπορούν να υποβληθούν σε 4 μοναδιαίες μεταβολές, και αυτό αξιοποιείται για να συστηματοποιηθεί ο τρόπος εντοπισμού των ευρύτερων Μεταβολών στα application schemas.

Έχοντας ορίσει τις Χώρο-Χρονικές Μονάδες, εξετάζεται η συνεισφορά του προτεινόμενου μοντέλου, με το πώς μπορούν εξυπηρετήσουν τα STUs τις διαδικασίες χώρο-χρονικής Ανάλυσης μέσω των δεδομένων ενός SDI. Ανάγονται οι χρονικές ιδιότητες με τρόπο όμοιο με των χωρικών, ώστε να εκφραστούν έννοιες όπως η Κλίμακα, η Ακρίβεια, η Οπτικοποίηση, και η Γενίκευση, και εξετάζεται ο βαθμός συνεισφοράς των Χώρο-Χρονικών Μονάδων. Ειδικά για την περίπτωση της Χώρο-Χρονικής Εννοιολογικής Γενίκευσης, καθορίζονται τέσσερις (4) τελεστές, οι οποίοι περιγράφουν πως μπορεί να αλλάξει η χρονική κλίμακα των δεδομένων για ανάγκες ανάλυσης. Τέλος, το προτεινόμενο μοντέλο αξιοποιείται και αξιολογείται σε επίπεδο συγκεκριμένων εφαρμογών, καθώς δοκιμάζεται η υιοθέτηση των STUs ως τύπων αντικειμένων σε ισχύοντα application schemas του INSPIRE.

ABSTRACT

The complex nature of Time and Change continues to render spatiotemporal modeling a complex issue, although there have been significant research developments. Moreover, the current trend in geographical phenomena representation, calls for a coherent and widely accessible description of their characteristics in the form of Spatial Data Infrastructures (SDIs). The purpose of this Ph.D. thesis is to research possible extensions of the conceptual models specified in Spatial Data Infrastructures, in order to better describe the spatiotemporal behavior of entities, and to enable Spatiotemporal Analysis procedures. In particular, emphasis was placed on expanding the Generic Conceptual Model (GCM) specified by the European SDI (INSPIRE), in order to present a Base Model, which can be used in a complementary way for the development of specialized Application Schemas regarding the 34 Themes of the Directive. Though the Generic Conceptual Model of INSPIRE provides feature types and UML stereotypes suitable for temporal information, there is no Base Model to fully describe objects in space and time.

The thesis starts with an overview and evaluation of recent spatiotemporal models and views adopted by International Standards and modern SDIs, aiming to specify fundamental concepts for a model that will be able to deal with all temporal issues. The goal is to formalize these concepts into a unified conceptual model, able to manage not only spatial issues, but also the Change of phenomena. By analyzing the INSPIRE Themes' Application Schemas, key requirements are identified, concerning spatiotemporal analysis in related applications. First, the effectiveness of the available capabilities in INSPIRE GCM is investigated, in order to address these requirements. Then, the concept of Spatiotemporal Units (STUs) is defined, as an extension of INSPIRE GCM to facilitate Object Identity and Change representation. The STUs can undergo four basic changes, a fact that is utilized to systematically identify whether broader Object changes are Essential or not.

Having defined the Spatiotemporal Unit, the thesis continues with further research on the proposed model, to examine how the STUs serve spatiotemporal analysis procedures on SDI data sets. Traditionally spatial concepts, such as scale, accuracy, visualization and generalization, are regarded by a spatiotemporal point of view, to examine the contribution of Spatiotemporal Units can make. Especially in the case of spatiotemporal Generalization, four (4) semantic operators are defined, which describe how to facilitate temporal scale change, to serve spatiotemporal analysis needs. Finally, the proposed model is utilized and evaluated in terms of practical applications, by testing the use of STU feature types in existing INSPIRE application schemas.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	5
2.1. Η Έννοια του Χρόνου στα Χωρικά Δεδομένα.....	5
2.1.1. Αντίληψη του Χρόνου	5
2.1.2. Συσχέτιση του Χρόνου με τα Χωρικά Φαινόμενα	6
2.2. Τυποποιημένα Μοντέλα Χώρου και Χρόνου	8
2.2.1. Χώρο-χρονικός Εννοιολογικός Σχεδιασμός	9
2.2.2. Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Chorochronos.....	13
2.2.3. Πρότυπα που σχετίζονται με την έκφραση της Χρονικής Πληροφορίας.....	16
2.3. Βασικοί Ορισμοί και Παραδοχές.....	18
2.3.1. Ταξινόμηση του Χρόνου.....	18
2.3.2. Ιδιότητες της Μεταβολής	19
2.3.3. Καταγραφή του Χρόνου: Μονάδες, Κλίμακα και Ανάλυση	21
2.3.4. Είδη Χρόνου στη Βάση Δεδομένων	22
2.3.5. Ο Χρόνος στον Εννοιολογικό Σχεδιασμό.....	23
3. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΧΩΡΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ.....	27
3.1. Χωρικές Υποδομές (SDIs).....	27
3.1.1. Ορισμός και Οφέλη.....	27
3.1.2. Εθνικές Υποδομές Γεωχωρικών Δεδομένων (NSDI)	28
3.1.3. Η ανάγκη για Ευρωπαϊκή Υποδομή (ESDI).....	30
3.2. Ευρωπαϊκή Χωρική Υποδομή - Οδηγία INSPIRE.....	31
3.2.1. Στόχος της Ευρωπαϊκής Χωρικής Υποδομής INSPIRE.....	31
3.2.2. Διατάξεις Υλοποίησης.....	33
3.2.3. Χρονοδιάγραμμα και Εξέλιξη.....	33
3.2.4. Επισκόπηση Τεχνικού Αρχιτεκτονικού Μοντέλου INSPIRE.....	34
3.3. Τεχνικές Προδιαγραφές Διαλειτουργικότητας.....	44
3.3.1. Απαιτήσεις και Επίτευξη Διαλειτουργικότητας	44
3.3.2. Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο INSPIRE	47
3.3.3. Πλαίσιο Ανταλλαγής Χωρικών Δεδομένων	51
3.3.4. Χρονική Προσέγγιση στις Προδιαγραφές INSPIRE	54
3.4. Θεματικές Περιοχές: Application Specific Schemas.....	60
3.4.1. Θεματικά Επίπεδα Χωρικής Πληροφορίας, σύμφωνα με το INSPIRE	60
3.4.2. Παράρτημα I.....	61
3.4.3. Παράρτημα II.....	64
3.4.4. Παράρτημα III	64
3.4.5. Ανάγκες και Πρακτικές Χρονικού Σχεδιασμού ανά Πεδίο Εφαρμογών	69
3.4.6. Ειδικά Χρονικά Χαρακτηριστικά σε Εξειδικευμένα Μοντέλα	72

3.4.7.	Απαιτήσεις Χρονικού Σχεδιασμού Θεματικών Επιπέδων	73
4.	ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ INSPIRE – ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	79
4.1.	Επιλογή Υποδομών Χωρικών Δεδομένων προς Χρονική Επέκταση	79
4.1.1.	Χρονικά Μοντέλα σε Χωρικές Υποδομές – γιατί;	79
4.1.2.	Η Επιλογή του Ενοσιολογικού Μοντέλου INSPIRE προς Επέκταση	80
4.1.3.	Πλεονεκτήματα και διαθέσιμες Δυνατότητες	83
4.2.	Δυνατότητες Επίλυσης Απαιτήσεων στα πλαίσια του INSPIRE	84
4.2.1.	Απαίτηση 1: Πολλαπλά στιγμιότυπα	84
4.2.2.	Απαίτηση 2: Απεικόνιση της Μεταβολής	85
4.2.3.	Απαίτηση 3: Συνθέσεις και Διαιρέσεις (Aggregations/Splittings)	86
4.2.4.	Απαίτηση 4: Συγκεκριμένα Χρονικά Χαρακτηριστικά	89
4.3.	Χώρο-Χρονικές Μονάδες (STUs).....	90
4.3.1.	Μοντέλο και Βασική Οντολογία	90
4.3.2.	Ορισμός Χώρο-Χρονικών Μονάδων	92
4.3.3.	Ανάλυση και Περιορισμοί.....	95
4.4.	Ταυτότητα και Μεταβολή.....	96
4.4.1.	Διαχείριση Ταυτότητας και Μεταβολής στο Εκτεταμένο Μοντέλο	97
4.4.2.	Ιδιότητες της Μεταβολής ανά Θεματική Περιοχή.....	99
5.	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ	101
5.1.	Αξιοποίηση των Χρονικών Ιδιοτήτων του Μοντέλου εντός ενός SDI	101
5.1.1.	Το Προτεινόμενο Μοντέλο στη Χώρο-Χρονική Ανάλυση	101
5.1.2.	Κλίμακα και Ακρίβεια.....	102
5.1.3.	Οπτικοποίηση Χώρο-Χρονικών Φαινομένων	105
5.2.	Χώρο-Χρονική Γενίκευση	110
5.2.1.	Αλλαγή Χρονικής Κλίμακας	112
5.2.2.	Τελεστές Γενίκευσης με Χώρο-Χρονική Εφαρμογή	115
5.2.3.	Ανάπτυξη Εφαρμογής Ελέγχου Τελεστών: «Χρονογράφος»	118
5.2.4.	Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες στη Γενίκευση	123
6.	ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	125
6.1.	Case Study I: Θεματική Περιοχή Υδρογραφίας.....	128
6.1.1.	Επέκταση του Application Schema	129
6.1.2.	Διεργασίες Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης.....	137
6.2.	Case Study II: Θεματική Περιοχή Διοικητικών Ορίων.....	140
6.2.1.	Επέκταση του Application Schema	141
6.2.2.	Διεργασίες Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης.....	143
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	147
8.	Αναφορές.....	152

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 Ο Χρόνος ως ενιαίο «Σώμα»	5
Σχήμα 2.2 Η συμπεριφορά των χρονικών αντικειμένων, σύμφωνα με το μοντέλο του Ιστορικού Γραφήματος.....	10
Σχήμα 2.3 Τροχιές οι οποίες αντιστοιχούνται σε m-points ή m-regions	11
Σχήμα 2.4 Χρήση του STER για δημιουργία επιμέρους μοντέλου κτηματολογικής εφαρμογής	14
Σχήμα 2.5 (α) Σύμβολα του extended spatio-temporal UML, (β) Παράδειγμα εφαρμογής του extended spatio-temporal UML.....	15
Σχήμα 2.6 Προβλεπόμενες Τιμές της TM_RelativePosition	17
Σχήμα 2.7 Προβλεπόμενες Μεταβολές Βίου και Κίνησης	20
Σχήμα 2.8 (α) Είδη Temporal GIS, (β) Παράδειγμα καταγραφής Φαινομένου Α σε bi-temporal GIS	23
Σχήμα 2.9 Συνεχείς Εκδόσεις Αντικειμένων της ίδιας Οντότητας	24
Σχήμα 2.10 Οι Τρεις Τομείς χαρακτηριστικών και καταστάσεις αντικειμένων, για την οντότητα Γεωτεμάχιο.....	25
Σχήμα 2.11 Παράδειγμα: σενάριο διαδοχικής αλλαγής πιθανών τοπολογικών συσχετίσεων	26
Σχήμα 3.1 Οι χρήστες της Εθνικής Υποδομής Γεωγραφικών Πληροφοριών.....	29
Σχήμα 3.2 Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου λειτουργίας της οδγίας INSPIRE	32
Σχήμα 3.3 Επισκόπηση μοντέλου λειτουργίας INSPIRE	36
Σχήμα 3.4 Το Λεξικό Οντοτήτων ανά Θεματικό Επίπεδο στο Registry του INSPIRE.....	40
Σχήμα 3.5 Παράδειγμα εγγραφής στο Λεξικό Οντοτήτων ανά Θεματικό Επίπεδο.....	42
Σχήμα 3.6 Υπηρεσίες Ανεύρεσης και Επισκόπησης στο INSPIRE Geoportal.....	43
Σχήμα 3.7 Εναλλακτικές Υλοποίησης πρόσβασης σε Εναρμονισμένα δεδομένα	45
Σχήμα 3.8 Παράδειγμα απόδοσης μιας οντότητας του πραγματικού κόσμου (Γεωτεμάχιο) σε αφαιρετική μορφή ως χωρικό αντικείμενο, βάσει του GEM και του application schema για τα Γεωτεμάχια	48
Σχήμα 3.9 Απόδοση με UML του General Feature Model όπως το προβλέπει το GEM.....	49
Σχήμα 3.10 Απόδοση με UML των ενσωματωμένων μοντέλων του GEM.....	50
Σχήμα 3.11 Απόδοση με UML δύο τύπων χωρικών αντικειμένων βάσει του GEM και του στερεοτύπου lifeCycleInfo ..	57
Σχήμα 3.12.1 Μεταβολή Ανάγλυφου μετά την έκρηξη του Ηφαιστείου Mount Saint-Helens το 1981	73
Σχήμα 3.12.2 Κάλυψη Γης Corine το 1990, 2000 και ενδιάμεσα	74
Σχήμα 3.12.3 Εξέλιξη χρήσεων γης.....	74
Σχήμα 3.12.4 Βροχοπτώσεις	75
Σχήμα 3.12.5 Μεταβολή πληθυσμού σε επίπεδο NUTS (EuroStat)	75
Σχήμα 3.12.6 Μοντέλο εξομοίωσης εξέλιξης ασθενειών στην Ιταλία	76
Σχήμα 3.12.7 Παρακολούθηση διασποράς ραδιενεργού Νέφους, από Φουκουσίμα, Ιαπωνία, 2011	76
Σχήμα 3.12.8 Μεταβολές στους δήμους στην Ελβετία.....	77
Σχήμα 3.12.9 Δεδομένα μεταβολής αστικού ιστού	77
Σχήμα 4.1 Ταξινόμηση αντικειμένων εντός και εκτός εύρους ενασχόλησης στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE	82
Σχήμα 4.2 Συνένωση/Συγχώνευση και Διάρθρωση/Διάσπαση	86
Σχήμα 4.3 Τύπος αντικειμένου AggregatableAndSplittable σε διάγραμμα UML.....	86

Σχήμα 4.4 Συνδυασμός Εποισιόδους/Ουσιώδους Μεταβολής.....	87
Σχήμα 4.5 Φαινόμενα που καταλαμβάνουν μια χώρο-χρονική έκταση, και επιμερισμός σε STUs	91
Σχήμα 4.6 Παράδειγμα επιμερισμού Αντικειμένου διαφορετικών Εκδόσεων σε Χώρο-Χρονικές Μονάδες (STUs)	93
Σχήμα 4.7 Διάγραμμα UML του προτεινόμενου Βασικού Μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (STUs)	94
Σχήμα 4.8 Παράδειγμα των 9 βασικών Μεταβολών (Ουσιωδών και μη), δίχως Κίνηση αντικειμένου.....	97
Σχήμα 5.1 Διακύμανση ονομαστικών χωρικών κλιμάκων κατά INSPIRE	103
Σχήμα 5.2 Αλληλοεπικάλυψη των χωρικών κλιμάκων μεταξύ Θεματικών Επιπέδων INSPIRE	104
Σχήμα 5.3 Επέκταση του προτεινόμενου μοντέλου Χώρο-Χρονικών Μονάδων με τα χαρακτηριστικά spatialAppScale και temporalAppScale	104
Σχήμα 5.4 Ταυτόχρονη Οπτικοποίηση χρονικής και χωρικής κλίμακας – Εξερευνητές	105
Σχήμα 5.5 Στατικός 2d χάρτης με την τροχιά ως γραμμή – πορεία Μαγγελάνου	106
Σχήμα 5.6 Τρισδιάστατος χάρτης με το χρόνο ως τρίτο άξονα	106
Σχήμα 5.7 Στατικός χάρτης με θεματικά σύμβολα ταξινομημένα σε χρονική κλίμακα απόδοσης- πυρκαγιές	107
Σχήμα 5.8 Δυναμικός χάρτης εναλλαγής στιγμιότυπων, υπό μορφή animated display – Πτώση Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας	108
Σχήμα 5.9 Η μπάρα ρύθμισης των στιγμιότυπων (time slider) για το animated display στο ArcGIS.....	109
Σχήμα 5.10 Τα χρονικά χαρακτηριστικά ως κριτήριο σε Ερώτημα	109
Σχήμα 5.11 Α. Χρονική Γενίκευση (Temporal Generalization), Β. Χωρική Γενίκευση (Spatial Generalization), Γ. Χώρο-χρονική Γενίκευση (Spatio-temporal Generalization)	112
Σχήμα 5.12 Λεπτομέρεια του προτεινόμενου Base Model των STUs με τη Θεματική περιοχή (πεδίο fiatEntity) και τη Χρονική (πεδίο changeType)	114
Σχήμα 5.13 Παραδείγματα Τελεστών Χρονικής Εννοιολογικής Γενίκευσης	116
Σχήμα 5.14 Το κεντρικό παράθυρο της Εφαρμογής «Χρονογράφος»	119
Σχήμα 5.15 Καταχώριση παραμέτρων χρήστη ή/και πεδίου εφαρμογής	121
Σχήμα 5.16 Ορισμός χαρακτηριστικών στιγμιότυπων δυναμικού χάρτη.....	122
Σχήμα 5.17 Υπολογισμός spatiotemporal Generalization Fidelity Ratio	122
Σχήμα 6.1 Στάδια σχεδιασμού ενός Τεχνικών Προδιαγραφών ανά Θεματικό Επίπεδο.....	126
Σχήμα 6.2 Οι τρεις διαφορετικές απαιτήσεις χρήστη στην Υδρογραφία	129
Σχήμα 6.3 Τα τρεις επιμέρους Application Schemas στην Υδρογραφία.....	130
Σχήμα 6.4 (α) Οι Οντότητες του Physical Waters στον Πραγματικό Κόσμο (β) Οι Οντότητες (μέρος) σε UML.....	131
Σχήμα 6.5 (α) Οι Οντότητες του Hydro - Reporting στον Πραγματικό Κόσμο (β) Οι Οντότητες imported από WISE σε UML.....	133
Σχήμα 6.6 (α) Οι Οντότητες του Hydro - Network στον Πραγματικό Κόσμο (β) Οι Οντότητες imported από Network Model.....	134
Σχήμα 6.7 (α) Δοκιμή εισαγωγής STUs στο Hydro-Report (β) Δοκιμή εισαγωγής STUs στο Hydro – Network.....	136
Σχήμα 6.8 Χάρτης χρονική απεικόνιση ποτάμιων σωμάτων, το 2010 και το 2013	138
Σχήμα 6.9 Χάρτης χρονική απεικόνιση Ουσιωδών Μεταβολών STUs.....	139
Σχήμα 6.10 Application Schema για τις Διοικητικές Ενότητες	140
Σχήμα 6.11 (α) Δοκιμή εισαγωγής STUs στο AdministrativeUnit (β) Δοκιμή εισαγωγής STUs στο AdministrativeBoundary	142

Σχήμα 6.12 Χάρτης τύπου <i>animated display</i> , όπου αποδίδονται οι Οντότητες το 1997, 2008 και 2010	144
Σχήμα 6.13 Χάρτης χρονική απεικόνιση Ουσιωδών Μεταβολών STUs.....	145
Σχήμα 7.1 Κύρια σημεία που αντιμετωπίστηκαν στην παρούσα έρευνα.....	148
Σχήμα 7.2 Το INSPIRE GeoPortal ως έχει	150

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο χρόνος και οι μεταβολές σε αυτόν έχουν αποκτήσει κρίσιμη σημασία για τη Χαρτογραφία και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), καθώς αφορούν άμεσα σε κοινωνικοοικονομικές, κτηματολογικές και γεωφυσικές εφαρμογές. Η μεγαλύτερη δυσκολία στην καταγραφή της χρονικής μεταβολής έγκειται στη σύνδεσή της με τα υφιστάμενα χωρικά μοντέλα. Αν και έχουν γίνει σημαντικές προτάσεις και εξελίξεις, παραμένει ένα σύνθετο ζήτημα το οποίο δεν έχει μοναδική λύση. Ωστόσο, ο κόσμος γύρω μας μεταβάλλεται συνεχώς, και αυτό εγείρει την απαίτηση κατάλληλης προετοιμασίας και σχεδιασμού σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, ώστε να προβλεφθούν εγκαίρως οι εξελίξεις και να προσαρμοστούν σε αυτές οι αρμόδιοι Φορείς. Η προετοιμασία αυτή θα πρέπει να στηριχθεί στη διαχείριση δεδομένων που καλύπτουν μακρές χρονικές περιόδους, ώστε να κατανοηθούν γεωχωρικά φαινόμενα, να εντοπιστούν τυχόν τάσεις, να βρεθούν απαντήσεις, και να χαραχθούν μελλοντικά σενάρια. Βασικό εμπόδιο στη διαδικασία αυτή δεν είναι μόνο το κενό διαχείρισης των χρονικών στοιχείων γεωγραφικών δεδομένων, αλλά και η ανομοιογένεια μεταξύ των γεωγραφικών δεδομένων που καταγράφηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, όπως και η πιθανή ασυμβατότητά τους με γεωγραφικά δεδομένα που θα συλλεχθούν μελλοντικά.

Παράλληλα, η σύγχρονη τάση στην καταγραφή των γεωγραφικών φαινομένων επιβάλλει την συνεκτική και ευρέως προσπελάσιμη περιγραφή τους υπό τη μορφή Υποδομών Χωρικών Πληροφοριών (Spatial Data Infrastructures – SDIs). Πρόκειται για συλλογές γεωγραφικών πληροφοριών, που καλύπτουν ευρύ φάσμα θεματικών κατηγοριών και επιστημονικών αναγκών, και συγκεντρώνουν χωρική και περιγραφική πληροφορία εκτενών γεωγραφικών εκτάσεων – Εθνικού ή και Ευρωπαϊκού επιπέδου. Τα γεγονότα που συλλέγονται, ως δεδομένα που περιγράφουν τα γεωγραφικά φαινόμενα, όσο ακριβή και αν είναι, δεν μπορούν να αξιοποιηθούν το ίδιο αποτελεσματικά, εάν δεν ενταχθούν πρώτα εντός ενός χωρικού και χρονικού πλαισίου, βάσει του οποίου μπορεί να υπάρξει κάποιου είδους αναφορά. Τον ρόλο αυτόν παραδοσιακά έπαιζαν οι χάρτες, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες ο φόρτος των εργασιών χωρικής ανάλυσης πέρασε στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Οι Υποδομές Χωρικών Πληροφοριών αποτελούν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη της διαχείρισης της χωρικής πληροφορίας, μετά τα GIS.

Μετά από αποσπασματικές προσπάθειες, η σύγχρονη κοινωνία πλησιάζει πλέον σε μια φάση όπου οι Υποδομές Χωρικών Πληροφοριών είναι βιώσιμες, και περιέχουν γεωγραφικά δεδομένα τα οποία διαμοιράζονται και αξιοποιούνται από ποικίλους χρήστες και εφαρμογές. Τεράστιο ρόλο σε τούτο παίζει η τεχνολογία, καθώς η επικράτηση του Διαδικτύου επιτρέπει τη σύνδεση και χρήση δεδομένων διανεμημένα σε διάσπαρτα γεωγραφικά μέρη και φορείς. Διαπιστώνεται ωστόσο, πως τα καθοριζόμενα Χωρικά Μοντέλα στις υπό ανάπτυξη Χωρικές Υποδομές στερούνται αποτελεσματικής και εκμεταλλεύσιμης αναπαράστασης του χρονικού στοιχείου και των μεταβολών των περιγραφόμενων φαινομένων. Ως εκ τούτου, τα μοντέλα των Υποδομών Χωρικών Δεδομένων αποτελούν ένα πρόσφορο και επίκαιρο πεδίο για τη μελέτη ενιαίας διαχείρισης χώρο-χρονικών χαρακτηριστικών των γεωγραφικών φαινομένων.

Στην παρούσα διατριβή, αφενός τεκμηριώνονται και αξιολογούνται τα μοντέλα χωρικής αναπαράστασης που υιοθετούνται από τα διεθνή πρότυπα και τις σύγχρονες Χωρικές Υποδομές, και αφετέρου, εισάγονται έννοιες σε ένα μοντέλο το οποίο να είναι ικανό να αντιμετωπίσει χρονικά ζητήματα.

Ο στόχος είναι να τυποποιηθούν αυτές οι έννοιες σε ένα ενοποιημένο μοντέλο βάσης δεδομένων, ικανό να διαχειρίζεται όχι μόνο χωρικά ζητήματα, αλλά και τη μεταβολή των φαινομένων.

Από την ανάλυση της διατριβής διαπιστώνονται τόσο οι τρέχοντες περιορισμοί των μοντέλων των Χωρικών Υποδομών ως προς τη διαχείριση της χρονικής μεταβολής των οντοτήτων τους, όσο και η ευρεία εφαρμογή των SDIs την προκείμενη χρονική περίοδο εξαιτίας των όσων ορίζει η Οδηγία INSPIRE αλλά και το Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο ανάπτυξης της ΕΥΓΕΠ (Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών).

Η διατριβή εστιάζει στην ανάλυση και επέκταση των δυνατοτήτων της Ευρωπαϊκής Υποδομής Χωρικών Δεδομένων, όπως αυτή περιγράφεται μέσα από τις Τεχνικές Προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Οδηγίας INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Η επιλογή της μεθοδολογίας και του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου (ΓΕΜ) του INSPIRE ως «μοντέλο-βάση» για την προτεινόμενη επέκταση στηρίζεται στο ότι το INSPIRE έχει καταλήξει σε ένα εύρωστο εννοιολογικό πλαίσιο, κατάλληλο για τη διασφάλιση διαλειτουργικότητας μεταξύ των πολυποίκιλων 34 επιμέρους τεχνικών προδιαγραφών οι οποίες αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του SDI. Από το 2005, το INSPIRE πρωτοπορεί σε θέματα έρευνας, ανάπτυξης και υλοποίησης ενός εννοιολογικού και φυσικού πλαισίου για τη θέσπιση συνιστωσών μιας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων. Οι επιλογές αυτές έχουν αναγάγει το εννοιολογικό και φυσικό πλαίσιο του INSPIRE, από μία «απλή» προσέγγιση για την Ευρωπαϊκή Υποδομή, σε *state of the art* λύση για μελλοντικές προσπάθειες ανάπτυξης άλλων SDIs σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Το INSPIRE εστιάζει σε χωρικά δεδομένα, όχι κάθε είδους θεματικά ή περιγραφικά δεδομένα. Το ΓΕΜ του INSPIRE παρέχει ενιαίο πλαίσιο χωρικής και χρονικής αναφοράς, όπως και χωρικά αντικείμενα, για να χρησιμοποιηθούν σε περιβαλλοντικές εφαρμογές που αξιοποιούν χωρικές και χρονικές θέσεις. Αλλά δεν εστιάζει στα χρονικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων της κάθε εφαρμογής, ούτε προδιαγράφει κάποιο ειδικό επιμέρους μοντέλο. Το προτεινόμενο μοντέλο λειτουργεί επικουρικά με το ΓΕΜ, επιδιώκοντας να δώσει τα απαραίτητα εργαλεία για επίτευξη εννοιολογικής διαλειτουργικότητας, αξιοποιήσιμα από τα εξειδικευμένα application schemas του INSPIRE, ώστε να επεκταθούν οι δυνατότητες χώρο-χρονικής ανάλυσης στα Θεματικά Επίπεδα της Οδηγίας. Αυτό συνδέεται με τη σημαντικότητα, επικαιρότητα και χρησιμότητα του θέματος της διατριβής.

Η Οδηγία INSPIRE καθορίζει ένα συγκεκριμένο Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας με το οποίο θα αναπαρίστανται τα γεωγραφικά φαινόμενα που θα περιέχει, τόσο μέσω ενός Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου (Generic Conceptual Model), όσο και εξειδικευμένων Θεματικών Μοντέλων ανά περιοχή εφαρμογών (Application Specific Schemas). Τα μοντέλα αυτά, τα οποία αποτυπώνονται υπό μορφή γλώσσας UML και αποτελούν προϊόν πολύμηων διεργασιών εξειδικευμένων ομάδων εργασίας, αναλύονται και διερευνάται η δυνατότητα επέκτασής τους ώστε να αναπαριστούν και την χρονική συμπεριφορά των οντοτήτων που περιλαμβάνουν. Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο επεκτείνεται με την εισαγωγή των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (Spatiotemporal Units – STUs), στοιχειωδών δηλαδή χωρικών μονάδων που περιγράφουν αθροιστικά την δυναμική συμπεριφορά κάθε οντότητας.

Ο σχεδιασμός των STUs προσβλέπει στην τυποποίηση των προβλεπόμενων Μεταβολών και στην αναγνώρισή τους σε ένα time-stamped μοντέλο. Εξετάζεται η συνεισφορά τους στη διευκόλυνση διαδικασιών χώρο-χρονικής Ανάλυσης, ειδικά σε σχέση με ζητήματα Κλίμακας, Οπτικοποίησης και Εννοιολογικής Γενίκευσης χώρο-χρονικών δεδομένων.

Έπειτα, τα STUs εφαρμόζονται δοκιμαστικά σε Application Schemas του INSPIRE, ώστε να ερευνηθεί στην πράξη η μεθοδολογία περιγραφής της χρονικής συμπεριφοράς, εκμεταλλευόμενη την εξειδικευμένη φύση των μοντέλων αυτών σε συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος, όπως Υδρογραφία, Διοικητικά Όρια, Δημογραφικές μονάδες κ.α. Η ανάπτυξη και διαχείριση των Application Schemas πραγματοποιείται

με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της πλατφόρμας ArcGIS και του επιπρόσθετου λογισμικού «ArcGIS for INPIRE», η οποία επιτρέπει την εφαρμογή των UML μοντέλων στο πρακτικό επίπεδο ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών, και τη δημιουργία test data sets.

Συγκεκριμένα, η παρούσα έρευνα καλείται:

1. Να αναλύσει τις τρέχουσες δυνατότητες αναπαράστασης του χρόνου στο Εννοιολογικό Μοντέλο και τα εξειδικευμένα Application Schemas μιας Χωρικής Υποδομής όπως καθορίζεται από το INSPIRE.
2. Να επεκτείνει το Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE με την έννοια των Spatiotemporal Units (STUs), ουσιαστικά καθορίζοντας τις έννοιες της «Ταυτότητας» και της «Μεταβολής» στη Θεματική Περιοχή.
3. Να αναγάγει τις χρονικές έννοιες ώστε να αντιμετωπιστούν με τρόπο παρόμοιο των χωρικών εννοιών σε μια Χωρική Υποδομή - τέτοιες έννοιες περιλαμβάνουν την κλίμακα, την ακρίβεια, τη γενίκευση (όχι πλέον ένα γραφικό πρόβλημα, αλλά ως εννοιολογικό πρόβλημα ανάλυσης σε διαφορετικές χρονικές στιγμές), την οπτικοποίηση, και γενικά τις δυνατότητες χώρο-χρονικής ανάλυσης.
4. Να αξιοποιήσει και να αξιολογήσει τα προτεινόμενα μοντέλα σε επίπεδο συγκεκριμένων εφαρμογών.

Για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων, η διατριβή αναπτύσσεται με την εξής δομή:

- 🕒 Στο Κεφάλαιο 2, αναλύονται οι έννοιες του Χρόνου και της Μεταβολής και πως αντιμετωπίζονται στη σύγχρονη ερευνητική δραστηριότητα, ενώ καθορίζονται οι Βασικές Παραδοχές για το προτεινόμενο μοντέλο.
- 🕒 Στο Κεφάλαιο 3, αναπτύσσονται οι εν ισχύ δυνατότητες αναπαράστασης των χρονικών ιδιοτήτων σε Χωρικές Υποδομές, και συγκεκριμένα μέσω των Τεχνικών Προδιαγραφών και των Μοντέλων του INSPIRE. Αναλύονται το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο και τα application schemas για τις επιλογές και εργαλεία που διαθέτουν για την απεικόνιση της χρονικής πληροφορίας, και εντοπίζονται βασικές απαιτήσεις χώρο-χρονικής ανάλυσης.
- 🕒 Στο Κεφάλαιο 4, καθορίζεται η έννοια των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (Spatiotemporal Units - STUs) και περιγράφεται η επέκταση των μοντέλων του INSPIRE ώστε να συμπεριλάβουν την Ταυτότητα και τη Χρονική Μεταβολή. Αξιοποιείται η δυνατότητα των STUs να υποβληθούν σε 4 μοναδιαίες μεταβολές για να συστηματοποιηθεί ο τρόπος εντοπισμού των ευρύτερων Μεταβολών στα application schemas.
- 🕒 Στο Κεφάλαιο 5, ανάγονται οι χρονικές ιδιότητες με τρόπο όμοιο με των χωρικών, ώστε να εκφραστούν έννοιες όπως η Κλίμακα, η Ακρίβεια, η Γενίκευση, η Οπτικοποίηση και η Χώρο-χρονική Ανάλυση. Εξετάζεται η συνεισφορά του προτεινόμενου μοντέλου, με το πώς μπορούν εξυπηρετήσουν τα STUs τις διαδικασίες αυτές.
- 🕒 Στο Κεφάλαιο 6, αξιοποιούνται οι ανωτέρω έννοιες σε «πραγματικές» εφαρμογές, υλοποιώντας τα υπό εξέταση μοντέλα ως Case Studies.
- 🕒 Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 της διατριβής, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας, καθώς και ανοικτά θέματα για μελλοντική έρευνα.

Με την εισαγωγή των εννοιών των Spatiotemporal Units και κατ' επέκταση, την τυποποίηση των εννοιών «Ταυτότητα» και «Μεταβολή», η διατριβή επεκτείνει υφιστάμενα μοντέλα έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν και τη χρονική διάσταση. Όπως διαφαίνεται από τη βιβλιογραφική ανάλυση, το θέμα της διατριβής παρουσιάζει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον για την επιστήμη της Γεωπληροφορικής, ειδικά στους τομείς διαχείρισης των δεδομένων σε μοντέλα, και της χαρτογραφικής τους απόδοσης. Τα φαινόμενα του γεωγραφικού χώρου χαρακτηρίζονται από πολύπλοκη χώρο-χρονική συμπεριφορά, και οι ανάγκες διαχείρισης και ανάλυσής τους δεν αντιμετωπίζονται από απλοποιημένα μοντέλα. Η σύνθετη φύση των Υποδομών Χωρικών Δεδομένων, οι οποίες καλούνται να εξυπηρετήσουν πληθώρα διαφορετικών πεδίων εφαρμογών, εντείνει το πρόβλημα.

Η εισαγωγή της έννοιας των Χώρο-Χρονικών Μονάδων σε επίπεδο Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου δίνει τη δυνατότητα διαχείρισης όμοιων Οντοτήτων από διαφορετικά πεδία εφαρμογών. Οι STUs, επιτρέποντας την αντιμετώπιση των Οντοτήτων αναλόγως των απαιτήσεων κάθε περίπτωσης σε σχέση με το δίπτυχο ιστορία οντότητας-κίνηση φαινομένου, αποτελούν την ερευνητική συνεισφορά της εργασίας αυτής. Η σύνταξη ενός βασικού μοντέλου, η συστηματοποίηση των Ουσιωδών και Επουσιωδών Μεταβολών μέσω STUs, και η ανάπτυξη μιας γενικής μεθοδολογίας για την εφαρμογή του μοντέλου σε θέματα Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης –όπως η Γενίκευση- τεκμηριώνουν τον απαραίτητο διδακτορικό χαρακτήρα του θέματος.

2. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

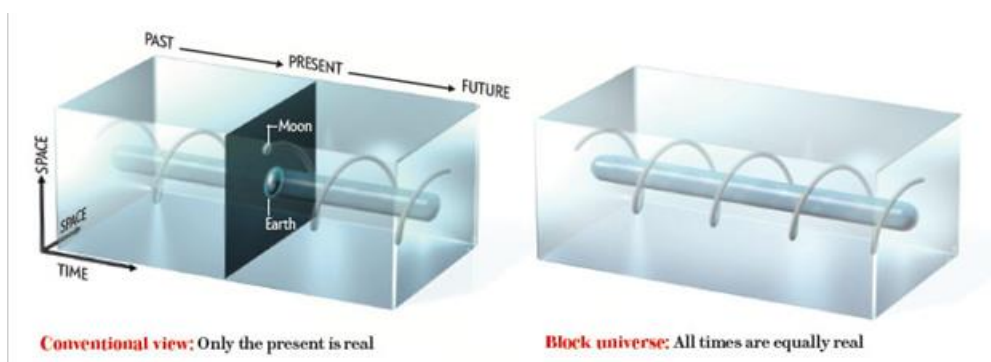
2.1. Η Έννοια του Χρόνου στα Χωρικά Δεδομένα

2.1.1. Αντίληψη του Χρόνου

Το «πέρασμα» του χρόνου αποτελεί πιθανότατα μία από τις βασικότερες σταθερές της ανθρώπινης αντίληψης, καθώς οι άνθρωποι βιώνουν την έλευση του χρόνου, λεπτό με λεπτό, πολύ πιο χαρακτηριστικά από, για παράδειγμα, την κίνησή τους στον χώρο ή τη μεταβολή σχήματος των αντικειμένων. Ωστόσο, σύμφωνα με πολλές προσεγγίσεις των Φυσικών –αλλά και των Φιλοσοφικών- επιστημών, πρόκειται για μια ψευδαίσθηση (Callender, 2012). Χρησιμοποιώντας τα λόγια του Ε. Καντ: "Ο Χρόνος δεν είναι κάτι το αντικειμενικό. Δεν είναι μία οντότητα, ούτε κάποιο τυχαίο συμβάν ή μία σχέση, αλλά μία υποκειμενική κατάσταση, η οποία δημιουργείται λόγω της φύσης του ανθρώπινου νου".

Η βασική ανθρώπινη αντίληψη είναι πως ο Χρόνος κινείται ως Βέλος (Coveney and Highfield, 1990), όπου το παρελθόν υπήρξε και είναι πλέον αδιαμφισβήτητο, το μέλλον είναι απροσδιόριστο, και η πραγματικότητα αντιστοιχεί στο παρόν. Εν τούτοις, ο Χρόνος αντιστοιχεί περισσότερο σε μια τέταρτη διάσταση, παρόμοια (αλλά όχι ίδια) με τις τρεις γνωστές διαστάσεις του Χώρου. Εάν επιχειρούσε κάποιος να αποδώσει τη συγκεκριμένη 4^η διάσταση διατηρώντας 2 από τις 3 διαστάσεις του Χώρου, τότε η μεταβολή στον χρόνο θα περιγραφόταν στην 3^η διάσταση.

Για παράδειγμα, η κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη θα αποδιδόταν με ευθεία κίνηση της γης και η περιστροφή της σελήνης ως «σπείρα» γύρω της. Η ευρεία, κλασική αντίληψη είναι πως ο τρέχον χρόνος (παρόν) αποτελεί ουσιαστικά ένα στιγμιότυπο αυτής της κίνησης. Στο ενεργό «λεπτό» του ρολογιού κάθε στιγμή, η Σελήνη στο προηγούμενο παράδειγμα θα βρίσκεται σε μία μοναδική και συγκεκριμένη θέση σε τροχιά γύρω από τη Γη. Καθώς ο χρόνος «κυλάει», η κατάσταση αυτή «παύει», και ανά πάσα στιγμή έχουμε νέα σχέση Σελήνης-Γης. Ωστόσο, η βασική ανθρώπινη αντίληψη πως το παρόν είναι ξεχωριστό εμπεριέχει το παράδοξο πως με το σκεπτικό αυτό κάθε στιγμή είναι ξεχωριστή (ήταν ή θα είναι) – άρα το Παρόν δεν υπερτερεί κάπου επί παρελθόντος και μέλλοντος. Η επικρατέστερη πλέον αντίληψη σε θετικές και φιλοσοφικές επιστήμες για τη διαχείριση του Χρόνου είναι πως κάθε στιγμή είναι «πραγματική» και εξίσου σημαντική (Davies, 2012). Το μοντέλο αυτό εκφράζει Χρόνο και Χώρο ως ένα ενιαίο Σώμα (block), το οποίο περιγράφει όλη την αιωνιότητα και τον 3διάστατο χώρο σε τέσσερις διαστάσεις. Στο Σχήμα 2.1 απεικονίζονται μόνο οι 2 από τις 3 διαστάσεις του χώρου.



Σχήμα 2.1 Ο Χρόνος ως ενιαίο «Σώμα» (Davies, 2012)

Η προσέγγιση του Χώρο-Χρόνου ως ενιαίο 4διάστατο Σώμα μπορεί να υιοθετηθεί αποτελεσματικά και στη μοντελοποίηση των χωρικών φαινομένων στην ανάπτυξη χώρο-χρονικών Βάσεων Δεδομένων και διαδικασιών χρονικής Ανάλυσης, για αυτό και υιοθετείται στην παρούσα διατριβή.

Σε ένα τέτοιο μοντέλο του χώρο-χρόνου, ο Χρόνος εκτείνεται στη διάστασή του απεριόριστα, όμοια με το Χώρο. Παρόμοια με τον τρόπο που θα παρατηρούσε κανείς τον Χώρο ως ένα εκτενές Τοπίο (landscape), ο Χρόνος εκτείνεται αναλογικά στο δικό του Timescape.

Επισημαίνεται πως, αν και ο Χρόνος χαρακτηρίζεται ως τέταρτη διάσταση, δεν είναι πανομοιότυπη με τις γνωστές τρεις διαστάσεις. Αν και έννοιες του χώρου αντιστοιχούν σε έννοιες στον χρόνο, αντιμετωπίζονται διαφορετικά. Η ιδέα πως ο χρόνος «κινείται» ως βέλος, από το παρελθόν στο παρόν έχει μεν νόημα, αλλά μόνο για την αίσθηση της κατεύθυνσης – όπως θα χρησιμοποιούσε κανείς τις έννοιες «πάνω» και «κάτω» στον χώρο. Όπως και στις χωρικές διαστάσεις, απαιτείται η αναφορά ως προς κάτι άλλο για να βρεθεί η χρονική «θέση» ενός αντικειμένου. Ένα χρονόμετρο μετράει ουσιαστικά χρονικά διαστήματα μεταξύ συμβάντων, όπως μια μετροταινία μετράει χωρικά διαστήματα μεταξύ θέσεων.

Η καταγραφή των χρονικών ιδιοτήτων των χωρικών φαινομένων εμπεριέχει την ανθρώπινη εμπειρία και παρατήρηση. Αν και ο άνθρωπος δεν παρατηρεί το κυριολεκτικό πέρασμα του Χρόνου – όπως αντιλαμβάνεται την κυριολεκτική κίνησή από σημείο σε σημείο στον Χώρο – μετρά και καταγράφει τα δεδομένα βάσει της φιλοσοφίας ότι ο Χρόνος «ρέει». Ομοίως, όταν παρατηρεί και επιχειρεί να αναλύσει τέτοιου είδους δεδομένα, καθιστά τις έννοιες του παρελθόντος και του μέλλοντος σε μια χρονική κλίμακα ως αναφορά για τη «μετακίνηση» των φαινομένων στο Χρόνο.

Η μετακίνηση και η πορεία στον Χρόνο λαμβάνουν χώρα μέσω της Μεταβολής (Change). Η μεταβολή χαρακτηρίζει τη μετάθεση μεταξύ δύο διαφορετικών καταστάσεων ενός χωρικού αντικειμένου. Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τη μεταβολή, και κατά τη διαδικασία Ανάλυσης, τοποθετεί τις καταστάσεις του Αντικειμένου σε χρονική διαδοχή. Η φιλοσοφία της διαδοχής στηρίζεται στο 2^ο Νόμο της Θερμοδυναμικής: η εντροπία ενός συστήματος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Εάν κάποιος παρατηρήσει τις εικόνες ενός αυγού ολόκληρου και ενός αυγού ραγισμένου, θα τοποθετήσει αυτόματα τις δύο καταστάσεις σε διαδοχή, με το ραγισμένο (αυξημένη εντροπία) ως μεταγενέστερο.

Η έννοια της αυξημένης εντροπίας συνδέεται άμεσα με την έννοια της αυξημένης πληροφορίας κατά την πάροδο του χρόνου: νέες πληροφορίες συλλέγονται συνεχώς όσο περνάει η ώρα, και ο άνθρωπος τους δημιουργεί περισσότερες αναμνήσεις. Ως εκ τούτου, σε παρόμοιο παράδειγμα με αυτό του αυγού, εάν ένας χρήστης παρατηρήσει δύο διαφορετικές εκδόσεις του ίδιου πληροφοριακού συστήματος, όπου η μία διαθέτει περισσότερα δεδομένα (και με πλησιέστερη χρονική αναφορά), θα θεωρήσει πως αυτή είναι και η «μεταγενέστερη» κατάσταση της Βάσης, και επί αυτής θα στηρίξει την όποια περαιτέρω ανάλυσή του.

2.1.2. Συσχέτιση του Χρόνου με τα Χωρικά Φαινόμενα

Ο Χρόνος και οι μεταβολές σε αυτόν έχουν μεγάλη σημασία για τη Χαρτογραφία και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), κυρίως για κοινωνικοοικονομικές, κτηματολογικές, ιστορικές, χωροταξικές και γεωφυσικές εφαρμογές. Η σημασία της απεικόνισης χρονικών χαρακτηριστικών των χωρικών οντοτήτων έχει πλέον αναγνωρισθεί. Ο κόσμος μας είναι δυναμικός, συνεχώς μεταβαλλόμενος, και κάθε χωρικό φαινόμενο εξελίσσεται και στη χρονική διάσταση, οπότε η πληροφορία αυτή είναι απαραίτητη για την ορθή Ανάλυσή του.

Η χωρική Μεταβολή έχει εγγενή σύνδεση με το Χρόνο. Ωστόσο, η έννοια του Χρόνου δεν είναι

εύκολα κατανοήσιμη, μετατρέποντας οποιαδήποτε προσπάθεια περιγραφής της μεταβολής σε ένα πολύ δύσκολο έργο. Ενώ είναι εύκολο για τον άνθρωπο να καταλάβει τον περιβάλλοντα χώρο του, ο χρόνος είναι τελείως διαφορετικό ζήτημα. Η θέση του κάθε αντικείμενου είναι κατανοητή και εισάγεται εύκολα σε ένα μοντέλο. Αντιθέτως, δεν μπορούμε να καταλάβουμε ακριβώς την χρονική περίοδο κατά την οποία έλαβε χώρα κάποιο γεγονός, αλλά την κατανοούμε από τα αποτελέσματά του. Οι ορισμοί των χρονικών "περιόδων" είναι αρκετά αφηρημένοι, όπως "παρελθόν", "παρόν" και "μέλλον", χωρίς να είναι ξεκάθαρα η αρχή και το τέλος τους. Αυτά που γνωρίζουμε για κάθε οντότητα είναι τι συνέβηκε σε αυτήν κατά το "παρελθόν", τι πληροφορία συλλέγουμε για αυτήν στο "παρόν" και μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συμπεριφορά της στο "μέλλον" (Coveney and Highfield, 1990).

Τα περισσότερα σύγχρονα χώρο-χρονικά μοντέλα θεωρούν πως ο χρόνος είναι γραμμικός και μη-αναστρέψιμος. Η Langran, από τους πρώτους ερευνητές που ασχολήθηκαν με τα Temporal GIS, ορίζει το Γεωγραφικό Χρόνο ως μία τέταρτη διάσταση, ακολουθώντας τη Νευτώνεια φιλοσοφία του χρόνου ως γραμμή (ή σειρά γεγονότων) που δεν αντιδρά με το χώρο (Langran, 1992). Σε αυτή τη θεώρηση, θα προσθέσουμε πως αυτή η γραμμική διαδοχή γεγονότων έχει μία κατεύθυνση, κινούμενη "μπροστά" όπως ένα βέλος. Παρότι τα συστήματα χωρικών πληροφοριών χρησιμοποιούνται ευρέως για την συλλογή των γεωμετρικών και περιγραφικών πληροφοριών του περιβάλλοντός μας, υστερούν ακόμη στο να συμπεριλάβουν τα χρονικά χαρακτηριστικά τα οποία εμφανίζονται σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Βασικός λόγος το ότι ο σχεδιασμός και η καταγραφή της Μεταβολής στο Χρόνο δεν είναι απλή διαδικασία. Η κύρια δυσκολία έγκειται στην πολυπλοκότητα κατανόησης των εννοιών του Χρόνου, όπως και της εφαρμογής τους σε υπάρχοντα χωρικά μοντέλα.

Τα χρονικά δεδομένα που περιγράφουν τα χωρικά αντικείμενα ονομάζονται συχνά και «*Ιστορικά*», καθώς θεωρείται πως περιγράφουν την ιστορική πορεία του αντικείμενου. Για μεγάλο διάστημα, τα ιστορικά δεδομένα δεν αναλύονταν με τη βοήθεια κάποιου GIS αλλά με προγράμματα κυρίως στατιστικής ανάλυσης. Έχει όμως πλέον γίνει κατανοητό στους ερευνητές ότι δεν αρκεί να περιγραφεί η χρονική πληροφορία ενός φαινομένου, αλλά να συνδεθεί και με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της κατά την πορεία της στο χρόνο.

Στη σύγχρονη Χωρική Ανάλυση είναι απαραίτητη η ενιαία κατανόηση χώρου και χρόνου: για να αναλυθεί ένα γεωγραφικό φαινόμενο συγκεκριμένης θέσης και σχήματος σε πρόσφατη εποχή/ημερομηνία, είναι πολύ χρήσιμο να γίνει κατανοητή και η χρονολογική του εξέλιξη (Styliadis et al. 2001, Massey, 2005). Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά η Massey: «*ο χώρος λειτουργεί ως η σφαίρα στην οποία πολλές διαφορετικές ιστορίες συνυπάρχουν, συναντώνται, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, αντικρούονται ή συνεργάζονται. Ο χώρος δεν είναι στατικός, ούτε απλά μία τομή σε συγκεκριμένο χρόνο: είναι ενεργός και παράγει νέα δεδομένα συνεχώς*». Ως εκ τούτου, το τρίπτυχο Χωρικής, Περιγραφικής και Χρονικής πληροφορίας πρέπει να προβλεφθεί στο σχεδιασμό μια Βάσης Χωρικών Δεδομένων.

Μέχρι σήμερα, παρά τις συνεχείς εξελίξεις της Έρευνας, η Ανάλυση της μεταβολής ως προς τον χώρο και τον χρόνο έγκειται σε περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί δεν πηγάζουν μόνο από ελλείψεις στα ίδια τα δεδομένα, αλλά και στον τρόπο που μπορούν να αποδοθούν τα δεδομένα σε ένα σύστημα πληροφοριών. Έτσι, εντοπίζονται τρεις (3) βασικές απαιτήσεις οι οποίες προκύπτουν για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων ενός GIS για εργασίες Χώρο-χρονικής Ανάλυσης (Gregory and Ell, 2007):

- Το σύστημα οφείλει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένο για να καταγράφει τη χρονική πληροφορία, σε επίπεδο μοντέλου δεδομένων.
- Τα περισσότερα μοντέλα δεδομένων δίνουν μεν έμφαση στις απαιτήσεις ακριβείας για χωρικά χαρακτηριστικά ανά πεδίο εφαρμογής, αλλά δεν επεκτείνουν τις προδιαγραφές αυτές στη χρονική

πληροφορία. Καθώς συχνά τα χρονικά δεδομένα είναι μη πλήρη, ανακριβή ή αντικρουόμενα, είναι σημαντικό ο σχεδιασμός να λαμβάνει υπόψη αυτό το επίπεδο «σφάλματος» και αβεβαιότητας, ώστε να μην δημιουργηθούν εσφαλμένα συμπεράσματα κατά την Ανάλυση.

- Τα εργαλεία οργάνωσης, διαχείρισης και ανάλυσης που προσφέρονται σε ένα περιβάλλον GIS είναι αποτελεσματικότερα στη χρήση ποσοτικών παρά ποιοτικών δεδομένων. Η χρονική πληροφορία συχνά είναι περιγραφική και ποιοτική, χρησιμοποιώντας κείμενο ή ονομασίες εποχών. Ως εκ τούτου, για να αξιοποιηθεί τέτοιου είδους πληροφορία θα πρέπει να προβλεφθεί ο κατάλληλος σημασιολογικός σχεδιασμός σε επίπεδο Οντολογίας.

Η κάλυψη των απαιτήσεων αυτών είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί η λειτουργία ενός «Χρονικού» GIS (Temporal GIS), το οποίο θα επιτρέπει ανάλυση των δεδομένων και τη διατύπωση κατάλληλων χώρο-χρονικών Ερωτημάτων. Η Peuquet (1994) έχει διατυπώσει τρία (3) βασικά είδη Queries στα οποία θα πρέπει να μπορεί να ανταπεξέλθει ένα Temporal GIS:

1. Ερώτημα Μεταβολών σε ένα Αντικείμενο – πχ «*έχει μετακινηθεί το αντικείμενο τα 2 τελευταία χρόνια;*»
2. Ερώτημα Μεταβολών στα Χωρικά χαρακτηριστικά ενός Αντικειμένου – πχ «*ποιες περιοχές αγροτικής χρήσης γης το 1990 μεταβλήθηκαν σε αστικές περιοχές το 2000;*»
3. Ερώτημα Μεταβολών των Χρονικών Συσχετίσεων μεταξύ πολλαπλών γεωγραφικών φαινομένων – πχ «*ποιες περιοχές αγροτικής χρήσης γης εντός 500 μέτρων από τη νέα Εθνική Οδό άλλαξαν χρήση από την ημερομηνία ολοκλήρωσης της Εθνικής Οδού;*»

Αν και μία χωρική Βάση Δεδομένων μπορεί να υποστηρίξει τέτοια Ερωτήματα με έμμεσο τρόπο, ο στόχος είναι ο σχεδιασμός μία χώρο-χρονικής Βάσης Δεδομένων η οποία να υποστηρίξει αποτελεσματικά την εξαγωγή τέτοιας πληροφορίας.

2.2. Τυποποιημένα Μοντέλα Χώρου και Χρόνου

Η ανάγκη συνδυασμού χωρικών και χρονικών χαρακτηριστικών σε ένα ενιαίο Σύστημα υφίσταται για χρόνια, και γίνεται συνεχώς εντονότερη. Ωστόσο, η ανάπτυξη χώρο-χρονικών βάσεων δεδομένων σε περιβάλλοντα Χρονικών GIS δεν έχει λάβει τελική μορφή, λόγω της συνθετότητας φύσης των δεδομένων και των διαδικασιών που εμπλέκονται. Υπάρχουν αρκετά μοντέλα για χώρο-χρονικές οντότητες στη διεθνή βιβλιογραφία (Abraham and Roddick, 1996 - Pelekis et al., 2004 - Gregory and Ell, 2007 - van Oosterom and Stoter, 2010), τα οποία προσεγγίζουν –σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό– το ζήτημα του καθορισμού data types, συσχετίσεων, λειτουργιών, και περιορισμών εγκυρότητας. Επιπλέον, τα μοντέλα δεν στοχεύουν απλά στην οργάνωση και διαχείριση των δεδομένων, αλλά και στην αξιοποίηση της πληροφορίας μέσω κατάλληλων χώρο-χρονικών Ερωτημάτων και Ανάλυσης εντός του Spatio-Temporal Information System (STIS).

Έχοντας υπόψη την περιγραφή του Χρόνου ως ενιαίο 4διάστατο Σώμα, περιγράφονται παρακάτω κάποιες από αυτές τις προσεγγίσεις, ως βάση για τις προτάσεις σε επόμενα κεφάλαια. Γίνεται συνοπτική αναφορά σε μερικά από τα πιο διαδεδομένα και τεκμηριωμένα εννοιολογικά μοντέλα, ακολουθεί ειδική μνεία στις συνολικές προτάσεις του Ευρωπαϊκού προγράμματος *ChoroChronos*, και παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία που προδιαγράφονται για γεωγραφικά και χρονικά δεδομένα σε διεθνή πρότυπα.

2.2.1. Χώρο-χρονικός Εννοιολογικός Σχεδιασμός

Στιγμιότυπα (*snapshots*)

Πρόκειται για απλούστατο μοντέλο των διαδοχικών χρονικών "στιγμιότυπων" (snapshot model), το οποίο στηρίζεται στην ομαδοποίηση των όμοιων δεδομένων σε θεματικά επιθέματα (layers). Αντί να διατηρείται ένα μόνο layer, δημιουργούνται πολλαπλά layers, και το καθένα αντιστοιχείται σε διαφορετική χρονική στιγμή – σαν κάποιος να παίρνει «φωτογραφίες» της πραγματικότητας ανά χρονικά διαστήματα (Langran, 1992). Αν και είναι μοντέλο που υλοποιείται απλά, το snapshot model μειονεκτεί σε πολλά σημεία, όπως στο ότι δεν καταγράφονται με κανέναν τρόπο οι μεταβολές μεταξύ στιγμιότυπων (πρέπει να εντοπιστούν από τους χρήστες), διατηρούνται πλήρη αντίγραφα των φαινομένων για κάθε χρονική στιγμή (ακόμη κι αν δεν άλλαξε τίποτε), και δεν επιδέχεται περιορισμούς εγκυρότητας ως προς τη χρονική δομή του. Ωστόσο εφαρμόζεται αρκετά συχνά λόγω της απλότητάς του, συνήθως με μια ενεργή κατάσταση και «ιστορικές» εκδόσεις της Βάσης.

Αποτύπωση του Χρόνου (*Time-Stamping*)

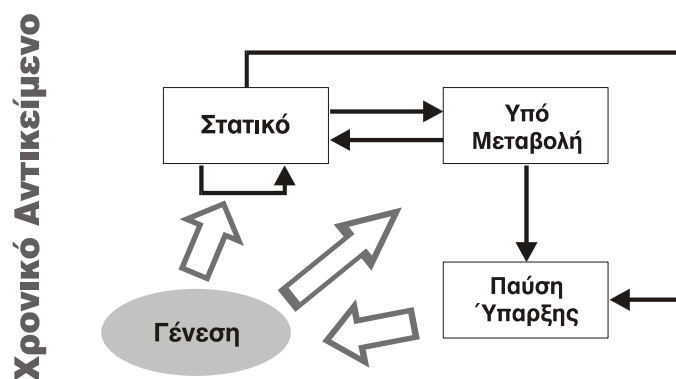
Μία από τις πλέον βασικές προσεγγίσεις στη περιγραφή της μεταβολής (change) είναι το μοντέλο της Αποτύπωσης του Χρόνου (Time-Stamping). Στο μοντέλο αυτό, η κάθε οντότητα έχει προσαρτημένα δύο αποτυπώματα χρονικών στιγμών: τη στιγμή δημιουργίας της και τη στιγμή παύσης της (null για αντικείμενα που υπάρχουν ακόμη). Ουσιαστικά διατηρείται μόνο ο λεγόμενος «ενεργός» χρόνος (valid time), ως ένα ακόμη attribute των αντικειμένων. Τα προηγούμενα αντικείμενα διατηρούνται ως προηγούμενες εκδόσεις στην ίδια βάση. Ακριβώς επειδή το μοντέλο παρουσιάζει προβλήματα όταν χρειάζεται να ανακτήσει την ιστορία ενός αντικειμένου (καθώς κάθε διαφορετική έκδοσή του καταγράφεται ξεχωριστά), έχει δημιουργηθεί μια αντικειμενοστρεφής παραλλαγή του (Ramachandran et al., 1994). Σε αυτήν την προσέγγιση, συγκεντρώνεται και σαφής πληροφορία σύνδεσης με τις παρελθοντικές, παρούσες και μελλοντικές καταστάσεις του αντικειμένου (που ονομάστηκε *Temporal Change Object*).

Η προσέγγιση του Time-stamping είναι ιδιαίτερος διαδεδομένη, για τη τήρηση εκδόσεων των αντικειμένων. Χρησιμοποιείται ακόμη και ως επιμέρους λύση σε συνθετότερα μοντέλα, καθώς object-oriented μοντέλα και διεθνή πρότυπα υιοθετούν το time-stamping ως μεθοδολογία καταγραφής απόλυτου χρόνου. Το μοντέλο περιγράφει τη μεταβολή μέσω των αποτελεσμάτων της και όχι ως συγκεκριμένη πληροφορία, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να απαντήσει αποτελεσματικά σε Ερωτήματα για το "τι συνέβη" ή "πότε συνέβη".

Ιστορικό Γράφημα (*History Graph*)

Μια αρκετά ενδιαφέρουσα προσέγγιση εκφράζεται στο μοντέλο του Ιστορικού Γραφήματος (History Graph). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ορίζονται τρία διαφορετικά είδη συμπεριφοράς των οντοτήτων στο χρόνο: 1) συνεχώς μεταβαλλόμενα αντικείμενα, 2) στατικά αντικείμενα που μεταβάλλονται σε συνεχείς περιόδους και 3) στατικά αντικείμενα που μεταβάλλονται με αιφνίδια συμβάντα - παραδείγματα της τρίτης συμπεριφοράς αποτελούν τα αντικείμενα μίας κτηματολογικής βάσης. Στόχος του μοντέλου είναι να εντοπίσει τις χρονικές συμπεριφορές των αντικειμένων.

Όλο το μοντέλο στηρίζεται στην αρκετά απλή ιδέα πως ένα αντικείμενο μπορεί να είναι είτε στατικό,



Σχήμα 2.2 Η συμπεριφορά των χρονικών αντικειμένων, σύμφωνα με το μοντέλο του Ιστορικού Γραφήματος

είτε μεταβαλλόμενο είτε θα έχει παύσει να υπάρχει (Σχήμα 2.2). Οι στατικές καταστάσεις του κάθε αντικειμένου ονομάζονται "εκδόσεις του αντικειμένου" (object versions), ενώ οι φάσεις όπου το αντικείμενο μεταβάλλεται λέγονται "μεταβάσεις" (transitions). Η κάθε "έκδοση" ενός αντικειμένου προσδιορίζεται από δύο αποτυπώσεις χρονικών στιγμών, οι οποίες περιγράφουν το χρονικό διάστημα για το οποίο ισχύει η κατάσταση του αντικειμένου. Η κάθε "μετάβαση" αποτελεί μία οντότητα, η οποία συνδέει τις εκδόσεις του αντικειμένου με τις προηγούμενες και τις επόμενες τους. Η περίοδος των μεταβάσεων επίσης περιγράφεται από δύο χρονικές αποτυπώσεις. Τα αντικείμενα τα οποία αλλάζουν ξαφνικά θα περιγράφονταν από μεταβάσεις με μηδενική διάρκεια (δηλ. συμβάντα), ενώ συνεχώς μεταβαλλόμενα αντικείμενα περιγράφονται από εκδόσεις μηδενικής διάρκειας.

Για τον τυποποιημένο συμβολισμό του μοντέλου, οι εκδόσεις των αντικειμένων αποδίδονται με ορθογώνια παραλληλόγραμμα, οι μεταβάσεις με παραλληλόγραμμα κοίλων γωνιών, και ειδικά οι μεταβάσεις μηδενικής διάρκειας με κύκλους. Για τις μεταβάσεις προδιαγράφονται τουλάχιστον έξι (6) είδη μεταβολών, που λειτουργούν και ως integrity constraints: *Creation*, *Alteration*, *Cessation*, *Reincarnation*, *Split/Deduction* και *Merge/Annexation*.

Το μοντέλο ουσιαστικά συνδυάζει το time-stamping αντικειμένων με την καταγραφή των συμβάντων. Μπορεί να διατηρήσει τόσο το valid time όσο και το transaction time, και βασικό του πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα διατύπωσης ερωτημάτων σχετικών με την μεταβολή και την κίνηση.

Τρεις Τομείς (Three-domain)

Ο ορισμός (Yuan, 1994) του μοντέλου των Τριών Περιγραφικών Περιοχών (Three-Domain) εισήγαγε μια ακόμη ενδιαφέρουσα άποψη για τα μοντέλα χώρο-χρονικών βάσεων δεδομένων. Το μοντέλο απεικονίζει το χώρο, το χρόνο και τις σημασιολογικές οντότητες ξεχωριστά.

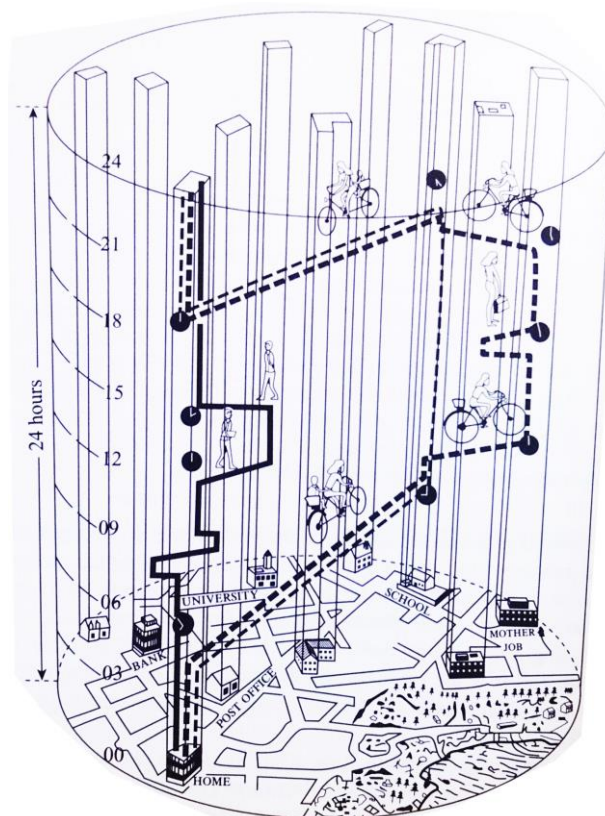
Η περιοχή των σημασιολογικών διατηρεί καθορισμένα αντικείμενα που αντιστοιχούν σε ανθρώπινες έννοιες, ανεξάρτητα από τη χρονική και γεωγραφική τους θέση. Αυτό διαφέρει από άλλα μοντέλα, όπου πχ ο ιδιοκτήτης ενός γεωτεμαχίου απεικονίζεται απλώς ως μία ιδιότητα του γεωτεμαχίου. Στο μοντέλο των τριών περιοχών, ο ιδιοκτήτης αποτελεί σημασιολογική οντότητα, συνδεδεμένη με ένα γεωτεμάχιο (χωρική οντότητα) και οι μεταβολές του γεωτεμαχίου συνδέονται με ημερομηνίες (χρονικό αντικείμενο). Η αλλαγή της κυριότητας περιγράφεται συνδέοντας μια άλλη σημασιολογική οντότητα στο γεωτεμάχιο, μαζί με ένα χρονικό αντικείμενο που απεικονίζει την ημερομηνία μεταβολής (πώληση).

Εναλλακτική μορφή του μοντέλου (Claramunt and Thériault, 1995) είναι ο διαχωρισμός των Τριών Τομέων σε Χωρικό, Χρονικό και Θεματικό τομέα. Στον θεματικό τομέα αντιστοιχούνται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων, ώστε να γίνεται ξεχωριστή διαχείρισή τους από χωρικά και χρονικά (τρίτος πίνακας στη Βάση). Το μοντέλο είναι ιδιαίτερα επιτυχημένο, καθώς διατηρεί την δυναμική όλων των χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου. Ωστόσο, υστερεί στην περιγραφή των συσχετίσεων μεταξύ αντικειμένων.

Κινούμενα Αντικείμενα (*m-objects*)

Πολλές σύγχρονες χώρο-χρονικές Βάσεις αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας την έννοια των Κινούμενων Αντικειμένων (Moving Objects). Τα κινούμενα αντικείμενα περιγράφονται τόσο σε επίπεδο εννοιολογικού, όσο και σε επίπεδο λογικού σχεδιασμού. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την γενικευμένη αντιμετώπιση των μεταβαλλόμενων γεωμετρικών στοιχείων. Αυτή η συνεχής μεταβολή περιγράφεται από τα κινούμενα αντικείμενα, ορίζοντας αφαιρετικά spatio-temporal data types (Erwig et al., 1999), τα οποία μπορούν να συμπληρωθούν σε DBMS, μετατρέποντάς τα σε STDBMS.

Εννοιολογικά, το μοντέλο θεωρεί πως εάν η θέση ενός αντικειμένου στο χώρο είναι σχετική, τότε το "κινούμενο σημείο" (mpoint) είναι η βασική αφαιρετική απεικόνιση. Εάν επίσης ενδιαφέρει η έκταση του αντικειμένου, τότε η "κινούμενη επιφάνεια" (mregion) συλλαμβάνει την κίνησή του, όπως και την ανάπτυξή του ή τη συρρίκνωσή του. Αναπαριστώντας τα ως συναρτήσεις, το κινούμενο σημείο είναι η συνάρτηση $f : time \rightarrow point$, η κινούμενη γραμμή $f : time \rightarrow line$ και η κιν. επιφάνεια $f : time \rightarrow region$. Τα κινούμενα σημεία, γραμμές και επιφάνειες θεωρούνται τρισδιάστατες (2D χώρος συν το χρόνο, Σχήμα 2.3) ή πολυδιάστατες οντότητες.



Σχήμα 2.3 Τροχιές οι οποίες αντιστοιχούνται σε *m-points* ή *m-regions* (Wachowicz, 1999)

Η προσθήκη του χρόνου t στη δομή και συμπεριφορά των αντικειμένων του μοντέλου και η χρήση abstract τύπων δεδομένων επιτρέπει την καταγραφή της συνεχούς κίνησης –άρα μεταβολής– τους (Revesz, 2010). Ωστόσο, το μοντέλο δεν διαχειρίζεται το ίδιο καλά τις αιφνίδιες μεταβολές, και την καταγραφή του transaction time (Gütting et al., 2003). Το μοντέλο έχει επεκταθεί με μια σειρά operations και μελέτη των τοπολογικών συσχετίσεων – όπως για παράδειγμα την τομή μιας τροχιάς mpoint με μία σταθερή γραμμή, επιτρέποντας τη διατύπωση σειράς χώρο-χρονικών ερωτημάτων (Frentzos et al., 2009):

Είδος Ερωτήματος		Ενέργεια (operation)
Βάσει συντεταγμένων		Επικάλυψη, εντός κλπ
Βάσει τροχιάς	Τοπολογικά	Είσοδος, έξοδος, τομή, παράκαμψη κλπ
	Κατεύθυνσης	Απόσταση, ταχύτητα, αζιμούθιο κλπ

Η χρήση του μοντέλου των κινούμενων αντικειμένων είναι ευρύτατη, καθώς έχουν διαδοθεί πολύ οι εφαρμογές όπου υπάρχει συνεχής κίνηση των οντοτήτων, και η θέση των αντικειμένων στον χρόνο ενημερώνεται διαρκώς με δέκτες GPS ή RFID tags. Ενδεικτικά αναφέρεται πως εφαρμόζεται σε εφαρμογές navigation, διαχείρισης στόλου, μετακίνησης ζώων και πτηνών, πεζών, μετεωρολογικών μετώπων κ.α. (Sack et al., 2011). Βασικό πλεονέκτημα του μοντέλου αποτελεί το ότι προσφέρει ειδικά data types και έχουν εξελιχθεί οι τεχνικές οπτικοποίησης της καταγεγραμμένης πληροφορίας.

Αντικειμενοστρεφές Μοντέλο (Object-oriented)

Ως προέκταση του σκεπτικού της αντικειμενοστρεφούς μεθοδολογίας, διατυπώθηκαν προτάσεις για αντικειμενοστρεφή μοντέλα, τα οποία περιλαμβάνουν αντικείμενα, κατηγορίες, κληρονομικότητα και πολλαπλές απεικονίσεις. Ο Worboys (1994) ήταν ο πρώτος που εισήγαγε την αντικειμενοστρεφή προσέγγιση σε μοντέλα χώρου και χρόνου. Η βασική ιδέα του ήταν το χώρο-χρονικό αντικείμενο, το οποίο ήταν μία δυάδα ενοποιημένων αντικειμένων, το ένα με χωρικές επεκτάσεις και το άλλο με χρονικές. Οι Claramunt και Thériault (1996) όρισαν ένα αντικείμενο με τρία σετ περιγραφικών ιδιοτήτων: τη χρονική περιγραφική περιοχή, τη χωρική περιοχή και τη θεματική περιοχή. Χρησιμοποίησαν αυτό το μοντέλο για την τυποποίηση χώρο-χρονικών "διαδικασιών". Οι διαδικασίες αυτές ήταν στην πραγματικότητα οι μεταβολές στις οποίες υποβάλλεται το αντικείμενο. Η τυποποίηση αυτή της σημασιολογίας της Μεταβολής ήταν πλήρης και αρκετά χρήσιμη.

Η αντικειμενοστρεφής προσέγγιση στο σχεδιασμό του χώρο-χρονικού μοντέλου φαινομενικά πλεονεκτεί σε τέσσερα σημεία (Ζέστας και Παρασχάκης, 2002 - Pelekis et al., 2004): α) ένα αντικείμενο μπορεί να απεικονίζει όλη την ιστορία μιας οντότητας, β) τα ερωτήματα είναι απλούστερα καθώς διατυπώνονται σε ένα αντικείμενο, γ) διευκολύνεται η διαχείριση ως προς τον χρόνο και, γ) χώρο και χρόνος θεωρούνται ενιαία. Όλο και περισσότερα εννοιολογικά μοντέλα χωρικών εφαρμογών στηρίζονται στην αντικειμενοστρεφή λογική (ακόμη και αν υλοποιούνται φυσικά σε σχεσιακά DBMS), καθώς πλησιάζει περισσότερο την οπτική που έχουμε για τον πραγματικό κόσμο. Το πλεονέκτημα αυτό μεταφέρεται και στα object-oriented μοντέλα για τον Χρόνο. Να σημειωθεί ακόμη πως τα μοντέλα των προδιαγραφών της οδηγίας INSPIRE ανά πεδίο εφαρμογής της Χωρικής Υποδομής έχουν διατυπωθεί με αντικειμενοστρεφή φιλοσοφία. Η πλέον διαδεδομένη γλώσσα τυποποίησης του εννοιολογικού object-oriented σχεδιασμού είναι η Unified Modeling Language (UML), και ως εκ τούτου, είναι σημαντική η επέκταση της UML με spatio-temporal σημειογραφίες (βλ. §2.2.2).

2.2.2. Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Chorochronos

Το πρόγραμμα CHOROCHRONOS θεσμοθετήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση το 1996, δημιουργώντας ένα πανευρωπαϊκό δίκτυο Ερευνητών, με στόχο τη μελέτη για το Σχεδιασμό, Υλοποίηση και Εφαρμογή των Συστημάτων Διαχείρισης Χώρο-Χρονικών Βάσεων Δεδομένων (Spatio-temporal Database Management Systems – STDBMS). Το πρόγραμμα ολοκληρώθηκε το 2003, παρουσιάζοντας σε μία συνολική έκδοση την ερευνητική συνεισφορά σε όλο το φάσμα των πεδίων που σχετίζονται με τις Βάσεις Χωρικών και Χρονικών Δεδομένων.

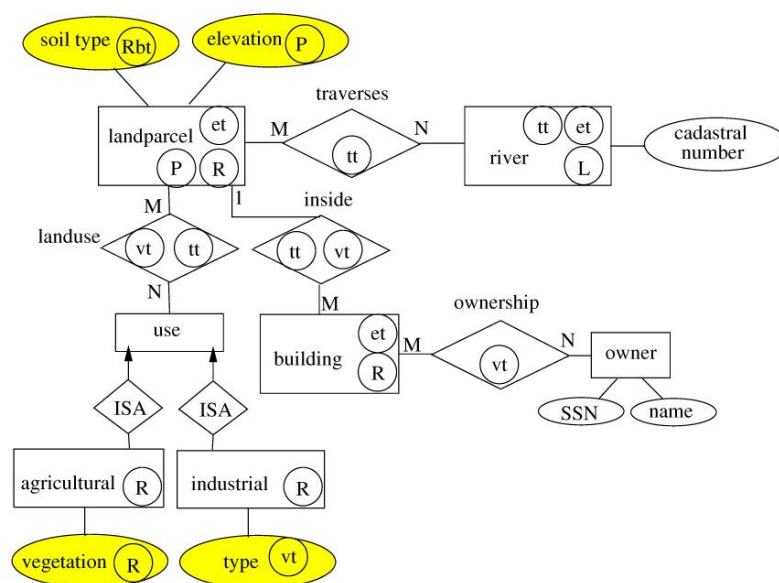
Η έρευνα στα πλαίσια του CHOROCHRONOS δεν εστίασε μεμονωμένα στα χωρικά ή στα χρονικά δεδομένα και τη διαχείρισή τους, αλλά στην κρίσιμη ζεύξη των δύο πεδίων σε ένα ενιαίο χώρο-χρονικό πληροφοριακό σύστημα. Εξ αρχής απορρίφθηκε η προσέγγιση απλής συνένωσης σχεδιαστικών προσεγγίσεων χωρικών και χρονικών DBMS, οπότε στα πλαίσια του προγράμματος διατυπώνονται βασικές αρχές των STDBMS, οι οποίες αφορούν:

- ✓ Στην Οντολογία, Δομή και Απεικόνιση του χώρου και του χρόνου σε ένα ενιαίο σύστημα
- ✓ Στα Μοντέλα Δεδομένων και τις Γλώσσες διαχείρισης και ερωτημάτων για STDBMS
- ✓ Στα Περιβάλλοντα Χρήστη (interface) σχετικά με τη χώρο-χρονική πληροφορία
- ✓ Στις Δομές Αποθήκευσης δεδομένων, Δεικτοδότησης (indexing), και στους αλγορίθμους διαχείρισης Ερωτημάτων σε χώρο-χρονικές Βάσεις
- ✓ Στις Αρχιτεκτονικές υλοποίησης χώρο-χρονικών συστημάτων
- ✓ Σε πιλοτικές Εφαρμογές STDBMS

Εκ των ανωτέρω, την διατριβή αυτή απασχολούν ιδιαίτερα οι προτάσεις που έγιναν στα πλαίσια του CHOROCHRONOS για την απεικόνιση του χώρου και του χρόνου, όπως και για μοντέλα δεδομένων. Συγκεκριμένα, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα Εννοιολογικά Μοντέλα που προτείνονται στο πρόγραμμα: το *Χώρο-χρονικό Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων* και η *Επεκταμένη Χώρο-χρονική UML*. Ουσιαστικά, πρόκειται για βελτιώσεις στο ER Model και στην UML, ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν ενιαία τόσο τα χωρικά όσο και τα χρονικά ζητήματα των οντοτήτων (Tryfona et al., 2003).

Για το Entity-Relationship model προτείνεται μία επέκταση, ώστε με κατάλληλη τυποποίηση να περιγράφονται μέσω των φορμαλισμών του ER τα χρονικά (temporal), χωρικά (spatial) και χώρο-χρονικά (spatio-temporal/st) στοιχεία των Οντοτήτων, των Attributes και των Συσχετίσεων. Το επεκταμένο μοντέλο οντοτήτων-συσχετίσεων ονομάζεται *STER* (Spatio-temporal E-R Model) και δίνει επιπλέον τη δυνατότητα καταγραφής απαιτήσεων για valid (vt) & transaction time (tt, βλ. §2.3.4). Στο Σχήμα 2.4 δίνεται ένα παράδειγμα χρήσης του STER για την απόδοση ενός χώρο-χρονικού μοντέλου για κτηματολογική εφαρμογή.

Ιδιαίτερως σημαντική ωστόσο είναι η πρόταση για επέκταση της γλώσσας UML που προτείνεται στο CHOROCHRONOS, ώστε να ανταπεξέρχεται στις ανάγκες χώρο-χρονικού σχεδιασμού. Η Unified Modeling Language (UML) είναι μία γλώσσα η οποία εφαρμόζεται όλο και περισσότερο, λόγω της περιγραφικότητας της και της δυνατότητας εφαρμογής της σε ειδικά μοντέλα. Η επέκταση είναι σημαντική διότι η UML χρησιμοποιείται ως βέλτιστη μέθοδος σχεδιασμού για Object-oriented μοντέλα, στα οποία στηρίζονται βασικές παραδοχές σε επόμενα Κεφάλαια. Και η χρησιμότητα της χώρο-χρονικής επέκτασης της UML αυξάνεται κατά πολύ σε σχέση με τις ανάγκες της εργασίας αυτής, καθώς τα μοντέλα της Χωρικής Υποδομής INSPIRE -που εξετάζονται παρακάτω- έχουν συνταχθεί σε UML.

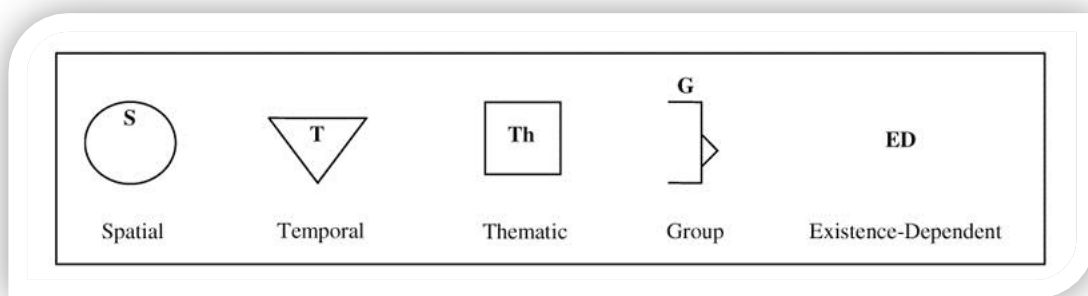


Σχήμα 2.4 Χρήση του STER για δημιουργία επιμέρους μοντέλου κτηματολογικής εφαρμογής (Tryfona et al., 2003)

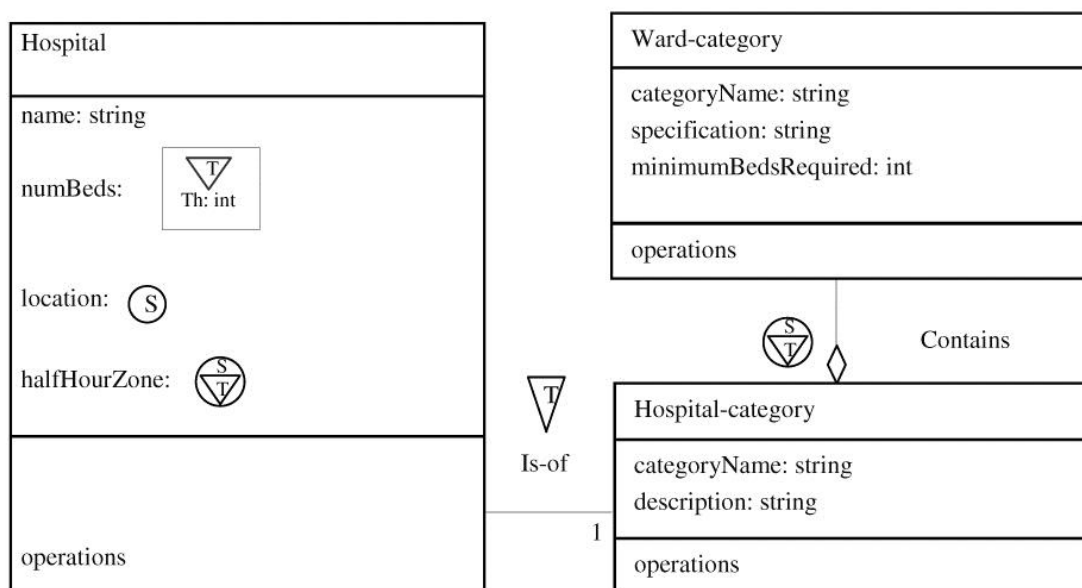
Η επέκταση της Spatio-temporal Unified Modeling Language έγκειται στην συμπλήρωσή της με μια σειρά σημειογραφιών οι οποίες συμπληρώνουν τους συμβολισμούς του μοντέλου με ειδικές αναφορές στα χρονικά, χωρικά και θεματικά στοιχεία των οντοτήτων, χαρακτηριστικών και σχέσεων. Οι 5 σημειογραφίες χρησιμοποιούν συντομογραφίες αναλόγως των στοιχείων που αντιπροσωπεύουν: S , T , Th , και G (Σχήμα 2.5a). Οι συντομογραφίες αυτές συμπληρώνουν το Class Box, το πλαίσιο δηλαδή που περιγράφει την κάθε Entity Class, τα attributes της και τα operations. Ομοίως, χαρακτηρίζουν συσχετίσεις (associations) και σχέσεις ιεραρχίας μεταξύ υπό-Κλάσεων και υπέρ-Κλάσεων (Tryfona et al., 2003).

Με τη βοήθεια των σημειογραφιών, σχηματίζονται ειδικές «κατασκευές» στους τρεις βασικούς Τομείς: Χωρικό, Χρονικό και Θεματικό. Έτσι, για παράδειγμα, τα Object Classes της κλασικής UML επεκτείνονται σε:

- ❖ Spatial Object (Class): αντικείμενο συσχετιζόμενο με ένα χωρικό attribute, τη χωρική τους έκταση.
- ❖ Temporally-dependent Spatial Object (Class): ομοίως με το προηγούμενο, αλλά το χωρικό attribute (spatial extend) συνδέεται με ένα ή περισσότερα timestamps καθώς μπορεί να μεταβληθεί στο χρόνο.
- ❖ Temporal Object (Class): αντικείμενο συσχετιζόμενο με ένα χρονικό attribute, που περιέχει ένα ή περισσότερα timestamps, τα οποία αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του αντικειμένου.
- ❖ Spatio-temporal Object (Class): συνδυασμός των Spatial Object και Temporal Object, το αντικείμενο συσχετίζεται και με ένα χωρικό attribute (spatial extend), όπως και με ένα ή περισσότερα timestamps τα οποία αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του αντικειμένου.
- ❖ Temporally-dependent Spatio-temporal Object (Class): συνδυασμός των Temporally-dependent Spatial Object και Temporal Object, δηλ. το αντικείμενο συσχετίζεται με ένα χωρικό attribute (spatial extend), με το spatial extend να συνδέεται με ένα ή περισσότερα timestamps καθώς μπορεί να μεταβληθεί στο χρόνο, αλλά και με ένα ή περισσότερα timestamps τα οποία αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του αντικειμένου.



(α)



(β)

Σχήμα 2.5 (α) Σύμβολα του extended spatio-temporal UML, (β) Παράδειγμα εφαρμογής του extended spatio-temporal UML

Με όμοιο τρόπο επεκτείνονται τα Attributes, τα Associations κ.ο.κ. Οι χρονικές διαστάσεις προβλέπουν τους εξής χρόνους: existence time (για objects), valid time (για attributes και associations), και transaction time (για objects, attributes, ή associations). Στο Σχήμα 2.5β δίνεται παράδειγμα μοντέλου με κεντρική οντότητα τα Νοσοκομεία - των οποίων το χωρικό extent είναι η επιφάνεια (ζώνη) σε μισή ώρα απόσταση γύρω τους (*halfHourZone*).

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η συνεισφορά του CHOROCHRONOS στον σχεδιασμό σε λογικό επίπεδο, για την ανάπτυξη του STDBMS. Η προσέγγιση που επιλέγεται, και η οποία συναντάται σε πολλά λογικά μοντέλα STDBMS, είναι να αποδοθούν οι συνεχώς μεταβαλλόμενες γεωμετρίες ως *Moving Objects*. Αναπτύσσονται data types που περιγράφουν moving points ή regions, και τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε σχεσιακές είτε σε αντικειμενοστρεφείς Βάσεις. Εκτός του μοντέλου δεδομένων, προτείνονται και αντίστοιχες προσεγγίσεις στις Γλώσσες της Βάσης, ειδικά για τη διατύπωση Queries, όπως η επέκταση ST-SQL (Güting et al., 2003).

2.2.3. Πρότυπα που σχετίζονται με την έκφραση της Χρονικής Πληροφορίας

ISO 8601

Το διεθνές αυτό Πρότυπο περιλαμβάνει προδιαγραφές για την αριθμητική καταγραφή πληροφορίας σχετικής με ημερομηνίες και ώρα της ημέρας, καθώς και της δομής (format) που θα έχουν οι καταγραφές αυτές.

Συγκεκριμένα, οι Ημερομηνίες καταγράφονται υπό τη μορφή ΑΑΕΕ-ΜΜ-ΗΗ (Αιώνας/έτος/μήνας/ημέρα) με προαιρετική τη χρήση παύλας. Επιτρέπεται η σύντμηση από δεξιά, δηλαδή γράφοντας «20» εννοείται όλος ο αιώνας 2000-2099, γράφοντας «2012» εννοείται το έτος 2012, «2012-12» εννοείται ο Δεκέμβριος του 2012 κ.ο.κ.

Οι ώρες καταγράφονται χρησιμοποιώντας τη δομή ΩΩ:ΛΛ:ΔΔ,ΚΚ (ώρες/λεπτά/δευτερόλεπτα, ακολουθούμενα από δεκαδικό Κλάσμα μετά από υποδιαστολή ή τελεία). Επιτρέπεται η σύντμηση από δεξιά, δηλαδή γράφοντας «13» εννοείται η 1 το μεσημέρι.

Για τις περιπτώσεις καταγραφής ημερομηνίας και ώρας μαζί, το ISO 8601 προδιαγράφει τη ταυτόχρονη χρήση των ανωτέρω δομών, διαχωριζόμενες από ένα «Τ» (πχ «2010-12-18T13:00»). Επίσης, το Πρότυπο δίνει τη δυνατότητα έκφρασης χρονικών περιόδων (πχ το «P2W» εννοείται ως δύο βδομάδες) και χρονικών διαστημάτων με τη δομή <αρχή>/<τέλος> (πχ «2010-12-18T13:00/2010-12-18T13:20»).

Το συγκεκριμένο Πρότυπο χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος εφαρμογών (όχι μόνο γεωγραφικών) και υιοθετείται με τη σειρά του από άλλα διεθνή Πρότυπα και τυποποιημένες δομές, όπως η γλώσσα GML.

ISO 19108

Το διεθνές αυτό Πρότυπο καθορίζει τις βασικές έννοιες οι οποίες απαιτούνται για να περιγραφούν τα χρονικά χαρακτηριστικά της γεωγραφικής πληροφορίας, όταν αποδίδει αφαιρετικά τα φαινόμενα του πραγματικού κόσμου. Πρόκειται για ένα πρότυπο που αποτελεί μέρος της ευρύτερης σειράς διεθνών προτύπων για τη γεωγραφική πληροφορία, με τη συνολική ονομασία «σειρά ISO 19100» (ή 191xx).

Το πρότυπο αντιμετωπίζει θέματα σχετικά με τη χρονική «έκταση» της γεωγραφικής πληροφορίας, και όχι με χρονική πληροφορία σχετική με το κύκλο ζωής του Πόρου που την περιγράφει, πχ του πότε δημιουργήθηκε το dataset με τα χωρικά δεδομένα (ISO, 2002).

Το ISO 19108 διαχειρίζεται τον Χρόνο ως μία διάσταση ανάλογη των χωρικών διαστάσεων, καθορίζοντας Γεωμετρία και Τοπολογία για τον χρόνο. Τα «σημεία» στο χρόνο εκφράζουν χρονικές στιγμές (TM_Instant), οι οποίες αντιστοιχίζονται σε θέσεις επί ενός Χρονικού Συστήματος Αναφοράς. Τα χρονικά διαστήματα μετρώνται ως «αποστάσεις» στο ίδιο Σύστημα Αναφοράς (TM_Period). Το πρότυπο χρησιμοποιεί την τυποποιημένη γλώσσα UML για να αποδώσει το περιγραφόμενο Χρονικό Schema. Τα TM_Instant και TM_Period αποτελούν υποκατηγορίες της κλάσης TM_GeometricPrimitive, ενώ προβλέπονται και πρότυπα TM_TopologicalPrimitive για να περιγράψουν την τοπολογική χώρο-χρονική συσχέτιση μεταξύ αντικειμένων.

Το ISO 19108 προβλέπει μια σημαντική κλάση, την TM_Order, η οποία κληροδοτεί σε κάθε primitive τη θέση του σε σχέση με ένα άλλο primitive. Αυτό μπορεί να γίνει αποδίδοντας μία εκ των τιμών του TM_RelativePosition. Η λίστα δυνατών τιμών που προδιαγράφει το πρότυπο για την TM_Relative Position προέρχεται από αντίστοιχη τυποποίηση του Allen (Allen , 1983 – Revesz, 2010) και καταγράφεται στο Σχήμα 2.6.

TM_RelativePosition
+Before : Code
+After : Code
+Begins : Code
+Ends : Code
+During : Code
+Equals : Code
+Contains : Code
+Overlaps : Code
+Meets : Code
+OverlappedBy : Code
+MetBy : Code
+BegunBy : Code
+EndedBy : Code

Σχήμα 2.6 Προβλεπόμενες Τιμές της TM_RelativePosition (ISO TC211, 2002)

Επιπλέον, το πρότυπο ορίζει τις βασικές παραμέτρους για τον αυστηρό καθορισμό Χρονικών Συστημάτων Αναφοράς, και ειδικών Ημερολογίων. Όπου απαιτείται να καταγραφούν ημερομηνίες και ώρες, το ISO 19108 υιοθετεί τις δομές του προαναφερθέντος ISO 8601, ενώ δίνει τη δυνατότητα χρήσης και άλλων ειδών Συστημάτων Αναφοράς, όπως Συστήματα που καθορίζουν χρονικές περιόδους τακτού βήματος.

Επί του προτύπου 19108, όπως και επί της πλειοψηφίας των προτύπων της σειράς ISO 191xx για τη γεωγραφική πληροφορία, στηρίχθηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές των εκτελεστικών κανόνων της Οδηγίας INSPIRE για την Ευρωπαϊκή Χωρική Υποδομή, η οποία θα μας απασχολήσει στα επόμενα κεφάλαια.

W3CDTF

Πρόκειται για την τυποποίηση ημερομηνιών και ώρας από το World Wide Web Consortium (για χρήση σε ιστοσελίδες) και ουσιαστικά αποτελεί εξειδίκευση του ISO 8601, με αρκετούς περιορισμούς στο πως διατυπώνονται οι ημερομηνίες, οι συντμήσεις κ.α.

TimeML και ISO 24617

Η TimeML είναι μία τυποποιημένη «γλώσσα» (markup language) διατύπωσης συμβάντων και χρονικής πληροφορίας. Η βασική της λειτουργία είναι η προσθήκη "tags" εντός κειμένων, για να προσδιορίζονται χρονικά. Αντιμετωπίζει δύο θέματα: (α) την απεικόνιση συμβάντων και χρονικών συνθηκών, και (β) την διατύπωση της σειράς εξέλιξης συμβάντων που περιγράφονται σε ένα κείμενο. Οι «ετικέτες» (tags) που καταγράφουν τη στοιχειώδη χρονική πληροφορία χρησιμοποιούν μία δομή η οποία ονομάζεται TIMEX3. Η TIMEX3 επιτρέπει τη δημιουργία tags που καταγράφουν ημερομηνία, ώρα, χρονικό διάστημα και σύνολα επαναλαμβανόμενων διαστημάτων. Χρησιμοποιεί τις εκφράσεις που ορίζει το διαδικτυακό πρότυπο W3CDTF.

Το διεθνές πρότυπο ISO 24617 αναπτύχθηκε για να προσφέρει τυποποιημένες προδιαγραφές για την γλώσσα TimeML, αλλά και να διερευνήσει επιπλέον σημασιολογικά (semantic) ζητήματα. Τα σημασιολογικά ζητήματα προκύπτουν -και αφορούν την TimeML που ενσωματώνεται σε ανθρώπινο λόγο/κείμενο- από την πληθώρα τρόπων που οι ανθρώπινες φυσικές γλώσσες εκφράζουν τη χρονική

πληροφορία, χρησιμοποιώντας ρήματα και λέξεις για να καθορίσουν χρονικές συσχετίσεις μεταξύ συμβάντων.

ICS Geological Time Scale 2004

Η χρονική αυτή κλίμακα ολοκληρώθηκε από τη Διεθνή Επιτροπή Στρωματογραφίας, συνοψίζοντας την ιστορία και την κατάσταση των ορισμών των ορίων μεταξύ όλων των Γεωλογικών Εποχών.

2.3. Βασικοί Ορισμοί και Παραδοχές

Η δυσκολία κατανόησης και προσδιορισμού της έννοιας του Χρόνου προκαλεί δυσκολίες στην προσπάθεια εισαγωγής της έννοιας της Μεταβολής (Change) σε ένα χώρο-χρονικό μοντέλο δεδομένων. Η αντίληψη της γεωγραφικής θέσης ενός φαινομένου είναι απλούστερη, οπότε και διευκολύνεται η διαδικασία σχεδιασμού της. Αντιθέτως, η αντίληψη του πότε έλαβε χώρα το φαινόμενο προκύπτει μόνο εκ του αποτελέσματος. Ως εκ τούτου προκύπτει πως σημαντικό μέρος της κατανόησής μας για τον Χρόνο προέρχεται από την αντίληψη και καταγραφή των Μεταβολών (Eschenbach and Schill, 1999).

Στο πλαίσιο της παρούσης διατριβής, επιχειρείται επέκταση υπαρχόντων δι-διάστατων (2D) και τρι-διάστατων (3D) μοντέλων με το στοιχείο του χρόνου. Στα μοντέλα αυτά χρησιμοποιείται η αντικειμενοστρεφής (object-oriented) προσέγγιση, όπου η κάθε χωρική οντότητα αναπαριστάται από κάποιο αντικείμενο. Οι μεταβολές του κάθε χωρικού αντικειμένου καταγράφονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή του, η οποία αφορά τη χρονική μεταβολή (temporal domain). Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου τα οποία ανήκουν σε αυτήν την περιοχή περιλαμβάνουν την παρελθοντική και παρούσα κατάστασή του (στατικό, υπό μεταβολή, τερματισμένο). Ως χαρακτηριστικά καταγράφονται και οι ίδιες οι μεταβολές οι οποίες προκάλεσαν αυτές τις αλλαγές κατάστασης σε διάφορες χρονικές στιγμές, συνδεδεμένες μεταξύ τους.

Ο στόχος είναι να χρησιμοποιηθεί η δομή αυτή ώστε να τυποποιηθούν όλες οι «κοινές» έννοιες σε ένα ενοποιημένο μοντέλο βάσης δεδομένων, ικανό να διαχειρίζεται όχι μόνο χωρικά ζητήματα, αλλά και τη μεταβολή των φαινομένων. Το αντικειμενοστρεφές σχήμα επιλέχθηκε διότι εφαρμόζεται και στα μοντέλα εφαρμογών για τη Χωρική Υποδομή της Οδηγίας INSPIRE, η οποία απασχολεί εκτενώς την εργασία αυτή. Ακολουθεί μια σειρά από βασικές αρχές και παραδοχές, οι οποίες υιοθετούνται και εφαρμόζονται σε επόμενα Κεφάλαια, όπου εξετάζεται η δυνατότητα χρονικής επέκτασης των μοντέλων των χωρικών υποδομών.

2.3.1. Ταξινόμηση του Χρόνου

Ο Χρόνος μελετάται και προβληματίζει από την αρχαιότητα. Ιστορικά, τόσο Φιλοσοφικές όσο και Φυσικές επιστήμες, επιχειρήσαν να καθορίσουν και να σχηματίσουν μοντέλα για τον χρόνο. Δύο εκ των επικρατέστερων προσεγγίσεων είναι οι θεωρήσεις του *Απόλυτου* (Absolute) και του *Σχετικού* (Relative) Χρόνου. Ο Απόλυτος Χρόνος –θεώρηση που πρωτοεμφανίζεται στην προσέγγιση των Ατομιστών φυσικών φιλοσόφων της Αρχαίας Ελλάδας– χαρακτηρίζει την άποψη Χρόνου και Χώρου όπως τη γνωρίζουμε στην κλασική Νευτώνεια Φυσική. Χρόνος και Χώρος διαχωρίζονται ως δύο «άξονες», έκαστος αυτόνομος και ανεξάρτητος από τον άλλον. Ότι συμβαίνει σε μια οντότητα στον ένα άξονα, π.χ. στο Χώρο, δεν

επηρεάζει καθόλου τη θέση της στο Χρόνο, και αντίστροφα. Ο χρόνος συμμετέχει στους νόμους του Νεύτωνα ως χρονικά διαστήματα, χωρίς να έχει διεύθυνση (οι τύποι έχουν ίδιο αποτέλεσμα ακόμη και αν ο χρόνος αναστραφεί), και λειτουργεί ως πλαίσιο για την εκδήλωση των Μεταβολών.

Ο Σχετικός Χρόνος, που υιοθετήθηκε από τον Αϊνστάιν, κυριαρχεί στη σύγχρονη Φυσική. Κατά τη θεωρία της Σχετικότητας, ο Χρόνος αποτελεί τέταρτη διάσταση, μέρος ενός ενιαίου χώρο-χρονικού πλέγματος εντός του οποίου οι οντότητες υφίστανται και εξελίσσονται. Τόσο ο Χώρος όσο και Χρόνος χρησιμεύουν ως συστήματα αναφοράς της χώρο-χρονικής «θέσης» κάθε οντότητας, αντί του να υπάρχουν μεμονωμένα και αυτόνομα.

Για τις ανάγκες της παρούσης διατριβής, η απόδοση του Χρόνου υιοθετεί στοιχεία και από τις δύο προηγούμενες θεωρήσεις (Panopoulos and Kanouras, 2001). Για τα μοντέλα τα οποία εξετάζονται στην εργασία αυτή, υπάρχουν στοιχεία στον Απόλυτο και Σχετικό Χρόνο τα οποία δεν αναιρούν απαραίτητα το ένα το άλλο, αλλά αλληλοσυμπληρώνονται:

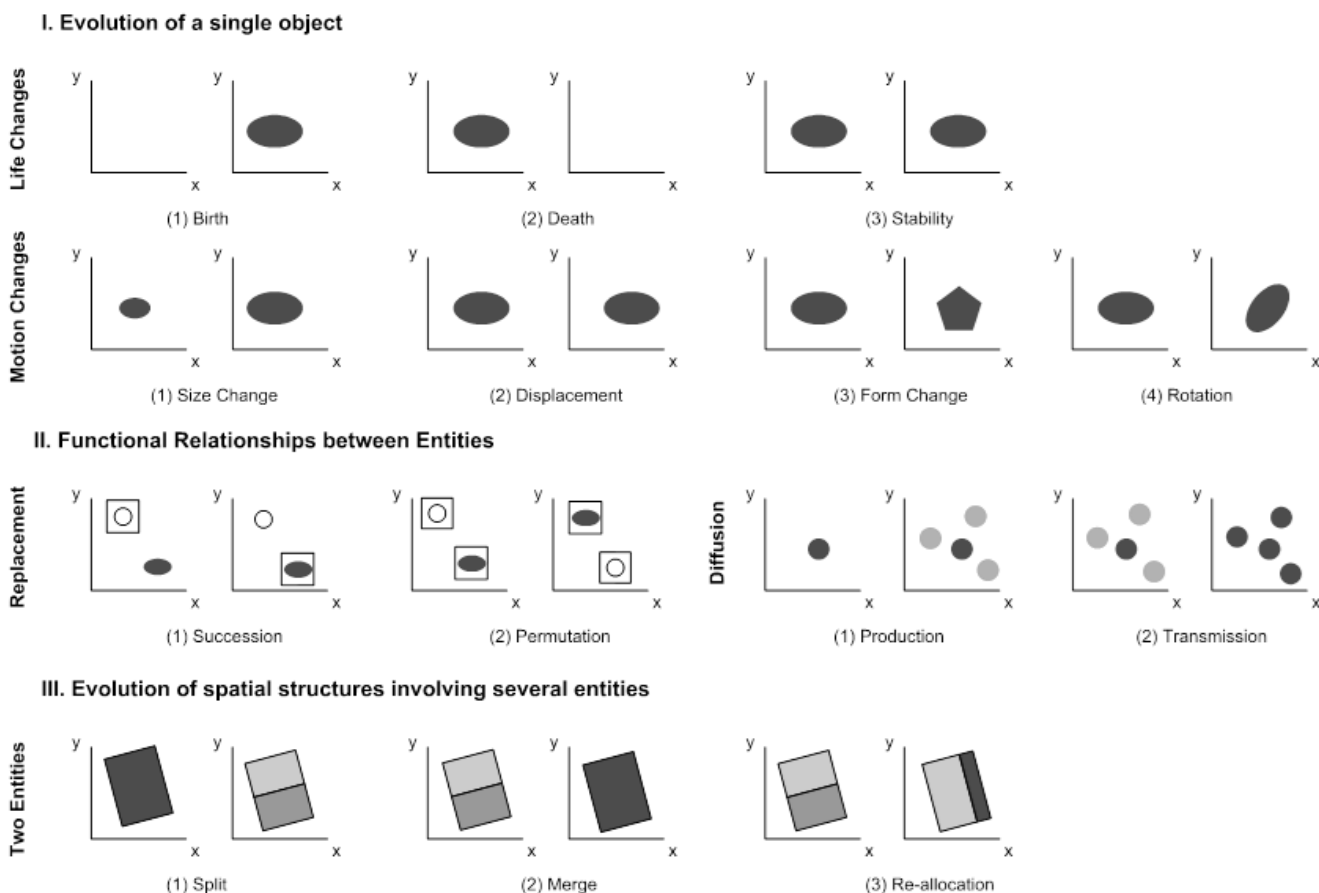
- 🕒 Η θεώρηση του Απόλυτου χρόνου πλησιάζει καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο αναγνωρίζουν οι περισσότεροι το πέρασμα του χρόνου. Ως εκ τούτου, είναι χρήσιμο να υιοθετηθεί η «αντικειμενική» μεθοδολογία μέτρησης την οποία χρησιμοποιεί, δηλαδή η χρήση χρονικών διαστημάτων και τυποποιημένων μονάδων μέτρησης, βάσει χρονομέτρων και ημερολογίων – προσέγγιση που υιοθετούν και διεθνή πρότυπα όπως το ISO 8601. Πλεονέκτημα είναι το αυστηρό, άκαμπτο πλαίσιο διακριτής απόδοσης χώρου και χρόνου.
- 🕒 Η θεώρηση του Σχετικού χρόνου πλησιάζει περισσότερο στον υποκειμενικό τρόπο καταγραφής του χρόνου, δηλαδή σε σχέση με άλλα φαινόμενα και γεγονότα. Προσφέρει ενιαίο χώρο-χρονικό πλαίσιο αναφοράς των φαινομένων, όπου μέσω τοπολογικών μεθόδων οι οντότητες συνδέονται χώρο-χρονικά με ιδιότητες και τις υπόλοιπες οντότητες.

Συνδυάζοντας τα ανωτέρω, προκύπτει η βασική παραδοχή για την απεικόνιση Χρόνου και Χώρου στα πλαίσια της παρούσης: Χώρος και Χρόνος δεν διαχωρίζονται, αλλά είναι άρρηκτα συνδεδεμένα, ως ένα ενιαίο **Σώμα** (block). Η προσέγγιση εστιάζει στις Οντότητες, επί των οποίων ο χώρος και χρόνος περιγράφουν τις Μεταβολές που λαμβάνουν χώρα – είτε στις ίδιες τις οντότητες (**Βίος**) είτε σε σχέση με άλλες οντότητες (**Κίνηση**). Σχηματίζοντας ένα σύστημα τεσσάρων (4) διαστάσεων ως ενιαίο Σώμα, γίνεται η παραδοχή πως ο Χρόνος είναι γραμμικός και με διεύθυνση, ενώ ο χώρος δεν είναι. Ενώ στο χώρο μια οντότητα μπορεί να αλλάξει θέση προς κάθε πιθανή κατεύθυνση, στον χρόνο θεωρείται πως όλα κινούνται γραμμικά, μπροστά και μη αναστρέψιμα – ως ένα βέλος. Η εμπροσθεν κίνηση παρομοιάζεται καλύτερα από το δεύτερο νόμο της Θερμοδυναμικής, ο οποίος θεωρεί πως καθeti στο σύμπαν εξελίσσεται σε φάσεις υψηλότερης εντροπίας.

2.3.2. Ιδιότητες της Μεταβολής

Η εξελίξιμη, γραμμική φύση του Χρόνου, συνεχίζει να γίνεται αντιληπτή μόνο μέσω της Μεταβολής (Change). Στόχος των μοντέλων των χώρο-χρονικών βάσεων δεδομένων είναι να μπορούν να αξιοποιηθούν απεικονίζοντας τις Μεταβολές αυτές. Ωστόσο, δεν είναι καθόλου απλή η εννοιολογική απόδοση εντός ενός μοντέλου του πότε θεωρείται μια οντότητα πως έχει μεταβληθεί.

Σε ένα αντικειμενοστρεφές μοντέλο, η Μεταβολή λαμβάνει χώρα όταν ένα συμβάν –ή σειρά συμβάντων- μεταβάλει την κατάσταση μίας ή περισσότερων οντοτήτων. Τέτοια μεταβολή μπορεί να αφορά είτε στην Ταυτότητα των οντοτήτων, είτε στην θέση τους, είτε/και στα χαρακτηριστικά τους. Σε ένα μοντέλο πεδίου, η μεταβολή λαμβάνει χώρα όταν ένα συμβάν σε μία γεωγραφική θέση μεταβάλει την



Σχήμα 2.7 Προβλεπόμενες Μεταβολές Βίου και Κίνησης (Claramunt and Thériault, 1996)

κατάσταση όλων (ή κάποιων) φαινομένων στη θέση αυτή.

Ένας τρόπος να διαχωριστούν οι Μεταβολές είναι βάσει του χρονικού πλαισίου στο οποίο συμβαίνουν. Μπορούν να υπάρξουν σταδιακές, συνεχείς Μεταβολές, όπως μπορούν και να υπάρξουν συμβάντα που μεταβάλλουν οντότητες απότομα. Ωστόσο, το αν είναι «σταδιακή» ή «αιφνίδια» μια Μεταβολή εξαρτάται σημαντικά από το πεδίο εφαρμογής και τη χρονική κλίμακα που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, η μεταβολή του ορίου μια δασικής έκτασης μπορεί να φανεί ως απότομη εάν παρατηρηθεί μετά από 100 χρόνια, ενώ θα δείχνει σταδιακή εάν καταγράφεται ετησίως.

Όσο μία οντότητα υφίσταται, υπόκειται συνεχώς σε κάποιου είδους Μεταβολή. Προκύπτει ως κρίσιμο ζήτημα ο καθορισμός του βαθμού Μεταβολής, μετά τον οποίο θεωρείται πως η Μεταβολή αλλάζει εξ ολοκλήρου την ταυτότητα της οντότητας, προκαλώντας την απώλειά της και την παύση της ύπαρξής της. Τι είδους συμβάν δεν θα οδηγήσει απλώς σε νέα έκδοση της οντότητας, αλλά θα προκαλέσει το τέρμα του βίου της και τη γένεση μίας νέας στη θέση της; Για να αποδοθεί το ανωτέρω θέμα σε ένα χώρο-χρονικό μοντέλο, ορίζονται δύο (2) Κατηγορίες Μεταβολής στα οποία μπορεί να υποβληθεί μία οντότητα (Panopoulos and Kavouras, 2001):

- ❖ Η **Ουσιώδης Μεταβολή** (*Essential Change*) αφορά στην Ταυτότητα και τον κύκλο ζωής κάθε οντότητας. Το συμβάν το οποίο την προκαλεί καταργεί και την ταυτότητά της, καταλήγοντας στο να παύσει η ύπαρξη της οντότητας και στη θέση της να δημιουργηθεί μία (ή περισσότερες) νέες οντότητες.
- ❖ Η **Επουσιώδης Μεταβολή** (*Non-Essential Change*) αφορά σε εσωτερικές αλλαγές στην οντότητα,

δηλαδή συμβάντα τα οποία επιδρούν στην κίνηση της οντότητας και τις συσχετίσεις με άλλες οντότητες. Τέτοιου είδους συμβάντα σημαίνουν πως, σταδιακά ή αιφνιδίως, η οντότητα οδηγείται σε μια νέα κατάσταση, ήτοι μια νέα *Έκδοση*.

Εντάσσοντας τις δύο αυτές κατηγορίες Μεταβολής σε ένα ενιαίο 4διάστατο περιβάλλον χώρου και χρόνου, στη βιβλιογραφία (Claramunt and Thériault, 1996) συναντώνται κάτω από τους ευρύτερους όρους των *Μεταβολών Βίου* και *Μεταβολών Κίνησης* (Life Changes & Motion Changes). Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί πως η ουσιώδης και επουσιώδης μεταβολή εστιάζει σε μεμονωμένο αντικείμενο, αλλά μπορεί να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει συσχετίσεις μεταξύ αντικειμένων και πολλαπλά αντικείμενα (Σχήμα 2.7).

Η ταξινόμηση της κάθε Μεταβολής ως «ουσιώδης» ή «επουσιώδης» δεν είναι δυνατή χωρίς να έχει προηγηθεί ο καθορισμός της ταυτότητας των Οντοτήτων ενός μοντέλου. Το ερώτημα το οποίο συνδέει Μεταβολή και Ταυτότητα είναι κρίσιμο (Galton, 2003): Υπό ποιες συνθήκες αποτελούν δύο «εμφανίσεις» αντικειμένων ουσιαστικά εμφανίσεις του ίδιου αντικειμένου;

Ως εκ τούτου, η ανωτέρω προσέγγιση προϋποθέτει μοντέλα ανά πεδίο εφαρμογής (application specific), ώστε να είναι δυνατή η ταξινόμηση της σημαντικότητας των πιθανών Μεταβολών των προβλεπόμενων οντοτήτων τους. Για τον σκοπό αυτό, οι προβλεπόμενες Μεταβολές τυποποιούνται περαιτέρω για τις ανάγκες των μοντέλων που εξετάζονται σε παρακάτω Κεφάλαια. Η τυποποίηση αυτή αξιοποιεί τους τελεστές που εφάρμοσε ο Al-Taaha (2001), αντιστοιχώντας τους ανά κατηγορία Μεταβολής.

Για τις *Ουσιώδεις Μεταβολές* χρησιμοποιούνται οι τελεστές:

- *Create* (Δημιουργία)
- *Destroy* (Διαγραφή)
- *Kill/Reincarnate* (Αναγέννηση)
- *Fusion* (Συγχώνευση)
- *Fission* (Διάσπαση)
- *Evolution* (Εξέλιξη – μεταμόρφωση)

Στις *Επουσιώδεις Μεταβολές* αντιστοιχούνται οι τελεστές:

- *Spawn* (Αναπαραγωγή – νέες οντότητες γεννούνται ενώ οι αρχικές διατηρούνται)
- *Aggregate* (Συνένωση)
- *Disaggregate* (Διαίρεση)

Με την παραπάνω τυποποίηση στο χώρο-χρονικό μοντέλο δεδομένων δίνεται η δυνατότητα να περιγραφεί η όποια Μεταβολή βάσει των τελεστών, άρα κατ' επέκταση, να χαρακτηριστεί ως Ουσιώδης ή μη.

2.3.3. Καταγραφή του Χρόνου: Μονάδες, Κλίμακα και Ανάλυση

Εφαρμόζοντας τη θεωρία του Απόλυτου Χρόνου, γίνεται η παραδοχή πως ο χρόνος δύναται να κατατμηθεί σε διακριτές μονάδες μέτρησης, οι οποίες μπορεί να είναι ίδιου ή εναλλακτικού «μήκους». Η προσέγγιση αυτή είναι απαραίτητη για να μπορέσει να γίνει καταγραφή του χρόνου βάσει αντικειμενικής παρατήρησης. Η ελάχιστη χρονική μονάδα μέτρησης η οποία ανά μοντέλο θα χρησιμοποιείται για την

καταγραφή του Χρόνου, είτε αυτή είναι δευτερόλεπτα, μήνες ή δεκαετίες, αναφέρεται πλέον στη βιβλιογραφία ως **Chronon** (Tryfona and Jensen, 1998).

Το πραγματικό μέγεθος και είδος της μονάδας μέτρησης, του *Chronon*, εξαρτάται άρρηκτα από τη χρονική ανάλυση (*granularity*) την οποία χρησιμοποιεί το μοντέλο. Η χρονική ανάλυση καθορίζει την **Χρονική Κλίμακα** (temporal scale), δηλαδή τον βαθμό λεπτομέρειας στον οποίο ο Χρόνος καταγράφεται, μετριέται και χρησιμοποιείται από το μοντέλο, και κατ' επέκταση από την Εφαρμογή (Reitsma and Bitter, 2003). Η αναφορά σε θέματα κλίμακας στη Διατριβή αυτή δεν ταυτίζεται με την «παραδοσιακή» προσέγγιση της χαρτογραφικής κλίμακας, αλλά με το επίπεδο ανάλυσης στο οποίο μετριέται και παρατηρείται ο πραγματικός κόσμος. Ως εκ τούτου, η έννοια της *κλίμακας*, τόσο Χωρικής όσο και Χρονικής, αναφέρεται στην ανάλυση των μετρήσεων και των απαιτήσεων (τον ελάχιστο «κόκκο άμμου») και στη λεπτομέρεια στην οποία αποδίδονται τα όρια των φαινομένων – σε χωρικές και χρονικές διαστάσεις.

Η Χρονική Κλίμακα ορίζει τη διάρκεια του κάθε *Chronon*. Όπως μπορεί να καταλάβει κανείς, η επιλογή κατάλληλης χρονικής κλίμακας εξαρτάται άμεσα από το πεδίο εφαρμογής, με τρόπο παρόμοιο με την επιλογή χαρτογραφικής κλίμακας-επίπεδου λεπτομέρειας στα χωρικά δεδομένα ενός χάρτη. Επιπλέον, αν και τα δεδομένα μπορεί να συλλέγονται σε συγκεκριμένη χρονική κλίμακα, είναι δυνατόν οι διαδικασίες Ανάλυσής τους να απαιτήσουν εφαρμογή περισσότερων κλιμάκων (γενίκευση – εξειδίκευση).

Σε πρακτικό επίπεδο, εντός μιας χώρο-χρονικής Βάσης δεδομένων, τα *Chronons* αντιστοιχούν σε διαστήματα (Intervals). Οι προβλεπόμενοι τύποι δεδομένων που περιγράφουν χρονικές περιόδους, απαιτούν ένα αρχικό χρονικό σημείο t_s και ένα τελικό χρονικό σημείο t_e . Τα Intervals μπορούν να είναι ανοικτά ή κλειστά στα άκρα τους: $[t_s, t_e]$, $[t_s, t_e)$, $(t_s, t_e]$ ή (t_s, t_e) . Η βιβλιογραφία των Βάσεων Δεδομένων περιέχει πληθώρα τελεστών διαχείρισης (operators) τέτοιου είδους τύπων δεδομένων, όπως *Scalar*, *Aggregate*, *Relation* και *Update operators* (Darwen, 2000 - Lorentzos and Mitsopoulos, 1997). Με τη χρήση των Intervals ως data types δίνεται η δυνατότητα για διατύπωση Ερωτημάτων και διαδικασιών χώρο-χρονικής ανάλυσης. Επισημαίνεται πως, καθώς τα Intervals θα αποτελούνται από χρονικά σημεία, συνεχίζει να είναι κρίσιμη η χρονική ανάλυση ανά εφαρμογή.

2.3.4. Είδη Χρόνου στη Βάση Δεδομένων

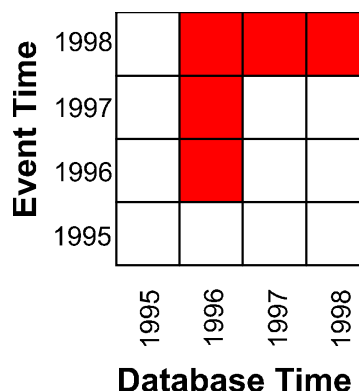
Σε μία χώρο-χρονική Βάση Δεδομένων, καταγράφονται γεγονότα, τα οποία συνδέουν Αντικείμενα με χρονική πληροφορία. Αυτή η χρονική πληροφορία μπορεί να είναι δύο ειδών: είτε πληροφορία για το χρόνο για τον οποίο ισχύει ένα γεγονός, είτε πληροφορία για το χρόνο που καταγράφηκε το γεγονός στη Βάση Δεδομένων. Στη βιβλιογραφία είναι πλέον αποδεκτή (Worboys, 1994 - Tryfona et al., 2003 – Jensen and Snodgrass, 2009) η διάκριση του Χρόνου που μπορεί να καταγραφεί εντός ενός Temporal GIS σε δύο (2) είδη:

- 🕒 Τον **Έγκυρο Χρόνο (Valid Time)**, που αντιστοιχεί στον χρόνο για τον οποίο ένα γεγονός της Βάσης ισχύει (*is valid*) στον πραγματικό κόσμο.
- 🕒 Τον **Χρόνο Καταγραφής (Transaction Time)**, ο οποίος αντιστοιχεί στον χρόνο εγγραφής και μεταβολής των στοιχείων εντός της Βάσης Δεδομένων, δίνοντας τη δυνατότητα να ελέγχεται όχι μόνο το πότε ισχύει κάτι για ένα αντικείμενο (valid time), αλλά και το πότε καταγράφηκε στο σύστημα η πληροφορία αυτή.

Ο Έγκυρος χρόνος πολλές φορές ονομάζεται και *Event Time* ή *Real-world Time*. Ομοίως, ο χρόνος Καταγραφής συναντάται και ως *Database Time*, *System Time* ή *Registration Time*. Επίσης, ως ειδική

	Event Time	Database Time
Static	✗	✗
Historical	✓	✗
Rollback	✗	✓
Bi-Temporal	✓	✓

(α)



(β)

Σχήμα 2.8 (α) Είδη Temporal GIS (Worboys, 1994), (β) Παράδειγμα καταγραφής Φαινομένου A σε bi-temporal GIS

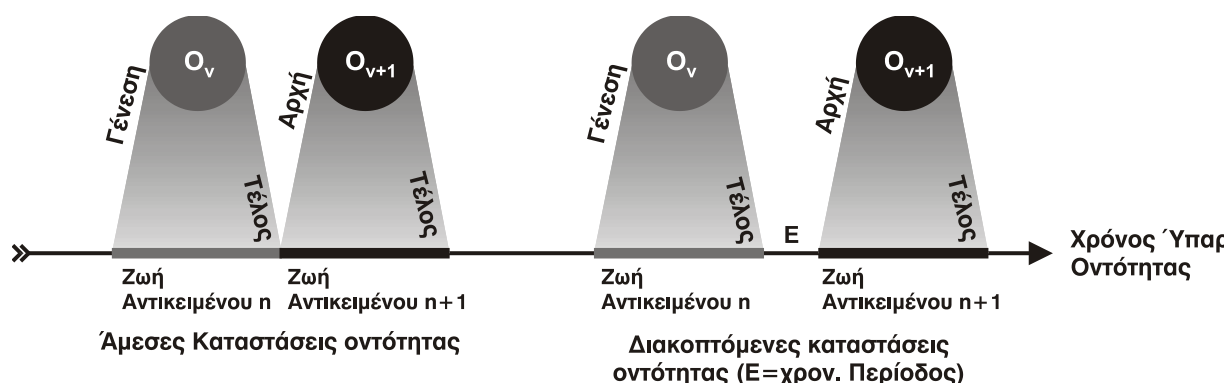
υποκατηγορία του Valid Time καθορίζεται ο *Χρόνος Ύπαρξης (Existence Time)*, δηλαδή ο χρόνος για τον οποίο «υπάρχει» ένα Αντικείμενο σε μια αντικειμενοστρεφή Βάση Δεδομένων (Tryfona et al., 2003).

Ο Worboys (1994) πρώτος καθόρισε την έννοια του Bi-Temporal GIS ως ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών το οποίο διατηρεί για τα αντικείμενά του και τα δύο ανωτέρω είδη χρόνου (τα οποία ονομάζει Event & Database Time αντιστοίχως). Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.8α ένα σύστημα πληροφοριών χωρίς κανένα είδος χρόνου θεωρείται Στατικό, ένα σύστημα το οποίο καταγράφει τον Έγκυρο Χρόνο μπορεί να απαντήσει σε ερωτήματα Ιστορικότητας, ένα σύστημα το οποίο διατηρεί το Χρόνο Καταγραφής δίνει τη δυνατότητα επαναφοράς σε προηγούμενη κατάσταση (*rollback*). Σε ένα σύστημα όπου διατηρούνται και τα δύο είδη χρόνου υπάρχει η δυνατότητα πλήρους χώρο-χρονικής ανάλυσης. Για παράδειγμα, σε ένα bi-temporal GIS μπορεί να καταγραφεί ένα φαινόμενο A, το οποίο καταγράφηκε το 1996 ως ισχύουν από το 1996, αλλά το 1997 η Βάση διορθώθηκε και το φαινόμενο ισχύει από το 1998 (Σχήμα 2.8β).

2.3.5. Ο Χρόνος στον Εννοιολογικό Σχεδιασμό

Οι παραδοχές οι οποίες προηγήθηκαν πρόκειται να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο μοντέλου το οποίο θα περιγράφει το χρόνο και τον χώρο ενιαία. Ένα τέτοιο μοντέλο διέπεται με τη σειρά του από συγκεκριμένες παραδοχές σε εννοιολογικό επίπεδο, οι οποίες θα αποδοθούν στα μοντέλα δεδομένων χωρικών υποδομών στα επόμενα Κεφάλαια της παρούσης.

Η βασική προσέγγιση είναι αντικειμενοστρεφής, καθώς οι οντότητες παίζουν κεντρικό ρόλο στο μοντέλο. Ως **Οντότητα** ορίζεται η αφαιρετική απόδοση ενός φαινομένου του πραγματικού κόσμου, ενώ ως **Αντικείμενο** η απεικόνιση της οντότητας εντός της Χώρο-χρονικής Βάσης Δεδομένων. Η Langran (Langran, 1992) ορίζει τις οντότητες ως κάτι το οποίο υφίσταται για πάντα, από την απαρχή του χρόνου, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να δημιουργείται, να μεταβάλλεται, να παύει να υπάρχει και να αναγεννιέται. Η πορεία μιας οντότητας στον χρόνο αποδίδεται μέσω των εκδόσεων των αντικειμένων στο Σύστημα Πληροφοριών. Τα αντικείμενα τα οποία συνιστούν μια οντότητα μπορούν να μεταβληθούν, να παύσουν να υπάρχουν ή να γεννηθούν νέα – λειτουργώντας ως διαφορετικές καταστάσεις της ίδιας οντότητας. Επί αυτής της βασικής παραδοχής στηρίζεται η αρχή των **Χώρο-Χρονικών Μονάδων** (STUs) οι οποίες



Σχήμα 2.9 Συνεχείς Εκδόσεις Αντικειμένων της ίδιας Οντότητας (Panopoulos and Kavouras, 2001)

παρουσιάζονται σε επόμενο Κεφάλαιο.

Οι εκδόσεις των αντικειμένων μπορούν –βάσει του μοντέλου και της χρονικής κλίμακας- είτε να αλλάξουν αιφνιδίως, είτε να μεσολαβήσει χρονικό διάστημα μεταξύ των εκδόσεων (Claramunt et al., 1998 – Σχήμα 2.9). Ένα εκ των βασικών ζητημάτων από όσα προκύπτουν είναι το εάν το Αντικείμενο το οποίο μεταβλήθηκε αποτελεί όντως νέα έκδοση αντικειμένου της ίδιας Οντότητας ή είναι στην πραγματικότητα ένα νέο αντικείμενο άλλης Οντότητας.

Σε επίπεδο εννοιολογικού σχεδιασμού, το ζήτημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί σε μοντέλα με αυστηρά καθορισμένες οντότητες, αλλά και τις δυνατές «Ουσιώδεις» και «Επουσιώδεις» Μεταβολές στις οποίες μπορούν να υπαχθούν. Τέτοιου είδους μοντέλα είναι δυνατόν να σχεδιαστούν σε εξειδικευμένα πεδία Εφαρμογών, ώστε να μπορούν να διατυπωθούν αυστηροί ορισμοί. Στις Χωρικές Υποδομές, τις οποίες πραγματεύεται η παρούσα διατριβή, τέτοια δυνατότητα υπάρχει μόνο στα application-specific μοντέλα ανά πεδίο εφαρμογής, όπως στην περίπτωση των επιμέρους Θεματικών Επιπέδων της Οδηγίας INSPIRE, και όχι στα Γενικευμένα Εννοιολογικά Μοντέλα. Τα μοντέλα για συγκεκριμένα πεδία εφαρμογών επιτρέπουν το διατυπωθούν τυποποιημένοι κανόνες για κάθε οντότητά τους, με τους οποίους θα καθορίζεται το είδος ή/και ο βαθμός της Μεταβολής με την οποία μια Οντότητα παύει όντως να υπάρχει και αντικαθίστανται.

Σχεδιάζοντας ή επεκτείνοντας αντικειμενοστρεφή μοντέλα δεδομένων, μπορούν να καθοριστούν και οι δομές των δεδομένων βάσει τυποποιημένης μεθόδου. Στην περίπτωση των περισσότερων χωρικών υποδομών -και ειδικά στο INSPIRE- εφαρμόζεται η τυποποίηση της UML (Unified Model Language). Επιλέγονται τέτοια μοντέλα δεδομένων διότι διαθέτουν ένα σχεδόν φυσικό τρόπο περιγραφής των οντοτήτων (Worboys, 1994 & 1998), αποφεύγουν την κατάτμηση των δεδομένων και δίνουν πολλαπλές χρήσιμες δυνατότητες για επιπλέον διαχείριση και αξιοποίηση της χρονικής πληροφορίας. Στην αντικειμενοστρεφή δομή, τα αντικείμενα τα οποία απεικονίζουν μια οντότητα στη βάση κληρονομούν από αυτή όλα τα προκαθορισμένα της χαρακτηριστικά (attributes) ως ενιαίο σετ. Οι Claramunt and Thériault (Claramunt and Thériault, 1996) διακρίνουν τα σετ αυτά των χαρακτηριστικών σε τρεις (3) Τομείς:

- ❖ Το **Θεματικό Τομέα** (*Thematic domain*), στον οποίον ανήκουν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά της οντότητας.
- ❖ Το **Χωρικό Τομέα** (*Spatial domain*), στον οποίον περιγράφονται τα χωρικά χαρακτηριστικά κάθε οντότητας.

❖ Το **Χρονικό Τομέα** (*Temporal domain*), όπου απεικονίζονται τα χρονικά χαρακτηριστικά.

Όπως είναι προφανές, ο Χρονικός Τομέας είναι και ο σημαντικότερος για την απόδοση των Μεταβολών μέσω του μοντέλου. Ο Τομέας αυτός συγκεντρώνει όλα τα στοιχεία του χρονικού αντικειμένου. Εάν στηριχθεί κανείς στην πρόταση του Ιστορικού-Γραφήματος (history-graph), στον Χρονικό Τομέα καταγράφεται η Κατάσταση (state) του αντικειμένου, δηλ. εάν το αντικείμενο βρίσκεται υπό μεταβολή, είναι στατικό ή έχει παύσει να υφίσταται. Η πληροφορία αυτή μπορεί να καταγραφεί για παρελθοντικές, παρούσες και μελλοντικές καταστάσεις του αντικειμένου. Με την καταγραφή αυτή (time-stamping) είναι δυνατόν να διατηρηθεί και να ανακτηθεί η ιστορία κάθε έκδοσης του αντικειμένου. Η χρονική πληροφορία η οποία καταγράφεται είναι ο «έγκυρος» (valid) Χρόνος, δηλαδή ο χρόνος όπου η κάθε μεταβολή όντως λαμβάνει χώρα. Το μοντέλο καταγράφει στο temporal domain και το χρόνο που έγινε το transaction στη Βάση Δεδομένων, ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση πληροφορίας για το πότε έγινε η ενημέρωση των δεδομένων. Εάν η μετάβαση μεταξύ δύο καταστάσεων του αντικειμένου στον Χρονικό τομέα είναι στιγμιαία, τότε το συμβάν έλαβε χώρα ακαριαία. Εάν το αντικείμενο διατηρείται σε κατάσταση υπό μεταβολή για ένα χρονικό διάστημα, τότε το αντικείμενο θεωρείται υπό διαρκή μεταβολή.

Στο Χρονικό Τομέα καταγράφεται όχι μόνο η τρέχουσα κατάσταση του κάθε αντικειμένου (στατικό, υπό μεταβολή, τερματισμένο), αλλά και η μεταβολή που οδήγησε σε αυτήν. Το μοντέλο μπορεί να προδιαγράψει τις μεταβολές, έτσι ώστε κάθε Οντότητα να συνδέεται με συγκεκριμένες Μεταβολές στις οποίες μπορεί να υποβληθεί. Οι κανόνες αυτοί, τμήμα του εξειδικευμένου application schema, μπορούν να λειτουργούν ως περιορισμοί εγκυρότητας για την χρονική πληροφορία. Στο Σχήμα 2.10 δίνεται ένα παράδειγμα των τριών Τομέων χαρακτηριστικών, για την οντότητα Γεωτεμάχιο.

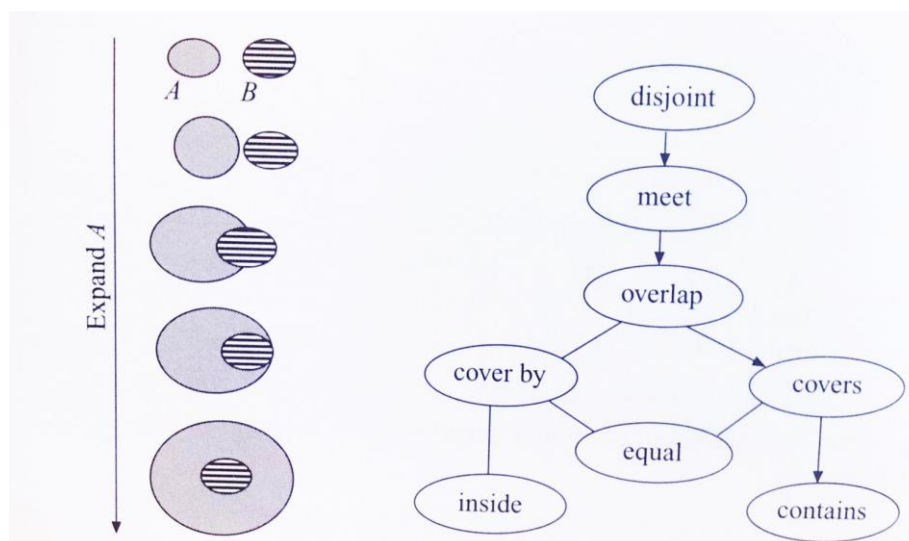
Ο Χωρικός Τομέας περιλαμβάνει τα χωρικά χαρακτηριστικά κάθε έκδοσης αντικειμένου, είτε αυτά αφορούν στη γεωμετρία και τη θέση, είτε στην τοπολογία. Σε κάθε μεταβολή που επιδρά και αλλάζει κάποιο/α από αυτά τα χαρακτηριστικά, δημιουργείται μία επιπλέον «Κατάσταση» στον χωρικό τομέα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αποδοθούν και να μελετηθούν οι διαδοχικές αλλαγές στο αντικείμενο.

Spatial	Form	Centroid	Temporal Stage
	Polygon A	X,Y	Past 2
	Polygon B	X,Y	Past 4
	Polygon B	X,Y	Past 6
	Null	Null	Present

Thematic	Use	Ownership	Temporal Stage
	Plantation	Owner A	Past 2
	Plantation	Owner A	Past 4
	Parking Lot	Owner B	Past 6
	Null	Null	Present

Temporal	Stage	Type	Data	Changes
	Past 1	Change	tPoint: 1963	Birth
	Past 2	Static	tPeriod: 1963-1975	None
	Past 3	Change	tPoint: 1975	Size Change
	Past 4	Static	tPeriod: 1975-1978	None
	Past 5	Change	tPoint: 1978	Ownership Change
	Past 6	Static	tPeriod: 1978-1989	None
	Past 7	Change	tPoint: 1989	Parcel Division, Death
	Present	Ceased	tPeriod: 1989-	None

Σχήμα 2.10 Παράδειγμα: οι Τρεις Τομείς χαρακτηριστικών και καταστάσεις αντικειμένων, για την οντότητα Γεωτεμάχιο



Σχήμα 2.11 Παράδειγμα: σενάριο διαδοχικής αλλαγής πιθανών τοπολογικών συσχετίσεων μεταξύ δύο οντοτήτων A και B

Μεταξύ δύο αντικειμένων μπορούν να υπάρξουν έως οκτώ (8) τυποποιημένες τοπολογικές συσχετίσεις, οι οποίες δύνανται να εναλλάσσονται μεταξύ τους. Έτσι, κάθε Μεταβολή μπορεί να προκαλέσει και διαφορετικό σενάριο διαδοχικών αλλαγών στην τοπολογία αντικειμένων (Wachowicz, 1999) Στο Σχήμα 2.11 παρουσιάζεται μια τέτοια περίπτωση ως παράδειγμα.

Εκτός των τριών Τομέων και των ορισμών των Οντοτήτων, το μοντέλο περιλαμβάνει και την ταξινόμηση των Οντοτήτων σε συγκεκριμένη Ιεραρχία. Η ιεραρχία αυτή κρίνεται απαραίτητη σε ένα αντικειμενοστρεφές μοντέλο, καθώς οι κλάσεις «κληρονομούν» ιδιότητες από τα ανώτερα επίπεδα. Η ιεραρχία αυτή επιτρέπει και διαδικασίες Γενίκευσης, καθώς το κάθε επίπεδο της ιεραρχίας μπορεί να αντιστοιχεί και σε γενικότερο επίπεδο λεπτομέρειας, δηλ. σε μικρότερη χαρτογραφική κλίμακα. Ομοίως, όταν συμπεριληφθεί και ο Χρονικός Τομέας κάθε Κλάσης, μπορούν να ιεραρχηθούν οι επιτρεπόμενες Μεταβολές. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να σχηματιστούν υψηλότερα επίπεδα γενικευμένων Μεταβολών, τα οποία από κάτω τους περιλαμβάνουν ένα πλήθος πιο συγκεκριμένων και λεπτομερέστερων μεταβολών που αντιστοιχούν σε άλλη χρονική κλίμακα. Μια τέτοια προσέγγιση θα είναι χρήσιμη στην περίπτωση χρονικής γενίκευσης μεταξύ χρονικών κλιμάκων, καθώς απλώς θα αλλάζει επίπεδο ιεραρχίας.

3. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΧΩΡΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ

3.1. Χωρικές Υποδομές (SDIs)

3.1.1. Ορισμός και Οφέλη

Ως **Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών** (*Spatial Data Infrastructure – SDI*) ορίζεται μια συλλογή γεωγραφικών πληροφοριών, οι οποίες θα καλύπτουν ευρύ φάσμα θεματικών κατηγοριών και επιστημονικών αναγκών. Σε μια τέτοια Υποδομή θα συμμετέχουν πολλαπλοί Φορείς (Τοπικοί, Εθνικοί και Ευρωπαϊκοί) που παράγουν ή/και χρησιμοποιούν χωρική πληροφορία, και θα έχει πρόσβαση σε αυτή κάθε πολίτης που πρόκειται να χρησιμοποιήσει τέτοιου είδους πληροφορία (Πανόπουλος, 2009).

Οι Υποδομές Χωρικών Πληροφοριών –αναφέρονται και ως Χωρικές Υποδομές- αποτελούν συστήματα, τα οποία επιτρέπουν την άμεση πρόσβαση – πλέον μέσω του διαδικτύου - στο σύνολο της ψηφιακά διαθέσιμης γεωπληροφορίας της χώρας και για το σύνολο της επικράτειάς της. Για την παρακολούθηση της διαρκώς μεταβαλλόμενης κατάστασης στο χώρο και την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, οι Υποδομές Χωρικών Πληροφοριών πρέπει συνεχώς να αναπτύσσονται, να εμπλουτίζονται και να εξελίσσονται. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη και σε βάθος χρόνου λειτουργία τους, καθώς και η αξιοπιστία τους ως προς την ποιότητα της πληροφορίας που παρέχουν, χρειάζεται, εκτός από την τεχνολογική υποδομή, και το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό (Ομπρέλα) για τη Γεωγραφική Πληροφορία (*European Umbrella Organisation for Geographic Information-EUROGI*) «μια Υποδομή Γεωγραφικών Δεδομένων περιλαμβάνει τα **δεδομένα**, την **τεχνολογία**, τα **μοντέλα τυποποίησης**, την **πολιτική**, τους **οργανωτικούς περιορισμούς**, τους **μηχανισμούς διανομής**, τους **οικονομικούς πόρους** και το **ανθρώπινο δυναμικό**, εξασφαλίζοντας ότι αυτοί που ασχολούνται με την πληροφορία δεν εμποδίζονται στο να επιτυγχάνουν τους στόχους τους».

Το σκεπτικό της δημιουργίας ενός SDI είναι ότι όπως η οδική υποδομή μιας χώρας καθιστά δυνατή την σύνδεση διαφορετικών μερών, η υποδομή χωρικών δεδομένων καθιστά δυνατή την σύνδεση δεδομένων από διαφορετικές τοποθεσίες. Συγκεκριμένα υποστηρίζει την εύκολη εύρεση και πρόσβαση στα γεωγραφικά δεδομένα και την ευκολότερη ανάπτυξη νέων εφαρμογών και υπηρεσιών. Μια Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών έχει τέσσερα βασικά συστατικά (Τσούλος et al., 2010):

1. Τα ψηφιακά χωρικά δεδομένα (π.χ. υδρογραφικό δίκτυο, οδικό δίκτυο, προστατευόμενες τοποθεσίες, κ.λπ.)
2. τις υπηρεσίες χωρικών δεδομένων, δηλαδή λογισμικό το οποίο εκτελεί διάφορες διεργασίες πάνω στα χωρικά δεδομένα και τα αντίστοιχα μεταδεδομένα προκειμένου αυτά να αξιοποιηθούν (π.χ. υπηρεσίες εύρεσης των δεδομένων, επισκόπησης των χαρτών, κ.λπ.)
3. το τεχνικό πλαίσιο, δηλαδή τις τεχνικές προδιαγραφές (πρότυπα) τις οποίες πρέπει να πληρούν τα προαναφερόμενα γεω-δεδομένα και
4. το θεσμικό πλαίσιο, το οποίο αποτελείται αφενός από μία άρτια ορισμένη διοικητική διάρθρωση που καθορίζει τους ρόλους και τις υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων στη λειτουργία της υποδομής και αφετέρου από τη σχετική νομοθεσία που ρυθμίζει τον τρόπο διακίνησης και χρήσης των χωρικών δεδομένων τόσο μεταξύ της Δημόσιας Διοίκησης, όσο και από αυτήν προς τους πολίτες και το ευρύ

κοινό.

Τα οφέλη από την υλοποίηση Υποδομών είναι πολλαπλά και κατανέμονται σε τέσσερις βασικούς άξονες:

- *Περιβάλλον*: Καλύτερη διακυβέρνηση ειδικά σε θέματα περιβαλλοντικής πολιτικής, δεδομένου ότι η άμεση πρόσβαση στη συνολική εικόνα της κατάστασης στο χώρο θα επιτρέπει τη λήψη ενημερωμένων, ορθών και συντονισμένων αποφάσεων αποφεύγοντας τις αποσπασματικές, κατακερματισμένες και ασυντόνιστες δράσεις που πολλές φορές δημιουργούν σημαντικότερα προβλήματα από αυτά που επιλύουν
- *Εθνική Οικονομία*: Εξοικονόμηση πόρων. Μείωση της δαπάνης που παρατηρείται με το κράτος να πληρώνει πολλές φορές για τα ίδια γεωδεδομένα και χαρτογραφικά υπόβαθρα. Επίσης παύει η πρακτική δημιουργίας εκατοντάδων κατακερματισμένων βάσεων δεδομένων που ήταν πρακτικά άχρηστες, διότι δε μπορούσαν να αξιοποιηθούν από άλλα πληροφοριακά συστήματα λόγω διαφορετικών προδιαγραφών δομής και περιεχομένου
- *Ανάπτυξη*: Ταχύτατη εξυπηρέτηση φορέων, πολιτών και εταιρειών για τον εντοπισμό της γεωπληροφορίας που τους ενδιαφέρει μέσω της υποδομής. Αυτό θα διευκολύνει υποψήφιους επενδυτές, θα μειώσει σημαντικά τη γραφειοκρατία και θα απλοποιήσει τις διαδικασίες. Επιπλέον, θα τονωθεί η ανάπτυξη, διότι η υποδομή αφενός θα αποτελέσει μία αναπτυξιακή πλατφόρμα για τη δημιουργία τεχνολογικών προϊόντων και καινοτόμων υπηρεσιών από εταιρείες και επαγγελματίες του χώρου (προστιθέμενη αξία), αφετέρου θα συμβάλει στην προβολή της χώρας μέσω του διαδικτύου και στην ενίσχυση του τουρισμού.
- *Διαφάνεια*: Ίση, ελεύθερη και δωρεάν πρόσβαση στα χωρικά δεδομένα για όλους, έλεγχος από τους πολίτες της τήρησης ζωνών προστασίας, συμμετοχική δημοκρατία, δυνατότητα στους πολίτες να συνδράμουν το κράτος στις προσπάθειές του.

Κρίσιμο στοιχείο για την λειτουργία και αξιοποίηση μιας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων είναι η επίτευξη **Διαλειτουργικότητας** (Interoperability) και **Εναρμόνισης** των δεδομένων και υπηρεσιών. Καθώς σε ένα SDI συμμετέχουν πολλαπλοί φορείς με διαφορετικά σετ δεδομένων, προκύπτει το ερώτημα εάν είναι δυνατόν μέσω της Υποδομής να υπάρχει μια φαινομενικά ενιαία βάση γεωγραφικών δεδομένων η οποία επιτρέπει πολλαπλές όψεις της πραγματικότητας, ώστε να εξυπηρετεί ποικιλία εφαρμογών. Η διαλειτουργικότητα έρχεται να βοηθήσει στο ζήτημα αυτό, καθώς στοχεύει στην ανάπτυξη κοινά αποδεκτών οντολογιών, εννοιολογικών μοντέλων, πρότυπα συλλογής και ανταλλαγής δεδομένων, τυποποιημένους συμβολισμούς, προδιαγεγραμμένες διαδικασίες διαχείρισης των δεδομένων και του συστήματος, και καθορισμένα μέτα-δεδομένα (Halaris et al., 2000).

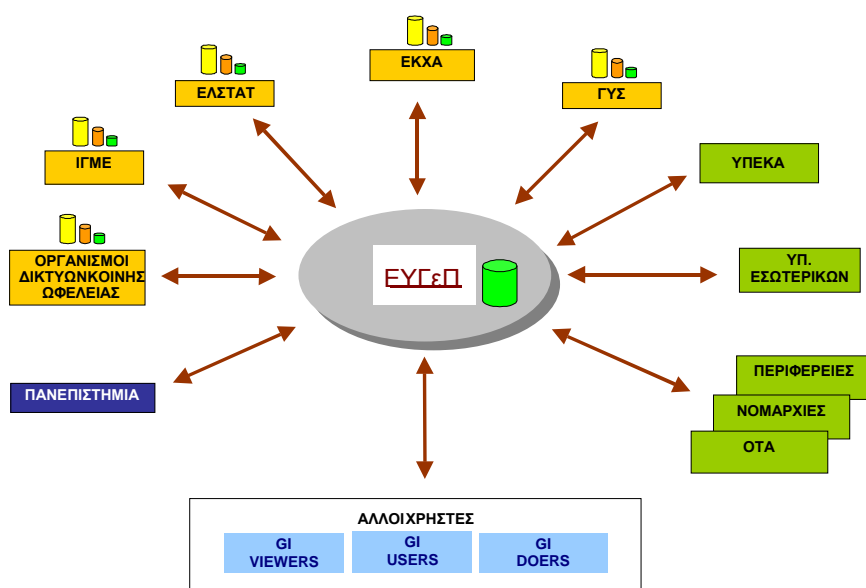
3.1.2. Εθνικές Υποδομές Γεωχωρικών Δεδομένων (NSDI)

Η συγκρότηση Εθνικών Υποδομών Γεωγραφικών Πληροφοριών (Ε.Υ.Γε.Π.) είναι στο επίκεντρο των επιστημονικών συζητήσεων και συνεδρίων την τελευταία δεκαετία, αλλά έχει υιοθετηθεί από πολλές χώρες τόσο σε θεσμικό όσο και σε νομοθετικό αλλά και επιχειρησιακό επίπεδο. Σε λίγες χώρες έχουν πραγματοποιηθεί προχωρημένες ενέργειες για τη συγκρότηση National Spatial Data Infrastructures - NSDIs (π.χ. ΗΠΑ, Καναδάς, Αυστραλία, Δανία, Σουηδία, Αυστρία), ενώ σε πολλές έχουν ξεκινήσει ενέργειες με στόχο την υλοποίησή της και σε αρκετές χώρες έχει τεθεί ως στόχος αλλά δεν έχουν προχωρήσει οι διαδικασίες.

Μια Εθνική Υποδομή θα περιλαμβάνει: βασικά δεδομένα, συστήματα, δικτυακή επικοινωνία, πρότυπα διαλειτουργικότητας, συμφωνίες συνεργαζομένων φορέων, μηχανισμούς πρόσβασης, και πολιτική διάθεσης. Βασικός στόχος είναι η δημιουργία μιας ανοιχτής και αποτελεσματικής υποδομής για πρόσβαση και διανομή online πληροφοριακών προϊόντων και υπηρεσιών. Η υποδομή θα υλοποιείται από ένα κατακευματισμένο δίκτυο βάσεων δεδομένων, που θα υπακούει σε ένα σύνολο κανόνων διαλειτουργικότητας (interoperability). Οι κατακευματισμένες βάσεις δεδομένων θα εμφανίζονται στο χρήστη ως μια ιδεατή (virtual) βάση δεδομένων, με σκοπό τη διάθεση πληροφοριών από πολλές διαφορετικές πηγές σε όσο το δυνατόν ευρύτερη ομάδα χρηστών (Πανόπουλος et al., 2008).

Η ανάπτυξη της Υποδομής σε Εθνικό επίπεδο θα αντιμετωπίσει όχι μόνο τεχνικά θέματα συλλογής και διάθεσης δεδομένων αλλά θα καταστήσει δυνατή την ενοποίηση και συσχέτιση και ανάλυσή τους μέσω των σύγχρονων τάσεων για διαλειτουργικότητα. Επίσης αναμένεται να αναδείξει τις ασυμφωνίες και προβλήματα στα ίδια τα δεδομένα και μέσω της τυποποίησης και πιστοποίησης να τα περιορίσει. Και τέλος θεωρείται ότι θα ωθήσει τη συνεργασία των φορέων στο ακανθώδες θέμα της ανταλλαγής και διάθεσης πληροφοριών.

Η Ελλάδα πραγματοποίησε, έστω και με μεγάλη καθυστέρηση, το πρώτο -και ίσως σημαντικότερο- βήμα για την εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία INSPIRE και τη δημιουργία μιας Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Δεδομένων, με την υπερψήφιση από την 20 Σεπτεμβρίου 2010 του σχετικού Νόμου (ΦΕΚ 141 Α'). Ο σχεδιασμός και ανάπτυξη της Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓεΠ) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις της 10ετίας για την αναπτυξιακή προοπτική ολόκληρης της χώρας στην εποχή της ψηφιακής τεχνολογίας. Ο συγκεκριμένος Νόμος, για πρώτη φορά, αντιμετωπίζει συνολικά μια σειρά σοβαρών θεμάτων, τα οποία σχετίζονται με τις μεθόδους παραγωγής, διαχείρισης και διάθεσης των Χωρικών δεδομένων στην Ελλάδα (Πανόπουλος και Περπερίδου, 2010). Για πρώτη φορά τίθεται εν ισχύ στην Ελλάδα ένα σύνολο μέτρων που θα συμβάλουν στη μελλοντική διαμόρφωση ενός κοινού γνωσσιακού και πληροφοριακού υποβάθρου στην Ελληνική κοινωνία, ικανοποιώντας έτσι ένα πάγιο αίτημα τόσο των Μηχανικών όσο και των πολιτών. Με την ύπαρξη του κεντρικού Μητρώου αλλά και τη θεσμοθέτηση ενός υπεύθυνου «κυρίου» για κάθε σημαντικό Σύνολο Χωρικών δεδομένων, η πολυπλοκότητα αναζήτησης και εύρεσης της αναγκαίας γεωγραφικής πληροφορίας μεταφέρεται επιτέλους από τον πολίτη στο σύστημα και όχι αντίστροφα όπως γινόταν έως σήμερα.



Σχήμα 3.1 Οι χρήστες της Εθνικής Υποδομής Γεωγραφικών Πληροφοριών

3.1.3. Η ανάγκη για Ευρωπαϊκή Υποδομή (ESDI)

Η κατάσταση στην Ευρώπη χαρακτηρίζεται από περιορισμούς στην πολιτική δεδομένων, έλλειψη συντονισμού πέραν εθνικών συνόρων αλλά και στις διάφορες βαθμίδες διακυβέρνησης, έλλειψη προτύπων ασύμβατες πληροφορίες και συστήματα πληροφοριών, μη δυνατή περαιτέρω χρήση γεωγραφικών δεδομένων, κατακερματισμό της πληροφορίας, πλεονασμό, και αδυναμία ενσωμάτωσης τους.

Ο τομέας του περιβάλλοντος αποτελεί κινητήρια δύναμη για τη δημιουργία μιας Ευρωπαϊκής Υποδομής Γεωγραφικών Πληροφοριών (European Spatial Data Infrastructure – ESDI). Οι περιβαλλοντικές ανάγκες είναι πολλές και κρίσιμες όπως: η ανάγκη για καλύτερη πληροφορία για την υποστήριξη των πολιτικών, η βελτίωση της υπάρχουσας ροής πληροφοριών, η εξέταση των ανόμοιων καταστάσεων στις διάφορες περιοχές της Κοινότητας και η αναθεώρηση του τρόπου παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων και ανταλλαγής πληροφορίας. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 90% των περιβαλλοντικών δεδομένων είναι γεωγραφικά. Από τα 58 είδη δεδομένων που είναι αναγκαία για περιβαλλοντικές πολιτικές: 32 είναι δια-τομεακού ενδιαφέροντος, 16 αφορούν μόνον το περιβάλλον και 10 αφορούν άλλους τομείς. Τα 32 είδη επιτρέπουν: τη σύνδεση διαφόρων ENV θεμάτων και κατά συνέπεια την πολιτική συνοχή και τη σύνδεση με άλλους τομείς και κατά συνέπεια την ολοκλήρωση.

Η ανάγκη χάραξης κοινής στρατηγικής στην Ευρώπη είναι προφανής σε πολλές περιπτώσεις (Πανόπουλος, 2009): Είναι εντυπωσιακό ότι το 70% των υδατικών συστημάτων γλυκού νερού στην Ευρώπη αποτελούν τμήματα διασυννοριακών λεκανών απορροής ποταμών. Η αποτελεσματική εκτίμηση κινδύνων περιορίζεται από την ποιότητα δεδομένων (χρήσεων γης, προστατευόμενων περιοχών, κλπ.) Ένα άλλο παράδειγμα που καταδεικνύει την ανάγκη χάραξης κοινής στρατηγικής στην Ευρώπη αφορά στο πρόγραμμα Natura2000 το οποίο πρέπει να απαντά σε ερωτήσεις όπως: σε ποια διοικητική ενότητα ανήκει η τοποθεσία; Υπάρχουν κύριοι δρόμοι που διασχίζουν την περιοχή; Ποια είναι η μορφολογία του εδάφους; Που βρίσκονται τα πλησιέστερα χωριά και πόλεις; Ποια είναι η κατανομή της κάλυψης και χρήσης γης; Που υπάρχουν πιθανές πηγές μόλυνσης; Το πρόβλημα είναι ότι τα δεδομένα που διατίθενται για να δώσουν απάντηση σε αυτές τις ερωτήσεις είναι συχνά διαφορετικής ή χαμηλής ποιότητας.

Η **Εναρμόνιση** των δεδομένων και των προδιαγραφών εντός του αντικειμένου μιας Ευρωπαϊκής Χωρικής Υποδομής (ESDI) σημαίνει ότι όλα τα κράτη μέλη θα χρησιμοποιούν ένα ενιαίο σετ συστημάτων αναφοράς, μοντέλων δεδομένων, λεξικών οντοτήτων, οντολογιών κ.ο.κ. Η **Διαλειτουργικότητα** εντός του αντικειμένου μιας ESDI σημαίνει πως η κάθε χώρα θα διατηρεί τη δική της Εθνική Χωρική Υποδομή, αλλά θα υιοθετήσει μια δομή που θα επιτρέπει τη σύνδεση των δεδομένων μεταξύ κρατών – μελών.

Η οδηγία **INSPIRE** (INfrastructure for SPatial InfoRmation in the European Community) διαμορφώνει το νομικό πλαίσιο για τη δημιουργία και λειτουργία Υποδομής Χωρικών Πληροφοριών στην Ευρώπη. Στόχος του INSPIRE είναι η σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών μελών σε μία ενιαία Ευρωπαϊκή Υποδομή. Το INSPIRE αποτελεί πρόταση και οδηγία με την έννοια ότι δεσμεύει τα κράτη μέλη για το Τι πρέπει να επιτευχθεί. Παράλληλα τα Κράτη Μέλη ορίζουν αυτόνομα μέσα από την Εθνική Νομοθεσία το Πως, θα το επιτύχουν. Η οδηγία δηλαδή ορίζει τους γενικούς κανόνες για την δημιουργία υποδομής χωρικών πληροφοριών στην Ευρώπη για την υποστήριξη των περιβαλλοντικών πολιτικών καθώς και των πολιτικών εκείνων που έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον.

3.2. Ευρωπαϊκή Χωρική Υποδομή - Οδηγία INSPIRE

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με το 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, ορίζει ότι θα πρέπει να εφαρμόζονται πολιτικές οι οποίες περιορίζουν τη διπλή συλλογή των ιδίων δεδομένων και στηρίζουν και προωθούν την εναρμόνιση, ευρεία διάδοση και χρήση των πληροφοριών για το γεωγραφικό χώρο. Τέτοιες πολιτικές αναμένεται να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, και τα οφέλη που θα προκύψουν μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της ποιότητας των πληροφοριών.

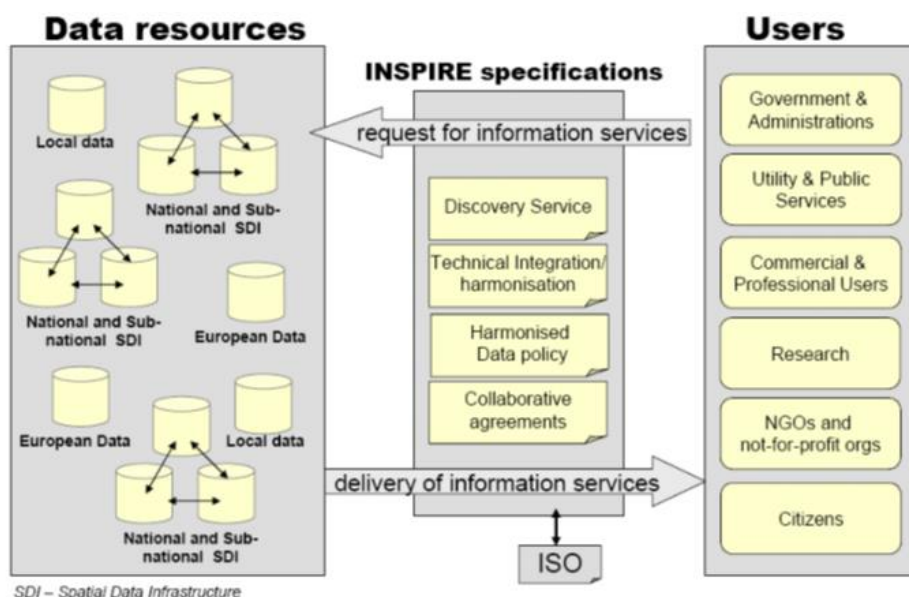
Η χωρική πληροφορία μπορεί να διαδραματίσει συγκεκριμένο ρόλο στο πλαίσιο της νέας αυτής προσέγγισης, δεδομένου ότι επιτρέπει το συνδυασμό πληροφοριών από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, και για ποικίλες χρήσεις. Μια συνεκτική και ευρέως προσπελάσιμη χωρική περιγραφή όλης της γεωγραφικής έκτασης ενός Κράτους-Μέλους ή ολόκληρης της Ε.Ε. θα συμβάλει στη διαμόρφωση του απαραίτητου πλαισίου για το σχεδιασμό περιβαλλοντικής πολιτικής. Μια τέτοια συλλογή γεωγραφικών πληροφοριών, που θα καλύπτουν ευρύ φάσμα θεματικών κατηγοριών και επιστημονικών αναγκών, ορίζεται ως Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών και καθίσταται πλέον αναγκαία τόσο σε Εθνικό, όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Σε μια τέτοια Υποδομή θα συμμετέχουν όλοι οι Φορείς (Εθνικοί και Ευρωπαϊκοί) που παράγουν χωρική πληροφορία, και θα έχει πρόσβαση σε αυτή κάθε πολίτης που πρόκειται να χρησιμοποιήσει τέτοιου είδους πληροφορία.

Για όλους αυτούς τους λόγους, η Επιτροπή αποφάσισε να υποβάλει την Οδηγία **INSPIRE** (*Infrastructure for SPatial InfoRmation in the European Community*) στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ώστε η χωρική πληροφορία να καταστεί άμεσα διαθέσιμη και αξιοποιήσιμη σε επίπεδο τόσο εθνικής όσο και κοινοτικής πολιτικής, και να επιτραπεί η πρόσβαση του κοινού στην πληροφορία αυτή. Η Οδηγία διαμορφώνει νομικό πλαίσιο για τη δημιουργία και λειτουργία Υποδομής Χωρικών Πληροφοριών στην Ευρώπη, με σκοπό τη χάραξη, εφαρμογή, παρακολούθηση και αξιολόγηση των κοινοτικών πολιτικών, σε όλα τα επίπεδα, και την παροχή πληροφοριών του δημοσίου τομέα. Η Οδηγία INSPIRE δεν δρομολογεί ένα εκτεταμένο πρόγραμμα συλλογής νέων χωρικών δεδομένων στα κράτη μέλη. Ωστόσο, θεωρείται πως το κάθε κράτος μέλος θα αναπτύξει τη δική του Εθνική Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών.

3.2.1. Στόχος της Ευρωπαϊκής Χωρικής Υποδομής INSPIRE

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην ανάπτυξη ψηφιακών δεδομένων έχουν δημιουργήσει άνευ προηγουμένου δυνατότητες για την ελεύθερη πρόσβαση και χρήση πληροφοριών. Ωστόσο το δεδομένα είναι συχνά χαμηλής ή απροσδιόριστης ποιότητας, εξαρτώμενα από συγκεκριμένα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και μη προσπελάσιμα από ιδιώτες ή χρήστες άλλων επιπέδων. Οι εργασίες ομογενοποίησης δεδομένων προερχόμενα από πολλαπλές πηγές ώστε να συνταχθούν πληροφορίες ικανές για τη διατύπωση αποφάσεων πολιτικής είναι συνήθως πολύπλοκες, χρονοβόρες και υψηλού κόστους. Συνεπώς υπάρχει η ανάγκη διατύπωσης επακριβών αρχών, οι οποίες θα ελαττώσουν τη διπλή εμφάνιση δεδομένων, θα βελτιώσουν την ποιότητά τους και θα προάγουν τη διαθεσιμότητά τους.

Στόχος του INSPIRE είναι η σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών μελών σε μία ενιαία Ευρωπαϊκή Υποδομή. Έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσει τις δυνατότητες αξιοποίησης των δεδομένων που διατίθενται ήδη, μέσω της τεκμηρίωσης τους, της λειτουργίας υπηρεσιών που αποσκοπούν στη διευκόλυνση της πρόσβασης σε αυτά, στην αύξηση της διαλειτουργικότητά τους, και της αντιμετώπισης των δυσκολιών στις οποίες προσκρούει η χρήση τους.



Σχήμα 3.2 Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου λειτουργίας της οδηγίας INSPIRE

Η Οδηγία INSPIRE σκοπεύει να βελτιώσει την τρέχουσα κατάσταση με την ίδρυση μιας Ευρωπαϊκής Χωρικής Υποδομής, η οποία θα διασφαλίζει την πρόσβαση και χρήση χωρικών πληροφοριών βασιζόμενη στις παρακάτω αρχές (Πανόπουλος et al., 2008):

- ✓ Τα δεδομένα θα συλλέγονται μια μόνο φορά και θα συντηρούνται στο πλέον κατάλληλο επίπεδο και από τον πλέον κατάλληλο Φορέα.
- ✓ Εναρμόνιση χωρικών πληροφοριών από διάφορες πηγές σε όλη την Ευρώπη διάθεσή στους προβλεπόμενους χρήστες και εφαρμογές.
- ✓ Η πληροφορία θα πρέπει να διατίθεται σε πολλαπλά επίπεδα λεπτομέρειας.
- ✓ Η Γεωγραφική πληροφορία η οποία κρίνεται απαραίτητη για ομαλή διακυβέρνηση θα πρέπει να είναι αδρή και ευρέως διαθέσιμη.
- ✓ Εύκολη εύρεση της διαθέσιμης Γεωγραφικής πληροφορίας, εάν πληροί τις ανάγκες του κάθε χρήστη και υπό ποιες συνθήκες μπορεί να προσπελαστεί.
- ✓ Η Γεωγραφική πληροφορία θα πρέπει να οπτικοποιείται με φιλικούς προς το χρήστη τρόπους, μέσω περιβάλλοντος που κάνει κατανοητή τη φύση της.

Σκοπός των ανωτέρω είναι να γίνει δυνατή η πρόσβαση σε ενιαία και υψηλής ποιότητας Γεωγραφική πληροφορία, σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο, για τη διαμόρφωση, υλοποίηση, επιτήρηση και αξιολόγηση Εθνικών και Ευρωπαϊκών πολιτικών. Στόχος λοιπόν της οδηγίας INSPIRE είναι η σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών μελών σε μία ενιαία Ευρωπαϊκή Υποδομή. Έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσει τις δυνατότητες αξιοποίησης των δεδομένων που διατίθενται ήδη, μέσω της τεκμηρίωσής τους, της λειτουργίας υπηρεσιών που αποσκοπούν στη διευκόλυνση της πρόσβασης σε αυτά, στην αύξηση της διαλειτουργικότητά τους, και της αντιμετώπισης των δυσκολιών στις οποίες προσκρούει η χρήση τους.

3.2.2. Διατάξεις Υλοποίησης

Για την επίτευξη των στόχων της, η Οδηγία εστιάζει σε πέντε περιοχές-κλειδί: τα μεταδεδομένα, τη διαλειτουργικότητα και εναρμόνιση των χωρικών δεδομένων και των υπηρεσιών τους, τις διαδικασίες διάθεσης των δεδομένων και των υπηρεσιών, τις υπηρεσίες και τεχνολογίες δικτύου, και τις διαδικασίες συντονισμού και παρακολούθησης.

Για να διασφαλίσει ότι οι εθνικές υποδομές χωρικών δεδομένων (NSDIs) του κάθε κράτους-μέλους θα είναι συμβατές και χρησιμοποιήσιμες σε μια πανευρωπαϊκή, δια-συνοριακή υποδομή, η Οδηγία απαιτεί την υιοθέτηση κοινών Διατάξεων Υλοποίησης (Implementing Rules – IRs) σε ένα σύνολο πεδίων. Οι κανόνες Υλοποίησης αυτοί υιοθετήθηκαν ή θα υιοθετηθούν ως Αποφάσεις ή Κανονισμοί της Commission, και θα είναι δεσμευτικοί στο σύνολό τους. Την Επιτροπή βοηθάει στο έργο αυτό μια επιτροπή αντιπροσώπων των κρατών μελών (γνωστή και ως διαδικασία της Κομιτολογίας).

Οι Διατάξεις υλοποίησης του INSPIRE προάγουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ χωρικών δεδομένων τα οποία προέρχονται από διαφορετικούς φορείς συλλογής, παραγωγής και χρήσης γεωγραφικής πληροφορίας. Ως αποτέλεσμα, στην Ευρωπαϊκή υποδομή θα συμπεριληφθούν χωρικές πληροφορίες πολλών θεματικών ειδών. Η οδηγία ταξινομεί τις διαφορετικές θεματικές ενότητες των χωρικών πληροφοριών σε τρία (3) χωριστά Παραρτήματα. Το κάθε παράρτημα, πέρα του ότι περιέχει σχετικά ομοειδείς θεματικές κατηγορίες δεδομένων, διακρίνεται και από διαφορετικές προθεσμίες για την εφαρμογή των απαιτήσεων του INSPIRE, καθώς και διαφορετικά επίπεδα αυστηρότητας για την εναρμόνιση. Οι τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE ανά Θεματικό Επίπεδο ουσιαστικά αποτελούν τυποποιημένες γεωγραφικές Οντολογίες για πολλαπλά πεδία εφαρμογών (Kavouras and Kokla, 2008): πρόκειται για ακριβείς, σαφείς και τυποποιημένες προδιαγραφές, για σχετικά μικρό αριθμό οντοτήτων ανά πεδίο εφαρμογής.

Οι Κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την υλοποίηση του INSPIRE ουσιαστικά αποτελούνται από δύο κείμενα: τις ίδιες τις Εκτελεστικές Διατάξεις (Implementing Rules) και τις συνοδευτικές Τεχνικές Οδηγίες (Tech. Guidelines). Οι Εκτελεστικές Διατάξεις αποδίδουν ότι πρέπει να επιτευχθεί, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις κόστους-οφέλους, και είναι νομικά δεσμευτικές προς τα Κράτη μέλη. Το κείμενο είναι νομικό, και οι όποιες τεχνικές λεπτομέρειες εκφράζονται σε φυσική γλώσσα (κι αν απαιτείται επεξηγούνται). Ουσιαστικά περιλαμβάνουν τις υποχρεωτικές παραμέτρους των Προδιαγραφών, και η εφαρμογή τους είναι υποχρεωτική εντός των χρονικών ορίων που ορίζει η Οδηγία.

Οι Τεχνικές Οδηγίες αποτελούν Τεχνικές Προδιαγραφές που αναπτύσσονται από τις DT & TWG (βλ. §3.2.3) και, έπειτα διαβούλευσης, εκδίδονται ως Τεχνική οδηγία (guideline). Ως καθαρά τεχνικά κείμενα, είναι Μη δεσμευτικά νομικώς. Περιγράφουν το σύνολο των μέτρων που πρέπει να ληφθούν ώστε να εξασφαλισθεί η διαλειτουργικότητα εντός του INSPIRE, περιέχοντας απαιτήσεις και προτάσεις (υποχρεωτικές και προαιρετικές), επεξηγήσεις και παραδείγματα. Η πλήρη εφαρμογή τους δεν είναι υποχρεωτική, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω επέκταση και βελτίωση των ΕΥΓΕΠ στα Κράτη Μέλη.

3.2.3. Χρονοδιάγραμμα και Εξέλιξη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε στις 14 Μαρτίου 2007 την Οδηγία INSPIRE (2007/2/EC), μετά τη συνεργασία των κρατών μελών και των ενδιαφερομένων φορέων. Η Οδηγία θεωρείται εν ισχύ από τις 15 Μαΐου 2007. Τα Κράτη-Μέλη όφειλαν να θέσουν σε ισχύ εθνικούς νόμους, διατάγματα και διοικητικές

πράξεις που να συμμορφώνονται και να ενσωματώνουν την Οδηγία έως την 15η Μαΐου 2009 (European Parliament and Council, 2007).

Το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας INSPIRE αποτελείται από 3 φάσεις. Την προπαρασκευαστική (2005-2006), τη μεταβατική (2007-2008) και την φάση εφαρμογής (2009-2013). Η προπαρασκευαστική φάση βρίσκεται στα τελικά στάδια (έχει παραταθεί κατά αρκετά έτη λόγω της πολυπλοκότητας των Θεματικών Επιπέδων), με τη συγκρότηση Ομάδων Εμπειρογνομώνων (*Drafting Teams*), υπεύθυνων για τη σύνθεση των προσχεδίων των Κανόνων Υλοποίησης της Οδηγίας INSPIRE. Έχουν οριστεί πέντε (5) ομάδες εμπειρογνομώνων, που ασχολούνται από τον Οκτώβριο 2005 με τους κανόνες υλοποίησης των εξής θεμάτων:

- ❖ Καθορισμός Προδιαγραφών Δεδομένων (Data Specifications - οι βασικοί κανόνες υλοποίησης του INSPIRE, που θα καθορίσουν πως θα συλλέξει και θα καταγράψει τα δεδομένα της η κάθε χώρα)
- ❖ Μεταδεδομένα (Metadata)
- ❖ Υπηρεσίες Δικτύου Δεδομένων (Network Services)
- ❖ Διανομή και πρόσβαση δεδομένων μεταξύ υπηρεσιών και κρατών μελών (Data and Service Sharing)
- ❖ Διαδικασίες παρακολούθησης και συντονισμού του έργου (Monitoring & Reporting)

Κάθε ομάδα εμπειρογνομώνων εκτελεί σειρά συναντήσεων, με σκοπό να εξετάσει το υπάρχον υλικό (μοντέλα και χωρικά δεδομένα) που έχει το κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε. και να παραδώσει σε μορφή Προσχεδίου τους Κανόνες Υλοποίησης του τμήματος του Inspire που την αφορά, ώστε το προσχέδιο να μελετηθεί, να αναθεωρηθεί και τελικά να γίνει επίσημη οδηγία – νόμος υποχρεωτικός για τα κράτη μέλη (για την Ελλάδα συμμετέχει ως μόνος εμπειρογνώμονας ο γράφων). Ήδη την προκειμένη στιγμή η πλειοψηφία των προσχεδίων (draft) από τις 5 βασικές Drafting Teams ψηφίστηκαν ως Regulations της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ οι τεχνικές προδιαγραφές (application schemas) για τα Παραρτήματα II και III ολοκλήρωσαν το καθεστώς διαβούλευσης.

Καθώς τα εν ισχύ Drafting Teams έχουν ως υποχρέωση τη σύνθεση γενικών κανόνων υλοποίησης, προέκυψε πως οι γενικές προδιαγραφές δεδομένων και το γενικευμένο εννοιολογικό μοντέλο που θα προτεινόταν έπρεπε να υποστούν περαιτέρω εξειδίκευση, ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών και των εφαρμογών που αφορούν σε συγκεκριμένες Θεματικές Ενότητες των τριών Παραρτημάτων. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε ως συνέχεια της προπαρασκευαστικής φάσης να συντεθούν ειδικευμένες Ομάδες Εργασίας για καθένα από τα Θεματικά Επίπεδα των Παραρτημάτων. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται Thematic Working Groups (TWGs), και η κάθε μία αποτελείται από επιστήμονες ειδικευμένους στο θεματικό επίπεδο που αναφέρονται και μόνο. Στόχος τους είναι να συγκεκριμενοποιήσουν τις γενικές προδιαγραφές για τα χωρικά δεδομένα της δικής τους θεματικής περιοχής. Σε πρώτη φάση σχηματίστηκαν, κατά προτεραιότητα, οι εννέα για τις θεματικές περιοχές του Παραρτήματος I, των οποίων οι εργασίες ολοκληρώθηκαν και αποτέλεσαν μέρος του Commission Regulation (EU) No 1089/2010 που προδιαγράφει τα data specifications για *Interoperability of Spatial Data Sets and Services*, και το οποίο τέθηκε εν ισχύ στις 8/12/2010 (European Commission, 2010a & 2010b). Οι Θεματικές Ομάδες Εργασίας λειτουργούν υπό την αρωγή και καθοδήγηση της Data Specifications Drafting Team (DTDS).

3.2.4. Επισκόπηση Τεχνικού Αρχιτεκτονικού Μοντέλου INSPIRE

Η αρχιτεκτονική του INSPIRE προβλέπει ένα σύνολο διαλειτουργικών υπηρεσιών που θα βοηθήσουν στην παραγωγή, δημοσίευση, εύρεση και παράδοση, καθώς και τελικά, στη χρήση και κατανόηση της

γεωγραφικής πληροφορίας μέσω του Διαδικτύου, σε τοπικό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Τονίζεται πως απώτερος στόχος είναι ο σχεδιασμός, υλοποίηση και πιλοτική λειτουργία μιας ανοικτής, συνεργατικής υποδομής για τη διάχυση και διανομή πληροφοριακών προϊόντων και υπηρεσιών μέσω του Διαδικτύου.

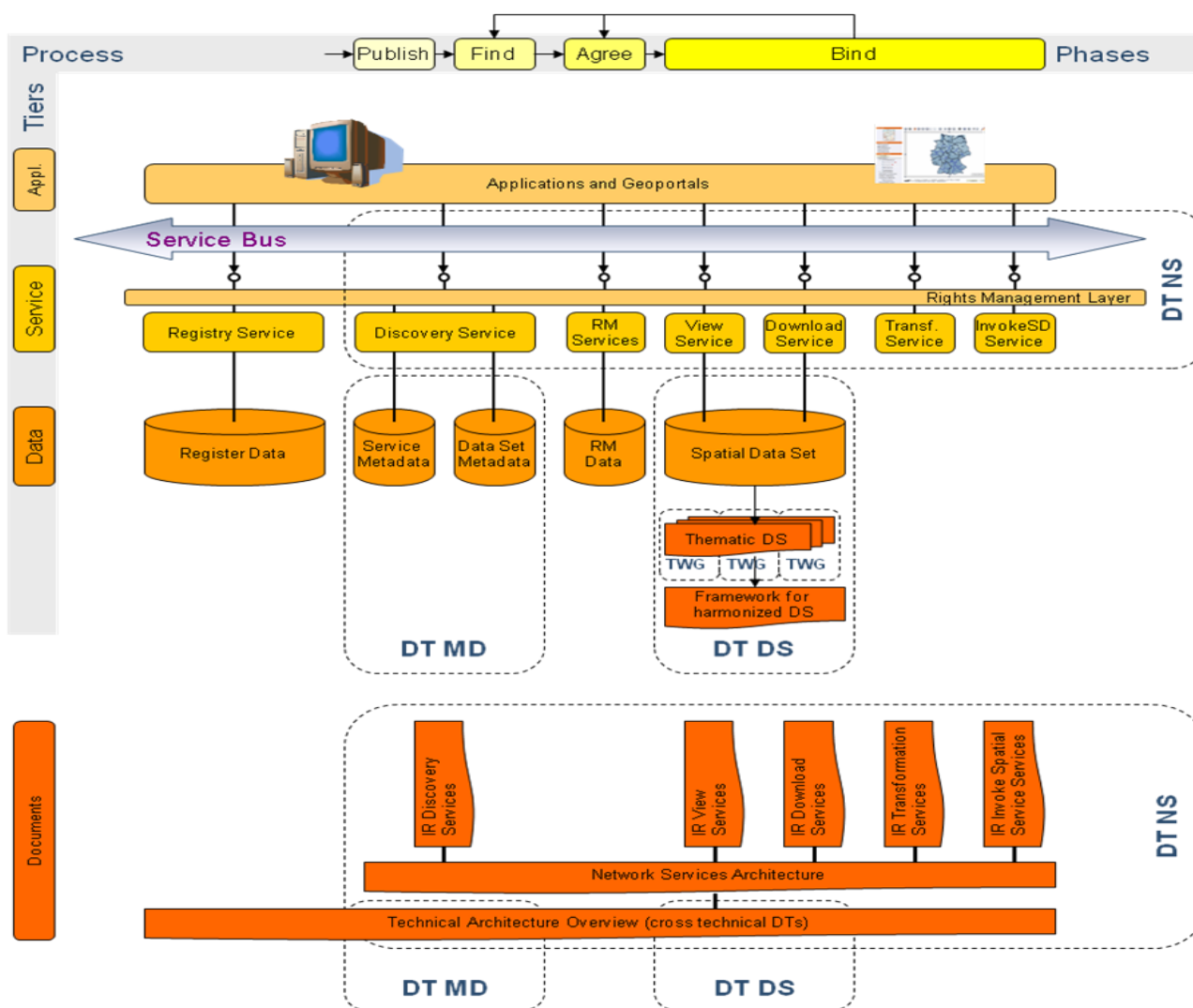
Η Ευρωπαϊκή Υποδομή Γεωγραφικών Πληροφοριών θα αναπτυχθεί αξιοποιώντας υφιστάμενες ή υπό ανάπτυξη συλλογές χωρικών δεδομένων φορέων διαχείρισης γεωγραφικής πληροφορίας στα Κράτη Μέλη. Η αρχιτεκτονική της υποδομής δεν προβλέπει μεταβολές στον τρόπο συλλογής, ενημέρωσης και διαχείρισης της πληροφορίας από τους φορείς αυτούς – στόχος της είναι η εναρμόνιση της πρόσβασης στη ήδη διαθέσιμη πληροφορία. Για τη συνοπτική παρουσίαση και την επεξήγηση του αρχιτεκτονικού μοντέλου είναι απαραίτητο να διευκρινισθεί η βασική ορολογία όπως χρησιμοποιείται στην υποδομή:

- **Χωρικά δεδομένα** (*spatial data*): κάθε είδους δεδομένα με άμεση ή σχετική αναφορά σε συγκεκριμένη γεωγραφική θέση ή τοποθεσία – ορισμός σύμφωνα με την Οδηγία INSPIRE. Για τους στόχους του INSPIRE τα «χωρικά δεδομένα» θεωρούνται συνώνυμα με τον όρο «γεωγραφική πληροφορία» όπως αυτός χρησιμοποιείται στη σειρά διεθνών προτύπων ISO 191xx.
- **Συλλογή χωρικών δεδομένων** (*spatial dataset*): κάθε είδους αναγνωρίσιμο σύνολο (σετ) χωρικών δεδομένων – ορισμός σύμφωνα με την Οδηγία INSPIRE.
- **Χωρικό αντικείμενο** (*spatial object*): κάθε αφηρημένη απεικόνιση ενός φαινομένου του πραγματικού κόσμου, το οποίο έχει γεωαναφορά σε συγκεκριμένη θέση ή τοποθεσία – ορισμός σύμφωνα με την Οδηγία INSPIRE. Για τους στόχους του INSPIRE τα «χωρικά αντικείμενα» θεωρούνται συνώνυμα με τον όρο «γεωγραφικές οντότητες» όπως αυτός χρησιμοποιείται στη σειρά διεθνών προτύπων ISO 191xx.

Το INSPIRE αποτελεί ουσιαστικά ένα κατανεμημένο δίκτυο βάσεων δεδομένων, διασυνδεδεμένες μέσω κοινών προτύπων και πρωτοκόλλων, τα οποία εξασφαλίζουν τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ δεδομένων και υπηρεσιών. Το Σχήμα 3.3 απεικονίζει τα κύρια σημεία της τεχνικής αρχιτεκτονικής της Υποδομής. Κεντρικό σημείο είναι το περιεχόμενο της Ευρωπαϊκής Υποδομής, δηλαδή τα ίδια τα χωρικά δεδομένα, ως Συλλογές χωρικών δεδομένων, που λειτουργεί ως βάση της Υποδομής. Ο καθορισμός της δομής των δεδομένων είναι ευθύνη της Ομάδας Εργασίας Τεχνικών Προδιαγραφών (DT DS Drafting Team Data Specifications) και των Θεματικών Ομάδων Εργασίας (TWG – Thematic Working Groups) για τα επιμέρους θεματικά επίπεδα (European Commission, 2013).

Επίσης βασικό ρόλο παίζουν τα μεταδεδομένα των συλλογών χωρικών δεδομένων, που εξυπηρετούν την εύρεση, πρόσβαση, ερμηνεία και χρήση των χωρικών αντικειμένων εντός των συλλογών που συνθέτουν την Υποδομή. Για τις προδιαγραφές των μεταδεδομένων (κάθε είδους) υπεύθυνη είναι η Ομάδα Εργασίας Μεταδεδομένων (DT MD – Drafting Team Metadata).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στο INSPIRE κάθε πρόσβαση στα χωρικά δεδομένα και μεταδεδομένα προκύπτει μέσω των Υπηρεσιών Χωρικών Δεδομένων (Spatial data services) που περιγράφονται στο Service Layer του σχήματος. Οι υπηρεσίες αυτές αναμένεται να αναπτυχθούν και να υλοποιηθούν ως Διαδικτυακές υπηρεσίες. Υπεύθυνη για τις προδιαγραφές των υπηρεσιών είναι η Ομάδα Εργασίας Δικτυακών υπηρεσιών (DT NS – Drafting Team Network Services).



Σχήμα 3.3 Επισκόπηση μοντέλου λειτουργίας INSPIRE

Αναγράφονται οι βασικές λειτουργίες, οι Υπηρεσίες και οι περιοχές ευθύνης διατύπωσης προδιαγραφών από τις 3 βασικές Drafting Teams: Metadata, Data Specifications, Network services (Πανόπουλος et al., 2008)

Όλες οι υπηρεσίες περιγράφονται από μεταδεδομένα υπηρεσιών (service metadata), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε φυσικά πρόσωπα ή λογισμικό να χρησιμοποιούν την επιθυμητή υπηρεσία στην Υποδομή. Θα περιγραφεί μια δεδομένη ομάδα υπηρεσιών ως δικτυακές ή διασυνδεδεμένες υπηρεσίες – ωστόσο είναι δυνατόν να αναπτυχθούν επιπλέον υπηρεσίες χωρικών δεδομένων ως μέρος της Υποδομής. Είναι απαραίτητο κάθε επιπλέον υπηρεσία να προδιαγραφεί και να στοιχειοθετηθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές των Κανόνων Υλοποίησης της DT NS, ώστε να αποτελεί ενιαίο κομμάτι της Υποδομής.

Συλλογές Χωρικών Δεδομένων (Spatial Data Sets)

Επί της αρχής, κάθε χωρικό αντικείμενο εντός μιας Συλλογής χωρικών δεδομένων θα πρέπει να περιγράφεται σε Προδιαγραφές που να καθορίζουν τη σημασιολογία του και τους όποιους περιορισμούς του (π.χ. το Σύστημα Αναφοράς που θα χρησιμοποιείται στη Συλλογή) με τη χρήση μιας τυποποιημένης

γλώσσας Εννοιολογικών Μοντέλων. Το εννοιολογικό μοντέλο περιγράφει την ταξινόμηση των χωρικών αντικειμένων και διευκρινίζει τις ιδιότητες (χωρικές, περιγραφικές, χρονικές, σημασιολογικές, απεικόνισης κ.α.) του αντικειμένου.

Οι προδιαγραφές θα επιτρέπουν και διευκολύνουν την ερμηνεία των χωρικών δεδομένων. Ωστόσο, επί καθημερινής πρακτικής, προκύπτει πως ένα μεγάλο μέρος των υπάρχοντων χωρικών δεδομένων στην Ευρώπη δεν είναι πλήρως τεκμηριωμένα. Μόνο συλλογές χωρικών δεδομένων οι οποίες θα είναι συμβατές με τις προδιαγραφές δεδομένων του INSPIRE θα μπορούν να αποτελέσουν κομμάτι της υποδομής. Συνεπώς διακρίνονται δύο (2) δυνατές περιπτώσεις:

α) να υφίσταται τεχνική τεκμηρίωση και τα δεδομένα να συμφωνούν με κάποιου είδους προδιαγραφές – αλλά οι προδιαγραφές αυτές να μην συμφωνούν με αυτές του INSPIRE,

β) τα δεδομένα να έχουν περιορισμένη ή ελλιπή τεκμηρίωση, στη μορφή απλών αντικειμένων ή χαρτών και να είναι απλώς προσπελάσιμα με κάποιους είδους προεπισκόπηση (view service).

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως το Λογικό μοντέλο της βάσης του Φορέα όπου βρίσκονται τα χωρικά δεδομένα είναι πλέον πιθανό να διαφέρει από τις προδιαγραφές του Εννοιολογικού μοντέλου του INSPIRE. Θα είναι σε τέτοιες περιπτώσεις ευθύνη της Υπηρεσίας πρόσβασης στα δεδομένα (Download service) να μετατρέψει τα ερωτήματα που θα διατυπώνονται στο διαδικτυακό κόμβο σε συμβατά με το εσωτερικό λογικό μοντέλο.

Οι προδιαγραφές δεδομένων καλύπτουν τις απαιτήσεις εναρμόνισης των δεδομένων. Για να επιτευχθεί ένα κοινό πλαίσιο, οι Προδιαγραφές δεδομένων αντιμετωπίζουν μια σειρά συνιστωσών (European Commission, 2010a) που επιδρούν στη διαδικασία εναρμόνισης – τέτοιες συνιστώσες είναι:

- Οι κανόνες Εννοιολογικών μοντέλων
- Τα χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά
- Υποστήριξη πολλαπλών γλωσσών
- Το σύστημα γεωδαιτικής αναφοράς
- Τα μοντέλα αναφοράς των αντικειμένων
- Οι πολλαπλές απεικονίσεις
- Η διαχείριση δεικτών αναγνώρισης
- Η διαχείριση Καταλόγων και μητρώων
- Τα Μεταδεδομένα
- Η ενημέρωση της Υποδομής
- Η ποιότητα των εμπλεκόμενων δεδομένων
- Η μεταφορά των δεδομένων
- Οι ασυνέχειες μεταξύ δεδομένων
- Οι τρόποι συλλογής δεδομένων

Το γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο για την Ευρωπαϊκή Υποδομή και τα εξειδικευμένα μοντέλα για τις Θεματικές Περιοχές του Παραρτήματος I αποτελούν πλέον Commission Regulation (European Commission, 2010a), που τέθηκε σε ισχύ από τον Νοέμβριο 2010. Οι Τεχνικές Προδιαγραφές

Διαλειτουργικότητας Δεδομένων του INSPIRE, δίδοντας μια σειρά προϋποθέσεων και προτάσεων, καθιστούν δυνατή την πλήρη διαλειτουργικότητα μεταξύ των συστημάτων των Κρατών Μελών, όσον αφορά στις θεματικές περιοχές και εφαρμογές της Οδηγίας

Η Διάταξη αυτή για τη διαλειτουργικότητα δεδομένων (περιλαμβάνει τα Annex I data themes) είχε ήδη εγκριθεί από το 2009, και είναι υπό την τελική της έκδοση (v. 3.x). Περιλαμβάνει το γενικό UML data model και ειδικά μοντέλα για όλες τις θεματικές περιοχές. Δίνεται περιθώριο 2-7 έτη για τα Κράτη Μέλη ώστε να μετατρέψουν τα data, που ήδη έχουν σε ψηφιακή μορφή. Η Διάταξη, η οποία αποτελεί Νομική Δέσμευση για τα Κράτη-μέλη συνοδεύεται από εκτενείς Τεχνικές Κατευθυντήριες Οδηγίες για το πώς θα υλοποιηθούν τεχνικά. Οι Κατευθυντήριες Οδηγίες δεν δεσμεύουν νομικά, ώστε να δίνεται η δυνατότητα ενημέρωσης και βελτίωσής τους με την πάροδο του χρόνου (European Commission, 2010b).

Οι Θεματικές ομάδες των Annex II/III ξεκίνησαν τον 04/2010, για να συνθέσουν τις αντίστοιχες προδιαγραφές για τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα. Εν προκειμένω βρίσκονται υπό διαβούλευση σε μορφή προσχεδίου οι Τεχνικές Κατευθυντήριες Οδηγίες για τα Παραρτήματα II και III (European Commission, 2013).

Μεταδεδομένα (Dataset Metadata & Service Metadata)

Κάθε Συλλογή χωρικών δεδομένων θα περιγράφεται από τα Μεταδεδομένα της συλλογής, δηλαδή πληροφορία που θα υποστηρίζει την αναζήτηση - και ως ένα βαθμό την αξιολόγηση και χρήση - των συλλογών χωρικών δεδομένων που είναι κατάλληλες για συγκεκριμένες χρήσεις. Η έρευνα και εύρεση θα υποστηρίζει λέξεις-κλειδιά ή άλλα απλά κριτήρια (search criteria) που θα αντιστοιχούν σε χαρακτηριστικά-κλειδιά της συλλογής των δεδομένων (για παράδειγμα, το είδος ή τον τύπο των χωρικών αντικειμένων που περιλαμβάνονται στη συλλογή). Σημαντικό μέρος των κριτηρίων της αναζήτησης θα αφορά σε χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων (και ίσως την ανεύρεση μέσω συνδυασμού οντολογιών). Τα μεταδεδομένα θα πρέπει πάντα να παραμένουν συνεπή με τα πραγματικά δεδομένα – οποιαδήποτε μεταβολή στα χωρικά δεδομένα θα πρέπει να ακολουθείται από (αυτοματοποιημένη ή χειρονακτική) ενημέρωση των μεταδεδομένων της συλλογής.

Τα Μεταδεδομένα Υπηρεσιών θα καταγράφουν τη βασική πληροφορία για μια υπηρεσία, ώστε να καθίσταται δυνατή η εύρεση της ορθής Υπηρεσίας Χωρικών Δεδομένων. Η περιγραφή μιας Υπηρεσίας θα περιλαμβάνει τον τύπο της, κατάλογο των λειτουργιών της και των παραμέτρων τους, όπως και τι είδους γεωγραφική πληροφορία προσφέρει (Σαραφίδης, 2008).

Ως μεταδεδομένα θεωρούνται τα παρακάτω:

- Στοιχεία αναγνώρισης (identification information), δηλαδή πληροφορίες απαραίτητες για τη μοναδιαία αναγνώριση της πηγής δεδομένων, όπως:
 - Τίτλος, περίληψη, ημερομηνία αναφοράς, έκδοση, σκοπός, υπεύθυνος φορέας
 - Έκταση των δεδομένων
 - Ξεφύλλισμα - αναζήτηση (browse) γραφικών (γενική άποψη και μικρογραφία)
 - Πιθανή χρήση
- Νομικοί περιορισμοί και περιορισμοί ασφαλείας (legal and security constraints)
- Περιγραφή περιεχομένου (content description) όπως πληροφορία για τον κατάλογο οντοτήτων που έχει χρησιμοποιηθεί και/ή πληροφορία για το περιεχόμενο της κάλυψης.

- Συστήματα αναφοράς (reference systems) (χωρικά και χρονικά) που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον ορισμό των δεδομένων
- Χωρική αναπαράσταση (spatial representation), δηλαδή πληροφορίες σχετικά με τους μηχανισμούς χωρικής αναπαράστασης των δεδομένων
- Πληροφορίες ποιότητας και αξιοπιστίας (quality and validity information) που περιλαμβάνουν:
 - Μέτρα σχετικά με τη γεωμετρική, χρονική και σημασιολογική ακρίβεια, πληρότητα ή λογική συνέπεια των δεδομένων
 - Περιγραφή των πηγών δεδομένων και των διαδικασιών που έχουν εφαρμοστεί στις πηγές δεδομένων
 - Πληροφορία αξιοπιστίας (validity) που αφορά: (α) στο χωρικό και χρονικό εύρος των δεδομένων, (β) κατά πόσον τα δεδομένα έχουν ελεγχθεί σύμφωνα με κάποιο πρότυπο και (γ) σε ποιο βαθμό τα δεδομένα είναι κατάλληλα για τον εκάστοτε στόχο.
- Πληροφορία απεικόνισης (portrayal information) που ορίζει τον κατάλογο απεικόνισης που έχει χρησιμοποιηθεί
- Πληροφορία διανομής (distribution information) που ορίζει το διανομέα και τις εναλλακτικές για την απόκτηση της συλλογής δεδομένων
- Πληροφορία συντήρησης (maintenance information) που ορίζει το περιθώριο και τη συχνότητα ενημέρωσης των δεδομένων

Η Διάταξη Υλοποίησης για τα Μεταδεδομένα (Metadata Regulation) ήταν η πρώτη που έλαβε μορφή νομικής δέσμευσης, καθώς τέθηκε εν ισχύ την 4η Δεκεμβρίου 2008 (European Commission, 2008). Δόθηκε περιθώριο 2-5 έτη για κάθε κράτος-μέλος ώστε να δημιουργήσουν αρχεία μεταδεδομένων, ειδικά για ψηφιακά spatial data sets που εμπίπτουν στα Θεματικά Επίπεδα του Παραρτήματος Ι. Για τη σύνθεση των αρχείων XML των μεταδεδομένων, υπάρχει Metadata editor ελεύθερα διαθέσιμος στο prototype INSPIRE geo-portal.

Κατάλογοι (Registers)

Οι κατάλογοι χωρικών δεδομένων (geospatial data catalogues) αποτελούν συστήματα αναζήτησης και πρόσβασης που χρησιμοποιούν μεταδεδομένα ως το αντικείμενο επερωτήσεων για raster, vector και tabular γεωγραφική πληροφορία. Τα κατάλληλα δεικτοδοτημένα και διαθέσιμα για αναζήτηση μεταδεδομένα αποτελούν ένα πλήρες λεξικό με το οποίο μπορεί να εκτελεστεί ευφυής αναζήτηση σε γεωγραφική πληροφορία. Οι κατάλογοι απαιτούνται επιπρόσθετα των συλλογών χωρικών δεδομένων, ως μια εξειδικευμένη βάση δεδομένων με πληροφορίες για γεωγραφικούς πόρους (resources) που είναι διαθέσιμοι σε μια ομάδα ή κοινότητα χρηστών. Οι πόροι αυτοί διατηρούνται σε μητρώα (registries), με ξεκάθαρο και καθορισμένο πλαίσιο διαχείρισης, όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 19135. Οι κατάλογοι εξυπηρετούν τρεις (3) κύριους σκοπούς:

1. Αρωγή στην οργάνωση και διαχείριση διάσπαρτων γεωγραφικών δεδομένων και υπηρεσιών αναζήτησης και πρόσβασης
2. Ανακάλυψη πληροφοριών για πόρους πληροφορίας από διάσπαρτες πηγές και συγκέντρωσής της σε μία ενιαία, αναζητήσιμη περιοχή
3. Παροχή μέσων για τον εντοπισμό, ανάκτηση και αποθήκευση των πόρων που δεικτοδοτούνται από

τον κατάλογο

Είναι σημαντικό να καταγράφεται στους καταλόγους κάθε μεταβολή, ώστε δεδομένα που δημιουργήθηκαν στο παρελθόν να είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν πλήρως. Χαρακτηριστικό των καταλόγων είναι πως κάθε πληροφορία που περιέχεται σε αυτούς συνδέεται με έναν μοναδικό, σαφή και μόνιμο δείκτη (Σαραφίδης et al., 2010). Μπορούν να διακριθούν δύο είδη περιεχομένου: α) τα ίδια τα χωρικά αντικείμενα (τα δεδομένα) και β) άλλα είδη χωρικής πληροφορίας (τα «μεταδεδομένα», αλλά με την ευρύτερη έννοια του όρου από αυτή του προτύπου ISO 19115).

Το INSPIRE τηρεί ήδη σημαντικό αριθμό καταλόγων. Είδη καταλόγων που θα απαιτηθούν είναι:

- ❖ Προδιαγραφές χωρικών δεδομένων (data specifications): λεπτομερής περιγραφή ενός ή περισσοτέρων συλλογών γεωγραφικών πληροφοριών που θα επιτρέψουν τη δημιουργία, τη διάθεση και τη χρήση της κάθε συλλογής από τρίτους.
- ❖ Κατάλογοι οντοτήτων (feature catalogues): κατάλογοι που περιέχουν ορισμούς και περιγραφή των τύπων χωρικών αντικειμένων, των χαρακτηριστικών τους, των συνιστωσών τους που μπορεί να εμφανίζονται σε άλλες συλλογές δεδομένων, όπως και το σε ποιες λειτουργίες μπορούν να

Valid	Superseded	Retired			
Item Identifier	Item Class	Name	Status	Date Accepted	Date Amended
1	theme	Coordinate reference systems	Valid	05-Dec-08	
2	theme	Geographical grid systems	Valid	05-Dec-08	
10	theme	Elevation	Valid	05-Dec-08	
11	theme	Land cover	Valid	05-Dec-08	
12	theme	Orthoimagery	Valid	05-Dec-08	
13	theme	Geology	Valid	05-Dec-08	
14	theme	Statistical units	Valid	05-Dec-08	
15	theme	Buildings	Valid	05-Dec-08	
16	theme	Soil	Valid	05-Dec-08	
17	theme	Land use	Valid	05-Dec-08	
18	theme	Human health and safety	Valid	05-Dec-08	
19	theme	Utility and governmental services	Valid	05-Dec-08	
20	theme	Environmental monitoring facilities	Valid	05-Dec-08	
21	theme	Production and industrial facilities	Valid	05-Dec-08	
22	theme	Agricultural and aquaculture facilities	Valid	05-Dec-08	
23	theme	Population distribution — demography	Valid	05-Dec-08	
24	theme	Area management/restriction/regulation zones and reporting units	Valid	05-Dec-08	
25	theme	Natural risk zones	Valid	05-Dec-08	
26	theme	Atmospheric conditions	Valid	05-Dec-08	
27	theme	Meteorological geographical features	Valid	05-Dec-08	
28	theme	Oceanographic geographical features	Valid	05-Dec-08	
29	theme	Sea regions	Valid	05-Dec-08	
30	theme	Bio-geographical regions	Valid	05-Dec-08	
31	theme	Habitats and biotopes	Valid	05-Dec-08	
32	theme	Species distribution	Valid	05-Dec-08	
33	theme	Energy resources	Valid	05-Dec-08	
34	theme	Mineral resources	Valid	05-Dec-08	
38	spatial object type	Administrative unit upper level	Valid	05-Dec-08	
43	spatial object type	Address Component	Valid	05-Dec-08	
45	spatial object type	Address Area Name	Valid	05-Dec-08	
46	spatial object type	Postal Descriptor	Valid	05-Dec-08	
47	spatial object type	Thoroughfare Name	Valid	05-Dec-08	

Σχήμα 3.4 Το Λεξικό Οντοτήτων ανά Θεματικό Επίνεδο στο Registry του INSPIRE
<http://inspire-registry.jrc.ec.europa.eu/registers/FCD>

υποβληθούν – αποτελούν συνήθως κομμάτι των προδιαγραφών δεδομένων.

- ❖ Μοντέλα Εφαρμογών (application schemas): Εννοιολογικά Σχήματα για δεδομένα που αφορούν σε μία ή περισσότερες γεωγραφικές εφαρμογές. Αποτελούν και αυτά τμήμα των προδιαγραφών δεδομένων και θα περιγράφονται με τη χρήση μιας τυποποιημένης γλώσσας εννοιολογικής μοντελοποίησης, όπως η UML (στην περίπτωση του INSPIRE).
- ❖ Λίστες Τιμών (codelists): Λεξικά όπου περιγράφονται τα πεδία ορισμού τιμών των χαρακτηριστικών που εμπεριέχονται σε έναν Κατάλογο οντοτήτων / Μοντέλο εφαρμογής. Δεν είναι απαριθμήσιες παγιωμένων τιμών, αλλά επιτρέπουν τη ξεχωριστή διαχείριση τους.
- ❖ Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς: Λεξικό των παραμέτρων των Γεωδαιτικών Συστημάτων Αναφοράς και των datum που μπορεί να χρησιμοποιούνται στις Συλλογές χωρικών δεδομένων κάθε κράτους μέλους.
- ❖ Δείκτες χωρικών αντικειμένων: Μηχανισμός που θα διασφαλίζει τη μοναδικότητα των δεικτών αντικειμένων (object identifiers) μεταξύ των δεικτών διαφορετικών προμηθευτών δεδομένων.
- ❖ Είδη γεωγραφικών υπηρεσιών (service types): Κατάλογος που περιγράφει τις προσφερόμενες Υπηρεσίες χωρικών δεδομένων και τις ταξινομεί.

Μια από τις πρώτες εγγραφές που προστέθηκαν στο Registry είναι οι Ορισμοί των Θεματικών Επιπέδων των Παραρτημάτων της Οδηγίας (*Definition of Annex Themes and Scope*), όπου προσφέρεται μια λεπτομερέστερη περιγραφή των θεματικών επιπέδων των χωρικών δεδομένων από τους ορισμούς του κειμένου της Οδηγίας, ώστε να αποτελέσει ένα έγκυρο εναρκτήριο βήμα για την ανάπτυξη τεχνικών προδιαγραφών ανά θεματικό επίπεδο (Σχήμα 3.4). Πρόκειται για το παραδοτέο D2.3 της Ομάδας Εμπειρογνομών για τα Data Specifications (DTDS) όπου περιγράφηκαν τα Θεματικά Επίπεδα και οι βασικές τους οντότητες σε ένα συνολικό Λεξικό (Illert, 2008a).

Για κάθε ένα από τα Θεματικά επίπεδα των Παραρτημάτων έχουν εντοπιστεί τα εξής για τις οντότητές τους:

Ορισμός	Όπως δίνεται στα Παραρτήματα της Οδηγίας ('Council' version)
Περιγραφή	Επεξηγεί την οντότητα με λεπτομέρεια
Αντικείμενο, παραδείγματα χρήσης	Συνήθη παραδείγματα χρήσης, σε σχέση με Κοινοτικές πολιτικές
Σημαντικές Ιδιότητες της Οντότητας	Μη- διεξοδικός κατάλογος των σημαντικότερων τύπων και χαρακτηριστικών της οντότητας (σημείωση: δεν αποτελεί προσπάθεια καθορισμού απαιτήσεων περιεχομένου)
Συνδέσεις & Επικαλύψεις	Γνωστές συσχετίσεις με άλλες οντότητες
Υλικό αναφοράς	Κατάλογος υλικού αναφοράς που θεωρείται σχετικό
Συμβάλλοντες	SDICs και LMOs που συνέβαλαν στις περιγραφές του κειμένου

The screenshot shows the INSPIRE Registry interface. At the top, it says 'European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability' and 'INSPIRE registry'. The main content area is titled 'Feature Concept Dictionary View Item' and '10. Elevation'. It contains a table with the following information:

Item Information	Predecessors	Successors										
Item Identifier 10												
Item Class theme												
Name Elevation												
Status Valid												
Definition Digital elevation models for land, ice and ocean surface. Includes terrestrial elevation, bathymetry and shoreline.												
Description The theme includes: <ul style="list-style-type: none"> • Terrestrial elevation, generally represented as <ul style="list-style-type: none"> - the terrain data, ground surface topography, called Digital Terrain Model describing the threedimensional shape of the Earth's surface - the surface data, named Digital Elevation Model, including the three dimensional shape of every feature placed on the soil (buildings, bridges, trees, ...). • Bathymetry, e.g. a gridded bottom model <p>The height will be according to a common vertical coordinate reference system. The current one is European Vertical Reference System 2000 (EVRS),) but EVRS 2007 is under development and might be taken into account or mentioned (cf. resolutions of the EUREF Symposium in London, 06-09 June 2007)</p>												
Date Accepted 05-Dec-08												
Date Amended												
Definition Source	Description Source	Reference Citation										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Title</th> <th>Source Reference</th> <th>Similarity</th> <th>Reference Text</th> <th>Notes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Directive 2007/2/EC of the European parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)</td> <td>Annex II - Spatial data themes referred to in Articles 6(A), 8(1) and 9(B); item 1</td> <td>Identical</td> <td></td> <td>Definition of the theme is adopted from the INSPIRE Directive.</td> </tr> </tbody> </table>			Title	Source Reference	Similarity	Reference Text	Notes	Directive 2007/2/EC of the European parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)	Annex II - Spatial data themes referred to in Articles 6(A), 8(1) and 9(B); item 1	Identical		Definition of the theme is adopted from the INSPIRE Directive.
Title	Source Reference	Similarity	Reference Text	Notes								
Directive 2007/2/EC of the European parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)	Annex II - Spatial data themes referred to in Articles 6(A), 8(1) and 9(B); item 1	Identical		Definition of the theme is adopted from the INSPIRE Directive.								

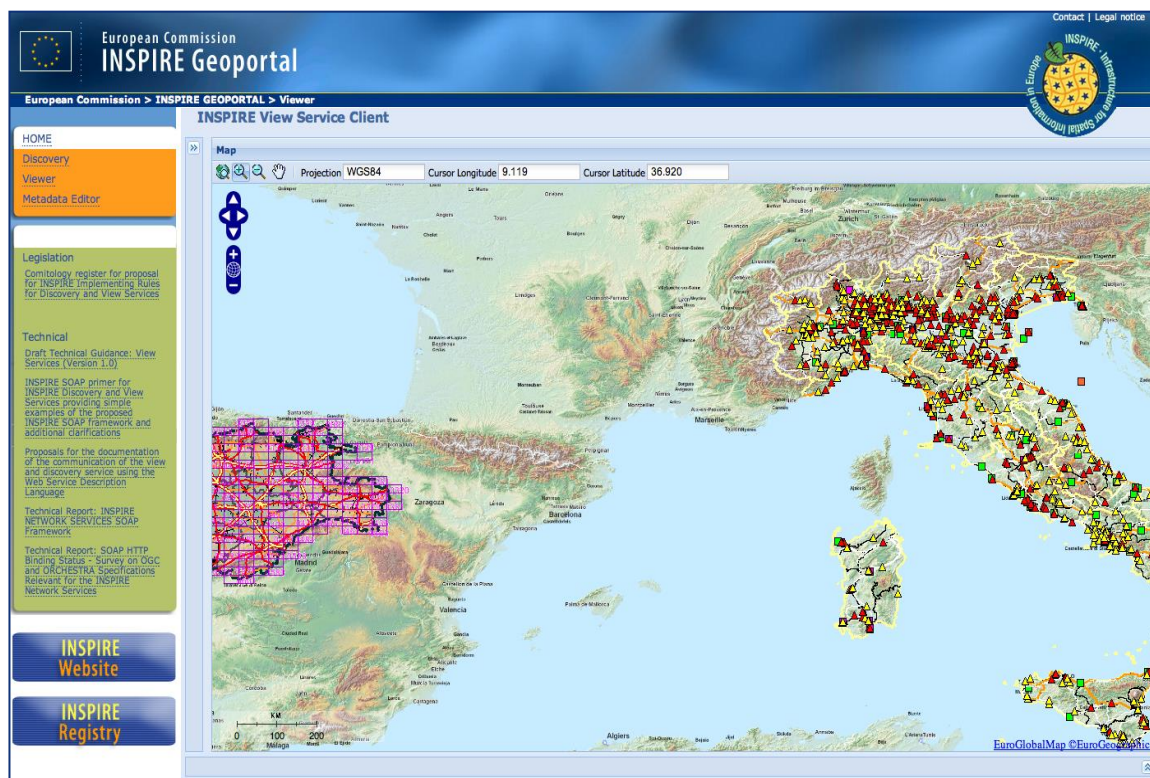
Σχήμα 3.5 Παράδειγμα εγγραφής στο Λεξικό Οντοτήτων ανά Θεματικό Επίπεδο: Θεματικό Επίπεδο Υψομετρία (Elevation), ορισμός, σχετικά στοιχεία κ.ο.κ.

Δικτυακές Υπηρεσίες

Οι υπηρεσίες του INSPIRE καθορίζουν τις διεπαφές μέσω των οποίων οι συμμετέχοντες στην Ευρωπαϊκή Υποδομή θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, οι υπηρεσίες χωρικών δεδομένων του INSPIRE μπορούν να συνδυάσουν τρία είδη συμμετεχόντων στην υποδομή:

- τους χορηγούς υπηρεσιών που συνεισφέρουν παρέχοντας τις υπηρεσίες αυτές,
- διάφορες διαδικτυακές πύλες, όπως την Ευρωπαϊκή πύλη του INSPIRE και τις επιμέρους πύλες κρατών μελών και φορέων, που είτε παρέχουν τις υπηρεσίες είτε τις χρησιμοποιούν οι χρήστες για πρόσβαση στις υπηρεσίες, και
- εφαρμογές που αφορούν συγκεκριμένες εργασίες σχετικές με τις υπηρεσίες, χωρίς να απαιτείται η χρήση κάποιας διαδικτυακής πύλης.

Είναι σημαντικό ότι το μοντέλο αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών εκτελεί κάθε είδους πρόσβαση και επεξεργασία δεδομένων και μεταδεδομένων μέσω του διαδικτύου. Για αυτό και κάθε υπηρεσία θα πρέπει να προδιαγραφεί και να περιγραφεί (με τα μεταδεδομένα υπηρεσιών που αναφέρθηκαν παραπάνω) ώστε να επιτρέψει τόσο σε ανθρώπινους χειριστές όσο και εφαρμογές την αυτοματοποιημένη ανάκληση της



Σχήμα 3.6 Υπηρεσίες Ανεύρεσης και Επισκόπησης στο INSPIRE Geoportal

επιθυμητής κάθε φορά υπηρεσίας. Κάθε υπηρεσία τυποποιείται βάσει του πρωτοκόλλου SOAP (Service Oriented Architecture Protocol - αντί των παλαιότερων λύσεων URL που στηρίζονται σε HTTP/POST) ώστε να εφαρμοστεί πλέον σύγχρονη και ευέλικτη τεχνολογία για web services, που επιτρέπει την υποστήριξη οριζοντίων εφαρμογών.

Οι υπηρεσίες χωρικών δεδομένων του INSPIRE ουσιαστικά δρουν ως μεσολαβητές μεταξύ των υπηρεσιών που θα προσφέρουν οι φορείς γεωγραφικής πληροφορίας των κρατών μελών και οι χρήστες σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μέσω της πύλης. Οι υπηρεσίες που προβλέπονται είναι:

- **Υπηρεσίες ανεύρεσης** (*discovery services*), οι οποίες θα καθιστούν δυνατή την αναζήτηση συλλογών χωρικών δεδομένων και υπηρεσιών χωρικών δεδομένων βάσει του περιεχομένου των μεταδεδομένων τους.
- **Υπηρεσίες επισκόπησης** (*view services*), οι οποίες κατ' ελάχιστο θα καθιστούν δυνατή την οπτική προβολή των συλλογών χωρικών δεδομένων, την πλοήγηση, τη μεγέθυνση και σμίκρυνσή τους (zoom in/out), την επίθεση διαφορετικών θεματικών επιπέδων ή/και συλλογών χωρικών δεδομένων, καθώς και τη δυνατότητα προβολής πληροφοριών υπομνήματος.
- **Υπηρεσίες παράδοσης** (*download services*), οι οποίες θα επιτρέπουν τη λήψη αντιγράφων του συνόλου ή μέρους μιας συλλογής χωρικών δεδομένων.
- **Υπηρεσίες μετατροπής και μετασχηματισμού** (*transformation services*), οι οποίες θα καθιστούν δυνατή τη μετατροπή μεταξύ εννοιολογικών μοντέλων και το μετασχηματισμό συντεταγμένων σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς.
- **Υπηρεσίες ενεργοποίησης άλλων υπηρεσιών** χωρικών δεδομένων (*invoke services*), οι οποίες θα επιτρέπουν στο χρήστη να ενεργοποιεί τις υπηρεσίες που χρειάζεται.

- **Οριζόντιες υπηρεσίες διαχείρισης** (*horizontal rights management services*), οι οποίες θα αφορούν στην πιστοποίηση, εξουσιοδότηση, διαχείριση, τιμολόγηση, κτλ, των πόρων και των συμμετεχόντων στις υπόλοιπες υπηρεσίες. Είναι σημαντικό οι υπηρεσίες διαχείρισης να παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με τις αντίστοιχες οριζόντιες υπηρεσίες της Ευρωπαϊκής Υποδομής INSPIRE (πλαίσιο GeoDRM RM – Geospatial Digital Rights Management Reference Model), όπως αυτές θα προδιαγραφούν στους κανόνες υλοποίησης της Οδηγίας.

Οι Διατάξεις για τις Διαδικτυακές Υπηρεσίες (Network Services) ολοκληρώνονται και ψηφίζονται τμηματικά. Η Διάταξη για υπηρεσίες Ανεύρεσης και Επισκόπησης (Discovery & View) εκδόθηκε το 2009 (European Commission, 2009), καθώς αποτελούν δύο από τις βασικότερες Υπηρεσίες του INSPIRE GeoPortal (Σχήμα 3.6). Η διάταξη στηρίζεται στην αντίστοιχη Διάταξη για τα Metadata, η οποία αφορά στα Μεταδεδομένα Ανεύρεσης (discovery metadata) για τις υπηρεσίες ανεύρεσης του INSPIRE. Ορίζονται ήδη δύο επίπεδα «Ανεύρεσης»: το πρώτο επίπεδο μεταδεδομένων δίνει βασική και θεμελιώδη περιγραφή των δεδομένων ή των υπηρεσιών, ενώ το δεύτερο επίπεδο μεταδεδομένων περιγράφει τα δεδομένα ή τις υπηρεσίες λεπτομερέστερα, και επιτρέπει λειτουργίες αξιολόγησης των δεδομένων.

Ακολούθησε προσθήκη στη Διάταξη για υπηρεσίες Παράδοσης και Μετασχηματισμών (Download & Transformation Service) που έχει ήδη εγκριθεί από το 2010, και η 2^η προσθήκη περί υπηρεσιών ενεργοποίησης άλλων υπηρεσιών (Regulation on Invoke Service) θα ολοκληρωθεί το 2013.

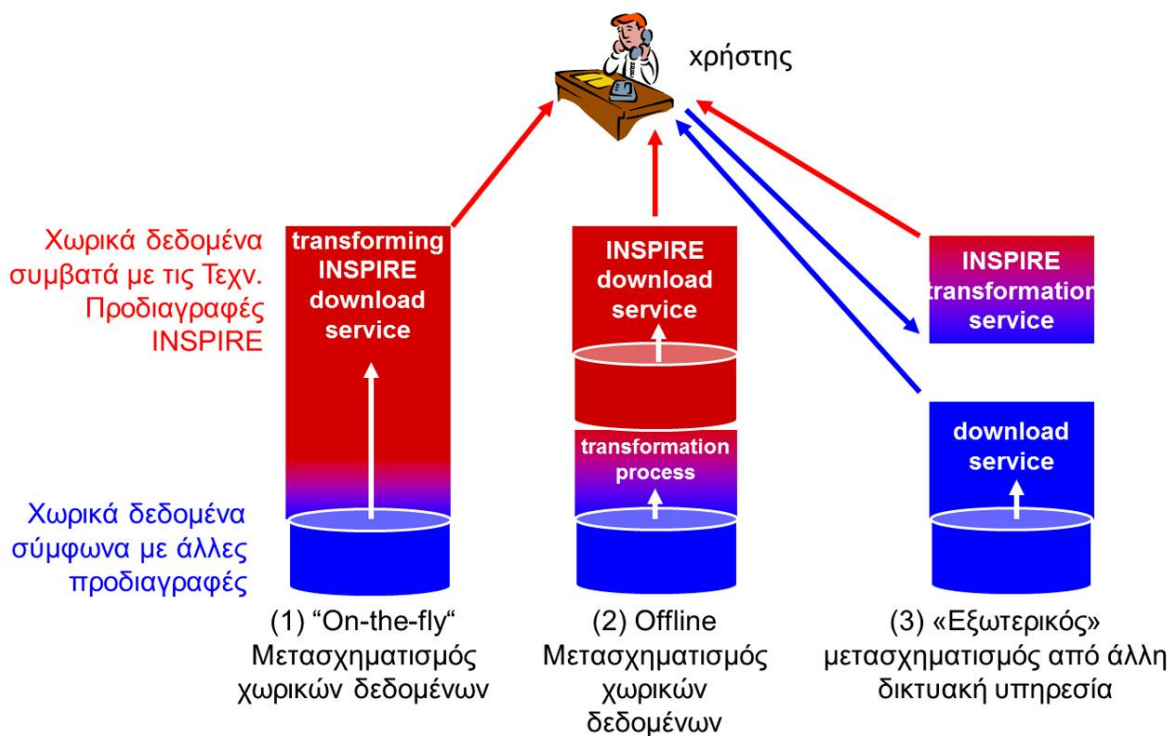
3.3. Τεχνικές Προδιαγραφές Διαλειτουργικότητας

3.3.1. Απαιτήσεις και Επίτευξη Διαλειτουργικότητας

Στόχος των Διατάξεων Υλοποίησης είναι η διαμόρφωση των τμημάτων της βασικής αρχιτεκτονικής της Ευρωπαϊκής Χωρικής Υποδομής, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Προκύπτει ότι τα θεμελιώδη στοιχεία που συνιστούν την αρχιτεκτονική του INSPIRE στηρίζονται κυρίως στα παραδοτέα των τριών (3) από τις 5 Ομάδες Εργασίας, και συγκεκριμένα των Drafting Teams Data Specifications, Metadata και Network Services. Οι κανόνες υλοποίησης των ομάδων αυτών, κυρίως της Ομάδας Τεχνικών Προδιαγραφών, στοχεύουν στην ανάπτυξη ενός εννοιολογικού πλαισίου και μιας μεθοδολογίας που θα λειτουργήσει ως ακρογωνιαίος λίθος για τη διαλειτουργικότητα / εναρμόνιση των χωρικών δεδομένων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα θέματα που προκύπτουν από τις προσπάθειες εναρμόνισης, και ακολουθεί σύντομη περιγραφή των παραδοτέων Κανόνων Υλοποίησης για Τεχνικές Προδιαγραφές Δεδομένων και Μεταδεδομένων, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας τους για την εξέλιξη του INSPIRE και την προβλεπόμενη ένταξη των εθνικών χωρικών υποδομών σε αυτό.

Σύμφωνα με το κείμενο της Οδηγίας, άρθρο 7(1), η διαλειτουργικότητα των χωρικών δεδομένων θα επιτευχθεί με «*Εκτελεστικές διατάξεις που καθορίζουν τις τεχνικές ρυθμίσεις για τη διαλειτουργικότητα και, εφόσον είναι εφικτό, την εναρμόνιση των συνόλων και υπηρεσιών χωρικών δεδομένων, [...]*», ενώ σύμφωνα με το άρθρο 3(7) δίνεται ο εξής ορισμός: «*διαλειτουργικότητα*»: η δυνατότητα συνδυασμού συνόλων χωρικών δεδομένων και η δυνατότητα διάδρασης υπηρεσιών, χωρίς επανειλημμένη παρέμβαση του χειριστή, ώστε να επιτυγχάνεται συνεκτικό αποτέλεσμα και να ενισχύεται η προστιθέμενη αξία των συνόλων δεδομένων και των υπηρεσιών (European Parliament and Council, 2007).

Οι Κανόνες Υλοποίησης των Drafting Teams είναι ουσιαστικά αυτές οι Εκτελεστικές Διατάξεις, που στοχεύουν στη διαλειτουργικότητα / εναρμόνιση των χωρικών δεδομένων. Ωστόσο, το θέμα της



Σχήμα 3.7 Εναλλακτικές Υλοποίησης πρόσβασης σε Εναρμονισμένα δεδομένα

«εναρμόνιση» (data harmonization) είναι εκτενές και αρκετά δύσκολο. Οι κανόνες υλοποίησης θα περιγράφουν διαδικασίες για εναρμονισμένα σύνολα δεδομένων και τις απαραίτητες διεργασίες μετασχηματισμού των χωρικών δεδομένων σε εναρμονισμένα χωρικά δεδομένα. Υπάρχουν τρεις (3) πιθανές προσεγγίσεις για τη πρόσβαση σε εναρμονισμένα δεδομένα: α) ο μετασχηματισμός να γίνεται επί τόπου (on the fly transformation) μέσω των Υπηρεσιών του INSPIRE, β) ο μετασχηματισμός να έχει προηγηθεί, πριν τα δεδομένα αναρτηθούν στο Διαδίκτυο, ίσως μετασχηματίζοντάς τα σε ένα δευτερεύον σετ δεδομένων (off line transformation), και γ) «Εξωτερικός» μετασχηματισμός από άλλη δικτυακή υπηρεσία (Σχήμα 3.7).

Η τελική επιλογή της καταλληλότερης στρατηγικής υλοποίησης της Διαλειτουργικότητας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως την πολυπλοκότητα (τεχνική και εννοιολογική) του απαραίτητου μετασχηματισμού, τη διαθεσιμότητα κατάλληλου εξοπλισμού, λογισμικού και εμπειρίας, τους ρόλους και ευθύνες για τη διάθεση δεδομένων που έχουν οι Φορείς σε κάθε Κράτος Μέλος, το κόστος της κάθε εναλλακτικής, και τέλος, την επιλογή των διαδικασιών που τελικά θα γίνουν μέρος του μετασχηματισμού (π.χ. επαλήθευση, έλεγχος ποιότητας, έλεγχος συμβατότητας με πρότυπα, συνένωση με άλλα data sets, κλπ).

Οι τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE καλούνται να ανταπεξέλθουν σε μεγάλους εύρους δεδομένων και εφαρμογών. Ως εκ τούτου, λήφθηκαν στρατηγικές αποφάσεις για το τι είδους δεδομένα θα περιλαμβάνονται στο αρχικό εύρος της Οδηγίας, ώστε να είναι βιώσιμη η ολοκλήρωση των προδιαγραφών και η λειτουργία της Υποδομής. Έτσι, αποφασίστηκε πως το INSPIRE εστιάζει σε χωρικά δεδομένα, και όχι κάθε είδους θεματικά ή περιγραφικά δεδομένα. Ωστόσο, προβλέφθηκε ότι η Υποδομή θα παρέχει ενιαίο πλαίσιο χωρικής και χρονικής αναφοράς, όπως και χωρικά αντικείμενα, για να χρησιμοποιηθούν σε περιβαλλοντικές εφαρμογές που αξιοποιούν χωρικές και χρονικές θέσεις. Η συγκεκριμένη προσέγγιση επιδρά και στο αντικείμενο της παρούσης, καθώς προκύπτει ότι οι τεχνικές προδιαγραφές εστιάζουν

περισσότερο στο χωρικό τομέα των αντικειμένων, και λιγότερο στα χρονικά χαρακτηριστικά τους.

Τα INSPIRE data specifications ακολουθούν κατά το δυνατόν περισσότερο την τυποποιημένη μέθοδο της σειράς προτύπων **ISO 19100** καθότι:

- ✓ Οι εισαγωγικές παρατηρήσεις (16) και (28) της Οδηγίας υπογραμμίζουν το ρόλο των διεθνών προτύπων στο INSPIRE.
- ✓ Η σειρά ISO 19100 έχει ήδη προκύψει από τη συλλογική προσπάθεια και έγκριση μεγάλου αριθμού έγκυρων φορέων σχετικών με τη χωρική πληροφορία.
- ✓ Το υλικό αναφοράς που συλλέχθηκε αποδεικνύει πως πολλοί χρησιμοποιούν ήδη τα εν λόγω πρότυπα.
- ✓ Ο Φορέας CEN με τις προτάσεις του στην έκθεση CEN/TR 15449 θεωρεί πως η σειρά ISO 19100 είναι σε ικανό βαθμό πλήρης και ώριμη ώστε να χρησιμοποιηθεί ως πλαίσιο για τεχνικές προδιαγραφές.
- ✓ Τα πρότυπα αυτά ήδη χρησιμοποιούνται σε μη Ευρωπαϊκά και Διεθνή SDIs όπως π.χ. το Global SDI cookbook και την ανάπτυξη των Framework Data Content Standards στις Η.Π.Α.
- ✓ Εάν δεν υπήρχαν, η μόνη αποδεκτή πανευρωπαϊκά εναλλακτική θα ήταν η ανάπτυξη τεχνικών προδιαγραφών από μηδενική βάση.

Ωστόσο, με τη χρήση των προτύπων προκύπτει μια σειρά ζητημάτων:

- * Υφίσταται μια σειρά παραμέτρων που απαιτούνται για το INSPIRE και δεν καλύπτονται ακόμη από τη σειρά ISO 19100. Απαιτήθηκαν (και απαιτούνται) μέτρα που θα καλύψουν τα κενά αυτά.
- * Η σειρά ISO 19100 αποτελεί ένα πλαίσιο σύνθετων και αναλυτικότερων προτύπων, τα οποία αναπτύχθηκαν πρόσφατα, μόλις την τελευταία 10ετία. Ως εκ τούτου πολλοί συμμετέχοντες στο INSPIRE θα πρέπει να αποκτήσουν την απαραίτητη εξειδίκευση από απαιτεί τη χρήση τους.
- * Η σειρά ISO 19100 δεν έχει υιοθετηθεί από όλα τα Κράτη Μέλη και από πολλούς Οργανισμούς – στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να εξασφαλισθεί η αντιστοίχιση με τις τεχνικές προδιαγραφές που ήδη εφαρμόζουν.
- * Τα ISO standards δεν είναι δωρεάν.

Η δομή όλων των τεχνικών προδιαγραφών εφαρμόζει όσα ορίζει το μοντέλο αναφοράς του EN ISO 19101 (*Reference model*) για το πώς πρέπει να διατυπώνονται προδιαγραφές ανταλλαγής γεωγραφικών δεδομένων (τις οποίες εφαρμόζουν τα υπόλοιπα 191xx). Δυστυχώς δεν έχει υιοθετεί κάτι αντίστοιχο για το σύνολο των κειμένων του INSPIRE. Επίσης, οι INSPIRE data specifications είναι συμβατές με το EN ISO 19131 (*Data product specifications*). Μικρές διαφορές είναι το ότι ο όρος "product" που χρησιμοποιεί το ISO δεν εφαρμόζεται επακριβώς στο INSPIRE καθώς τα υφιστάμενα data products των Κρατών Μελών δεν αντιστοιχούν επακριβώς με τις Θεματικές Περιοχές της Οδηγίας (π.χ. τοπογραφικοί χάρτες). Επίσης το INSPIRE προβλέπει και την καταγραφή περιοχών από τις οποίες γεωγραφικά δεδομένα θα γίνουν διαθέσιμα στο μέλλον.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι οι Τεχνικές Προδιαγραφές του INSPIRE δεν προσπαθούν να καλύψουν κάθε είδους απαιτήσεις σχετικές με τα δεδομένα. Οι Φορείς (Legally Mandated Organisations) των Κρατών Μελών συνήθως θα διαθέτουν πολλά περισσότερα είδη δεδομένων από όσα προβλέπουν και καλύπτουν αυτές οι Τεχν. Προδιαγραφές. Όπως αναφέρθηκε, οι Προδιαγραφές εστιάζουν στα χωρικά στοιχεία των δεδομένων, και η Ε.Ε. προτρέπει τα Κράτη Μέλη να επαναχρησιμοποιήσουν τις προδιαγραφές του INSPIRE για δική τους εσωτερική χρήση, επεκτείνοντας τα spatial object types και

προσθέτοντας νέα properties, καθορίζοντας επιπλέον περιορισμούς εγκυρότητας που ισχύουν για τα δικά τους data sets, και επαναχρησιμοποιώντας τα INSPIRE objects για τη χωρική αναφορά περιγραφικών δεδομένων.

3.3.2. Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο INSPIRE

Το παραδοτέο D2.5 της Ομάδας Εργασίας Τεχνικών Προδιαγραφών δίνει τους κανόνες υλοποίησης του **Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου (Generic Conceptual Model)** που θα διέπει τα Σύνολα χωρικών δεδομένων του INSPIRE. Το Γενικό Εννοιολογικό Μοντέλο είναι δομημένο σύμφωνα με τις προαναφερθείσες συνιστώσες για την επίτευξη εναρμόνισης των δεδομένων. Στηρίζεται στη σειρά προτύπων ISO 191xx, και συγκεκριμένα για τις τεχνικές προδιαγραφές ορίζει ότι θα ακολουθηθεί το πρότυπο ISO 19131 (Portele, 2013a).

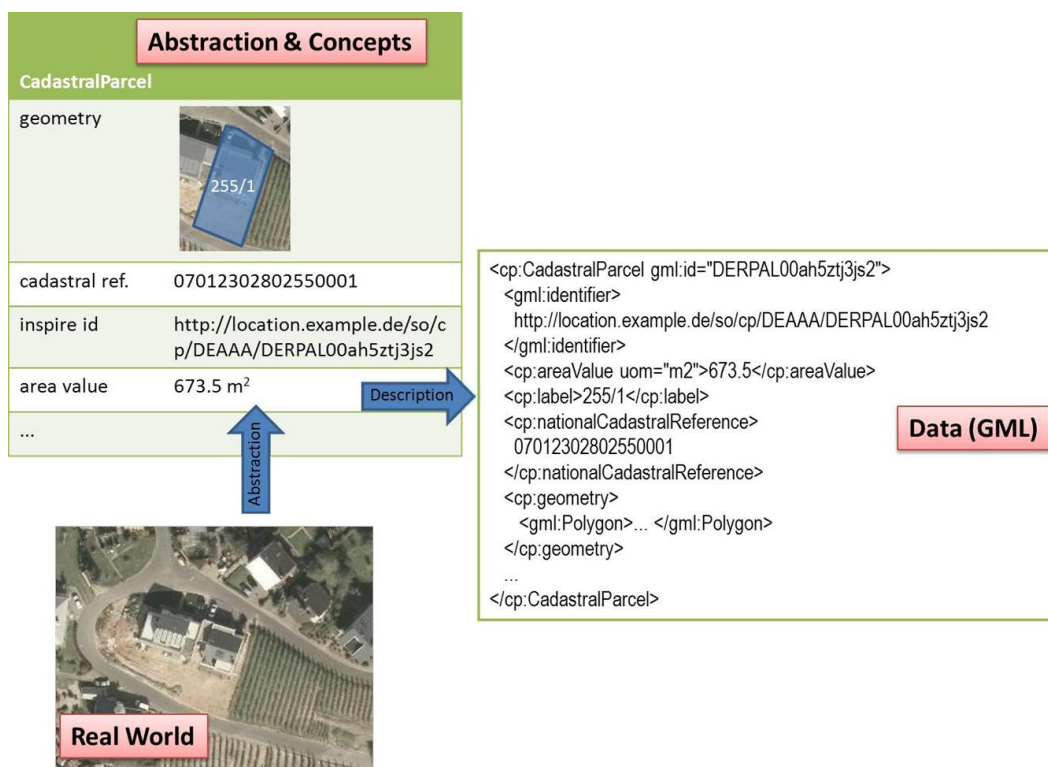
Το Γενικευμένο Εννοιολογικό μοντέλο (ΓΕΜ) περιλαμβάνει κανόνες που εφαρμόζονται σε όλα τα Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE, όπως Ενιαία Ορολογία και βασικές αρχές, Στοιχεία Διαλειτουργικότητας, και Απαιτήσεις και Προτάσεις. Το ΓΕΜ στηρίζεται στα ISO 19100 standards, αλλά είναι περισσότερο εξειδικευμένο από τα 19100 όπου απαιτείται, ή περιλαμβάνει επεκτάσεις επί των ISO όπου χρειάστηκαν. Προδιαγράφει έννοιες που διέπουν πολλαπλά θεματικά επίπεδα, συμπεριλαμβανομένων των INSPIRE identifiers, Generic Network Model και Gazetteers. Το Γενικό Εννοιολογικό Μοντέλο προέρχεται από το παραδοτέο D2.5 (Portele, 2013a), και λειτουργεί ως ένα ενοποιημένο (consolidated) μοντέλο σε UML. Το INSPIRE, όπου δυνατόν, στηρίζεται σε υφιστάμενα application schemas και ορίζει έναν αριθμό βασικών τύπων αντικειμένων, όπως για παράδειγμα δείκτες οντοτήτων, που θα χρησιμοποιούνται από όλα τα θεματικά εννοιολογικά μοντέλα που θα προκύψουν. Τα βασικά στοιχεία και έννοιες του ΓΕΜ διατηρούνται στα INSPIRE registers και υιοθετήθηκαν στη Διάταξη του INSPIRE data specification (European Commission, 2010b).

Τα κύρια σημεία τα οποία περιγράφονται στο Γενικό Εννοιολογικό Μοντέλο είναι:

- διαφορές σε ορισμούς με τα πρότυπα του ISO
- η χρήση υφιστάμενων application schemas
- οι υποχρεωτικοί βασικοί τύποι και η κληρονομικότητα ιδιοτήτων
- ο ρόλος των καταλόγων οντοτήτων και των λεξικών
- οι «εκδόσεις» των αντικειμένων
- η αναφορά των αντικειμένων
- τα συστήματα αναφοράς
- οι δείκτες

Η κεντρική έννοια στο ΓΕΜ είναι το Χωρικό Αντικείμενο (spatial object - feature). Ένα spatial object αποδίδει αφαιρετικά ένα φαινόμενο του πραγματικού κόσμου. Κάθε ένα Χωρικό Αντικείμενο έχει ένα Τύπο χωρικού αντικειμένου (spatial object type). Το spatial object type είναι μια τυποποιημένη ταξινόμηση ενός γεγονότος στον πραγματικό κόσμο.

Η προσέγγιση που προτείνει το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο στηρίζεται στην αντίστοιχη προδιαγραφή του ISO 19101, και ακολουθεί την εξής διαδικασία: Ανά πεδίο εφαρμογής (Θεματικά Επίπεδα) εντοπίζονται στον Πραγματικό Κόσμο έννοιες και οντότητες που ενδιαφέρουν. Το μοντέλο (τόσο



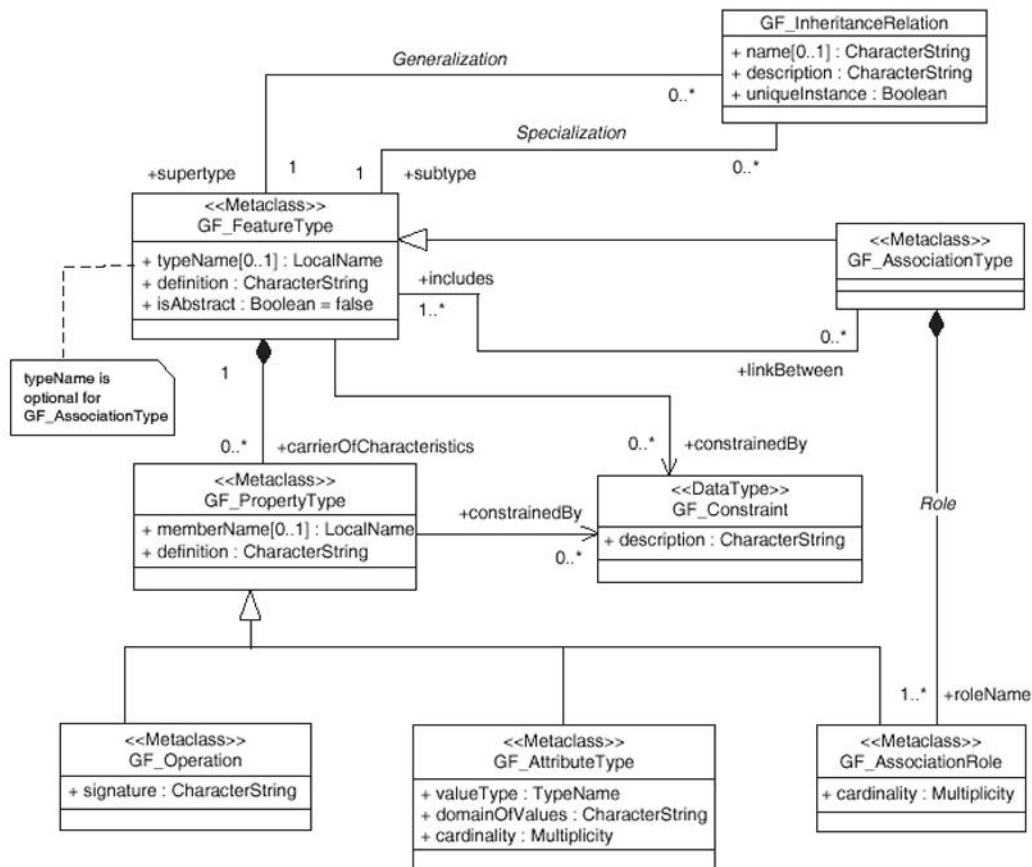
Σχήμα 3.8 Παράδειγμα απόδοσης μιας οντότητας του πραγματικού κόσμου (Γεωτεμάχιο) σε αφαιρετική μορφή ως χωρικό αντικείμενο, βάσει του GEM και του application schema για τα Γεωτεμάχια (Portele, 2013a)

το GEM όσο και τα application schemata) αποδίδουν το φαινόμενο αυτό του πραγματικού κόσμου αφαιρετικά, με τη μορφή των spatial objects. Αφού αποδοθούν λογικά, τα δεδομένα για τα χωρικά αυτά αντικείμενα απεικονίζονται ψηφιακά στα σετ χωρικών δεδομένων (βλ. παράδειγμα στο Σχήμα 3.8).

Το INSPIRE ακολουθεί το EN ISO 19109, τόσο σε γενικευμένο επίπεδο (General Feature Model) όσο και στους κανόνες των application schemas συμπεριλαμβανομένης της χρήσης UML και OCL. Η φιλοσοφία είναι πως το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο τυποποιεί σε γενική μορφή τα διαθέσιμα feature types σε ένα General Feature Dictionary. Τα feature types αυτά μπορούν να εκφράσουν τις οντότητες όπως τις αντιλαμβάνεται κανείς στο πλαίσιο μίας Εφαρμογής.

Το feature model του GEM χρησιμοποιείται στα επιμέρους Θεματικά Επίπεδα για να δημιουργηθούν Application Schemas, δηλαδή εννοιολογικά μοντέλα δεδομένων τα οποία απαιτούνται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Το GEM, εφαρμόζοντας τα ISO 19100, καθορίζει τύπους δεδομένων προς χρήση σε application schemas (χωρικά, χρονικά, metadata, κλπ.), όπως φαίνεται στην απόδοση μέσω UML στο Σχήμα 3.9. Ωστόσο, στο GEM υπάρχουν κάποιες επεκτάσεις ή αλλαγές ως προς τη σειρά 19100, όπως το ότι το General Feature Model έπρεπε να επεκταθεί ώστε να καλύψει θέματα συνεχών πεδίων (coverage), κάτι που επί του παρόντος δεν αντιμετωπίζεται στο EN ISO 19109. Επιπλέον, κρίθηκε απαραίτητο να διαχωριστούν δύο είδη χαρακτηριστικών (properties) με επιλογή "no data" ώστε να γίνει δυνατή η ορθή ερμηνεία των δεδομένων:

1. Το χαρακτηριστικό δεν εμφανίζεται στον πραγματικό κόσμο (εκφράστηκε με την πολλαπλότητα του property).
2. Το χαρακτηριστικό δεν υπάρχει μεν για το χωρικό αντικείμενο αλλά μπορεί να εμφανίζεται στον



Σχήμα 3.9 Απόδοση με UML του General Feature Model όπως το προβλέπει το ΓΕΜ

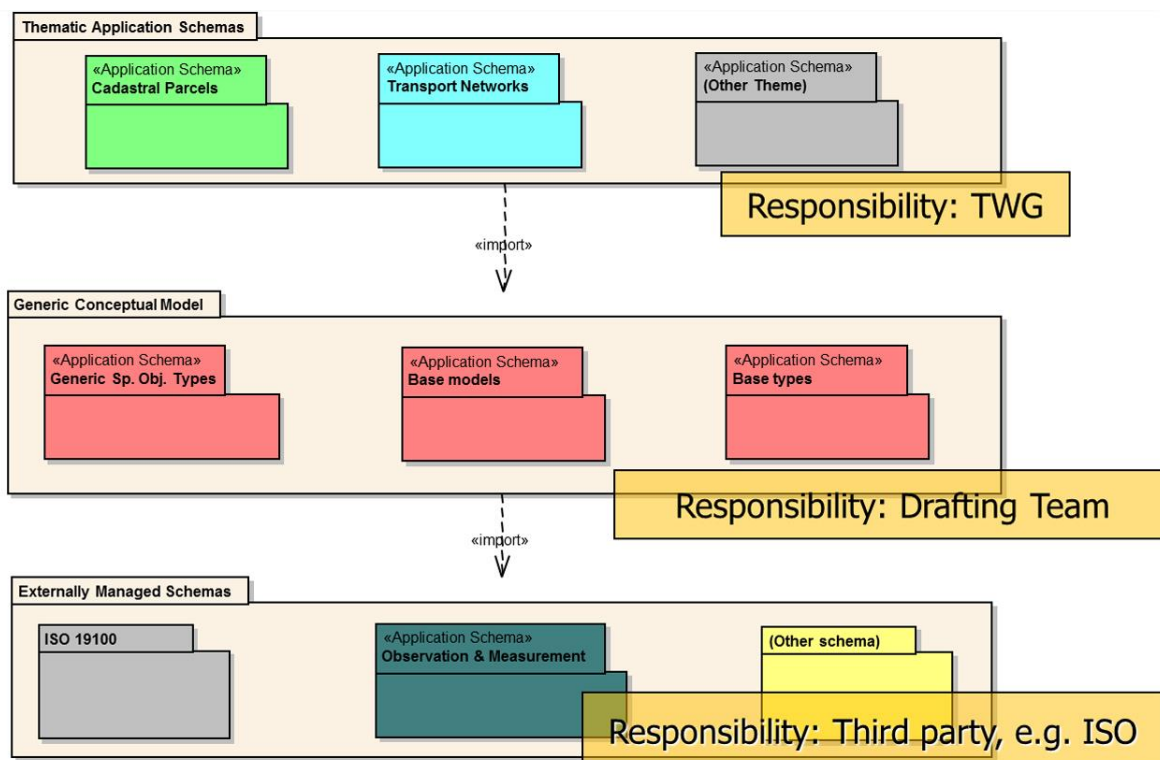
πραγματικό κόσμο (εκφράστηκε με τη χρήση του στερεότυπου <<voidable>>, κατά την έννοια που χρησιμοποιεί το «void» το ISO 11404).

Για τα στοιχεία του μοντέλου και για τα application schemas χρησιμοποιείται η UML 2.1, καθώς αυτή θα προβλέπεται στη νέα έκδοση του ISO 19103. Καθορίζονται και χρησιμοποιούνται τρία επιπλέον στερεότυπα:

- ❖ <<featureType>> όπως ορίζει το UML profile του EN ISO 19136
- ❖ <<placeholder>> για τύπους που θα χρειαστούν στα Παραρτήματα II/III
- ❖ <<lifeCycleInfo>> για την καταγραφή μεταδεδομένων κύκλου ζωής του αντικειμένου (περισσότερα για αυτό το στερεότυπο παρακάτω)

Ακολουθώντας μια από τις βασικές προαπαιτήσεις της Οδηγίας INSPIRE, το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο επιχειρεί, όπου δυνατόν, να αξιοποιήσει υφιστάμενα μοντέλα, είτε πρόκειται για πρότυπα ISO είτε μοντέλα τρίτων (πχ Φορέων) που είναι διαδεδομένα και εφαρμόζουν βέλτιστες πρακτικές – όπως τα externally managed Schemas στο UML διάγραμμα του Σχήματος 3.10.

Συνεχίζοντας στο ίδιο διάγραμμα, το ΓΕΜ καθορίζει ένα –σχετικά– μικρό αριθμό **Βασικών Τύπων** (Base Types) όπως, πχ το πώς θα συνθέτονται οι Identifiers των χωρικών αντικειμένων. Τα base types περιγράφονται στο προαναφερθέν General Feature Model. Να σημειωθεί επίσης πως στο Generic Conceptual Model προβλέφθηκαν ως διαδικασία και τα **Βασικά Μοντέλα** (Base Models). Τα βασικά μοντέλα ουσιαστικά είναι πρόβλεψη για μοντέλα γενικής χρησιμότητας για πολλαπλά θεματικά επίπεδα.



Σχήμα 3.10 Απόδοση με UML των ενσωματωμένων μοντέλων του GEM

Αυτά τα «υπό-πακέτα» μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όποιο/α application schema τα χρειάζεται. Ήδη το GEM περιλαμβάνει ως Base Model ένα μοντέλο για δίκτυα (Network model), ένα μοντέλο για coverages, ένα μοντέλο για παρατηρήσεις (model for observations) και ένα μοντέλο activity complexes. Επίσης, υπάρχει πρόβλεψη για δημιουργία μοντέλων με **γενικευμένα** (abstract) **spatial object types**, τα οποία έχουν κοινά properties και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από όποιο/α application schema τα χρειάζεται – αλλά εν προκειμένω δεν περιλαμβάνεται κανένα τέτοιο.

Τέλος, όπως φαίνεται και στο UML διάγραμμα (Σχήμα 3.10), το GEM προβλέπει ότι θα σχηματιστούν Application schemas –με την ευθύνη των Thematic Working Groups / TWGs- που καθορίζουν τα spatial object types για το κάθε Θεματικό Επίπεδο (theme) των τριών Παραρτημάτων. Επίσης προβλέπει ότι Το όνομα και ο ορισμός καθενός spatial object type των Application schemas πρέπει να καταχωρηθεί για την εναρμόνιση μεταξύ Θεματικών Επιπέδων (βλ. §3.4).

Για το μοντέλο των χωρικών και χρονικών χαρακτηριστικών των application schema το GEM στηρίζεται στα EN ISO 19107, EN ISO 19108, και EN ISO 19123. Το ISO 19123 επεκτάθηκε για χρησιμοποιείται το coverage function ως property ενός spatial object type.

Επί της αρχής, τα μοντέλα θα έπρεπε να περιλαμβάνουν Οντολογίες για να αντιμετωπιστούν καλύτερα ειδικά θέματα διαλειτουργικότητας (data transformation, cultural adaptability, multiple representations). Ωστόσο το INSPIRE δεν χρησιμοποιεί ακόμη οντολογίες καθώς βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο (Portele, 2013a). Ωστόσο, προστέθηκαν κανόνες για περιπτώσεις όπου μπορεί να είναι σκόπιμο να διατηρούνται πολλαπλές εκδόσεις αντικειμένων (Tóth et al., 2012).

Σε συνδυασμό με το UML μοντέλο των application schemas, δημιουργήθηκε ένα Λεξικό Οντοτήτων (feature concept dictionary - EN ISO 19126) για να διασφαλιστεί η συνέπεια των ορισμών των feature types σε όλα από τα 34 θεματικά επίπεδα. Το INSPIRE Feature Concept Dictionary (Illert, 2008a)

συντηρείται σε ένα register σύμφωνα με το EN ISO 19135.

Επιπλέον, από τα application schemas (που είναι στα Αγγλικά) παράγονται με τη χρήση scripts Κατάλογοι Οντοτήτων (feature catalogues) σύμφωνα με το EN ISO 19110, που ουσιαστικά είναι ένας διαφορετικός τρόπος απόδοσης της πληροφορίας του application schema. Ο feature catalogue αποδίδει την πληροφορία που περιέχει το application schema με φυσικότερο και ευκολότερα αναγνώσιμο τρόπο (κείμενο). Οι κατάλογοι αυτοί θα μεταφραστούν τουλάχιστον σε όλες τις επίσημες γλώσσες της Ε.Ε. (το application schema διατηρείται μόνο στα Αγγλικά). Καθώς συντηρούνται και αυτοί σε registry service, μπορεί κανείς (άνθρωπος ή λογισμικό) να ανακτήσει άμεσα με query μεμονωμένα στοιχεία του application schema – σε όλες τις γλώσσες.

Ειδική αναφορά στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο γίνεται για τους **Identifiers**. Κάθε οντότητα των Θεματικών Επιπέδων I/II θα πρέπει να έχει έναν αναγνωριστικό κωδικό (δείκτη – identifier) για τα αντικείμενα ο οποίος, όπως ορίζει η Οδηγία, θα είναι μοναδικός εντός του INSPIRE (unique), δεν θα μεταβάλλεται κατά τον κύκλο ζωής της οντότητας (persistent), θα υπάρχει μηχανισμός εντοπισμού της οντότητας βάσει του κωδικού αυτού (traceable), και θα μπορεί να δημιουργηθεί βάσει υφιστάμενων κωδικών (feasible).

Αυτό επιτυγχάνεται διαμορφώνοντας κωδικούς αντικειμένων αποτελούμενους από δύο μέρη:

1. Το πρώτο μέρος (namespace) καταδεικνύει την πηγή των δεδομένων (Φορέα), και ξεκινάει με τα αρχικά της χώρας, π.χ. «EL» για Ελλάδα.
2. Το δεύτερο μέρος συμπληρώνεται από τον φορέα που διαθέτει τα δεδομένα και θα φροντίζει να είναι ένας μοναδικός κωδικός.

Επιτρέπονται μόνο γράμματα Λατινικού αλφαβήτου, νούμερα, «_», «.», και «-». Εάν υπάρχουν άνω της μίας εκδόσεις του ίδιου αντικειμένου, ο κωδικός θα συμπληρώνεται με έναν επιπλέον version identifier, μοναδικό για κάθε έκδοση, μήκους έως 25 χαρακτήρων.

Το INSPIRE στοχεύει στον περιορισμό του πλήθους των Συστημάτων Αναφοράς Συντ/νων και των χαρτογραφικών προβολών, ώστε τα δεδομένα να είναι το δυνατόν εναρμονισμένα. Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο προδιαγράφει μια σειρά συστημάτων χωρικής αναφοράς. Για οριζοντιογραφικές συντεταγμένες, το INSPIRE θα χρησιμοποιεί το European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89). Για περιοχές εκτός του ETRS89 (δηλ. εκτός της ηπειρωτικής Ευρώπης) θα χρησιμοποιείται το International Terrestrial Reference System (ITRS). Αν και τα ορίζει εννοιολογικά, το ΓΕΜ δεν καθορίζει κανένα σύστημα χρονικής αναφοράς, καθώς δεν ορίζεται κάτι τέτοιο στην τρέχουσα έκδοση του ISO 19108 (temporal schema).

3.3.3. Πλαίσιο Ανταλλαγής Χωρικών Δεδομένων

Το Generic Conceptual Model και τα Application Schemas είναι ανεξάρτητα οποιασδήποτε πλατφόρμας φυσικής υλοποίησης (SQL, GML, KML, Java, κλπ.) Απαιτούνται λοιπόν τεχνικές προσαρμογές σε φυσικό επίπεδο υλοποίησης, ώστε να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ συστημάτων λογισμικού. Οι Τεχνικές αυτές προδιαγραφές καθορίζουν τις απαιτήσεις και υποδείξεις για την κωδικοποίηση σε φυσικό επίπεδο των Χωρικών Αντικειμένων. Το παραδοτέο D2.7 της Ομάδας Εργασίας Τεχνικών Προδιαγραφών δίνει κατευθυντήριες γραμμές για την κωδικοποίηση των χωρικών δεδομένων, με σκοπό την ανταλλαγή τους μεταξύ συστημάτων (Portele, 2013b). Η μορφή αυτής της κωδικοποίησης αποτελεί τμήμα των τεχνικών προδιαγραφών. Ως Ανταλλαγή Δεδομένων νοείται κυρίως η πρόσβαση στα δεδομένα μέσω

δικτυακών υπηρεσιών, οι οποίες θα περιλαμβάνουν –κατ’ ελάχιστο- την ανάκτηση (download) μιας συλλογής χωρικών δεδομένων.

Μετά από προτάσεις της Αναφοράς CEN TR 15449, το Πλαίσιο Ανταλλαγής ορίζει ότι η Ευρωπαϊκή Υποδομή INSPIRE θα χρησιμοποιεί το πρότυπο ISO 19136 (GML) ως μέθοδο κωδικοποίησης κατά την ανταλλαγή δεδομένων. Η ανταλλαγή πληροφορίας σχετικής με χωρικά δεδομένα, όπως μεταδεδομένα ή κατάλογοι οντοτήτων, χρησιμοποιεί το πρότυπο ISO/TS 19139 ως μέθοδο κωδικοποίησης. Δύνανται να καθοριστούν επιπλέον κανόνες κωδικοποίησης στις τεχνικές προδιαγραφές συγκεκριμένων Θεματικών Επιπέδων. Η κωδικοποίηση των χωρικών αντικειμένων θα στηρίζεται στο εννοιολογικό μοντέλο της εφαρμογής που τα χρησιμοποιεί². Για τα κανονικοποιημένα δεδομένα (coverage data) θα εφαρμόζονται υφιστάμενες κωδικοποιήσεις.

Η κωδικοποίηση απαιτείται ώστε τα χωρικά δεδομένα να είναι προσπελάσιμα από τις υπηρεσίες επισκόπησης και απόκτησης (view & download). Η κωδικοποίηση στο INSPIRE συνοψίζεται ως εξής:

- ✓ Τα χωρικά δεδομένα του INSPIRE πρέπει να είναι συμβατά με τις INSPIRE data specifications.
- ✓ Η κωδικοποίηση των χωρικών δεδομένων εξαρτάται από τους κανόνες κωδικοποίησης (encoding rule) που έχουν επιλεγεί για τα data αυτά.
- ✓ Όλοι οι ορθοί κανόνες κωδικοποίησης είναι συμβατοί με το πρότυπο EN ISO 19118.
- ✓ Η προκαθορισμένη κωδικοποίηση βασίζεται στα EN ISO 19136 και CEN ISO/TS 19139 (GML 3.0+). Επιπλέον ή εναλλακτικοί κανόνες κωδικοποίησης δύνανται να καθοριστούν για κάθε application schema.

Το αρχείο XML (instance) το οποίο ακολουθεί είναι ένα παράδειγμα από την διαδικασία ελέγχου των INSPIRE Annex I data specifications (version 2.0) και περιγράφει ένα ποταμό στη Νορβηγία. Το παράδειγμα εφαρμόζει τους γενικούς GML encoding rules, με τις ειδικές περιπτώσεις (που απαιτεί το INSPIRE):

	Η δυνατότητα κωδικοποίησης του ονόματος (GN:GeographicalName)
	Η σύνθεση ενός μοναδιαίου κωδικού αναγνώρισης (INSPIRE identifier) (base:Identifier)
	Η εισαγωγή σε encoding of localised text (gmd:LocalisedCharacterString)
	Τη δυνατότητα κωδικοποίησης «κενών» τιμών (void values) σε χαρακτηριστικά (elements με xsi:nil="true")

² Καθώς για κάθε θεματικό επίπεδο του INSPIRE θα οριστεί και ένα Θεματικό Εννοιολογικό Μοντέλο (D2.5), για κάθε τέτοιο UML μοντέλο θα αναπτυχθούν κανόνες αυτοματοποιημένης μετατροπής σε GML κωδικοποίηση


```

<HY:Watercourse gml:id="Watercourse.001006033"
  xmlns:GN="urn:x-inspire:specification:gmlas:GeographicalNames:2.0"
  xmlns:HY="urn:x-inspire:specification:gmlas:Hydrography:2.0"
  xmlns:base="urn:x-inspire:specification:gmlas:BaseTypes:3.1"
  xmlns:gmd="http://www.isotc211.org/2005/gmd"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <gml:identifier codeSpace="http://inspire.jrc.ec.europa.eu/">urn:x-
  inspire:object:id:NONVEHY:001.FZ</gml:identifier>
  <HY:pointOfInterest nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:neighbour nilReason="unknown" xsi:nil="true"/>
  <HY:hasEmbankment nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:drainsCatchment xlink:href="urn:x-inspire:object:id:NONVEHY:Basin.602"/>
  <HY:shoreline nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:theHydroFacility nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:hasConstruction nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:beginLifespanVersion>1993-07-01T12:00:00 </HY:beginLifespanVersion>
  <HY:endLifespanVersion nilReason="unknown" xsi:nil="true"/>
  <HY:geographicalName>
    <GN:GeographicalName>
      <GN:spelling>
        <GN:SpellingOfName>
          <GN:text>MJERMA/HALDENVASSDRAGET</GN:text>
        </GN:SpellingOfName>
      </GN:spelling>
    </GN:GeographicalName>
  </HY:geographicalName>
  <HY:geometry>
    <gml:LineString gml:id="Watercourse.001006033.Geom_0">
      <gml:posList>59.9415606105 11.6855411646 59.9408389910
      11.6834773297</gml:posList>
    </gml:LineString>
  </HY:geometry>
  <HY:hydroId nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:id>
    <base:Identifier>
      <base:localId>001.FZ</base:localId>
      <base:namespace>NONVEHY</base:namespace>
    </base:Identifier>
  </HY:id>
  <HY:localType>
    <gmd:LocalisedCharacterString locale="urn:x-
  inspire:def:locale:INSPIRE:no">ElvBekk</gmd:LocalisedCharacterString>
  </HY:localType>
  <HY:origin nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:persistence nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:isWfdRiver nilReason="unknown" xsi:nil="true"/>
  <HY:theWfdTransitionalWater nilReason="unknown" xsi:nil="true"/>
  <HY:hasNetworkSegment nilReason="unknown" xsi:nil="true"/>
  <HY:hasGlacier nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:riverbank nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:foreshore nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:theCrossing nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:asNetworkAggregate nilReason="unknown" xsi:nil="true"/>
  <HY:hasManMadeObject nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:isAdminBoundary nilReason="other:unpopulated"/>
  <HY:condition nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:fictitious nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:length uom="m">153.106654548 </HY:length>
  <HY:level nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:tidal nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:waterCourseHierarchy nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
  <HY:width nilReason="other:unpopulated" xsi:nil="true"/>
</HY:Watercourse>

```

3.3.4. Χρονική Προσέγγιση στις Προδιαγραφές INSPIRE

Ο βασικός στόχος της Οδηγίας INSPIRE είναι να καταστήσει τα υφιστάμενα χωρικά δεδομένα στην πλέον επίκαιρη και διαλειτουργική μορφή τους. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα «ιστορικά» δεδομένα (historical data), δηλαδή δεδομένα τα οποία διατηρούν πληροφορία και για παρελθούσες χρονικές στιγμές. Η χρονική διάσταση είναι ιδιαίτερος σημαντική για πολλές διεργασίες Χωρικής Ανάλυσης, διεργασίες οι οποίες δεν εστιάζουν απλώς στην τωρινή «εκδοχή» ενός Φαινομένου, αλλά και στην εξέλιξή του στο χρόνο. Ως εκ τούτου, για να αποδώσουν οι διεργασίες αυτές όπως θα πρέπει να υποστηριχθούν από το Inspire, θα πρέπει να καταγραφούν δεδομένα με «ιστορική» πληροφορία.

Η Οδηγία INSPIRE αποτελεί μεγάλη ευκαιρία να διατεθούν τα ιστορικά αυτά δεδομένα υπό μία ενιαία, εναρμονισμένη μορφή, και κατά συνέπεια να αποτελέσουν το έναυσμα για την ανάπτυξη χώρο-χρονικών εφαρμογών στα GIS πανευρωπαϊκά. Ωστόσο, η ενσωμάτωση της χρονικής διάστασης σε χωρικά δεδομένα είναι σύνθετη προσπάθεια. Για το INSPIRE, θα πρέπει να επιτευχθεί μία ισορροπημένη συσχέτιση μεταξύ πολυπλοκότητας του μοντέλου και πλεονεκτημάτων που θα προκύψουν από την προσέγγιση που θα επιλεγεί. Η ενσωμάτωση της διάστασης του Χρόνου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σταδιακά, και σε συνέργια με τη συνολική εξέλιξη της Υποδομής.

Οι Τεχνικές Προδιαγραφές της Οδηγίας INSPIRE ως προς το μοντέλο δεδομένων απαρτίζονται από το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (Generic Conceptual Model-GCM) και τις επιμέρους προδιαγραφές (specifications) ανά Θεματικό Επίπεδο των τριών Παραρτημάτων της Οδηγίας. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζεται η τρέχουσα προσέγγιση των Τεχνικών Προδιαγραφών της Οδηγίας INSPIRE αναφορικά με τον Χρόνο, ενώ στην §3.4 θα εντοπιστούν οι εξειδικευμένες ανάγκες των Θεματικών Επιπέδων του Inspire στα Παραρτήματα II και III, και εξετάζονται λύσεις σχεδιασμού που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες αυτές.

Στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο τα χρονικά χαρακτηριστικά περιγράφονται κυρίως στην §9.7 «Spatial object life-cycle» (Portele, 2013a), ενώ εφαρμόζονται και βασικές αρχές απόδοσης χρονικής γεωμετρίας και τοπολογίας σύμφωνα με το ISO 19108, και καταγραφής ημερομηνιών και χρονικών στιγμών κατά το ISO 8601 (§10, Portele, 2013a). Η βασική ορολογία περί Ιστορικότητας στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο είναι:

- 🕒 **Πληροφορία Κύκλου-Ζωής** (life-cycle information): Σετ Ιδιοτήτων ενός Χωρικού Αντικειμένου οι οποίες περιγράφουν τα χρονικά χαρακτηριστικά μιας έκδοσης του χρονικού αντικειμένου, ή τις μεταβολές μεταξύ εκδόσεων.
- 🕒 **Κανόνες Κύκλου-Ζωής** (Life-cycle rules): Συγκεκριμένοι κανόνες οι οποίοι καθορίζουν το είδος των μεταβολών επί ενός Χωρικού αντικειμένου, οι οποίες δύνανται να καταλήξουν είτε στη δημιουργία μιας νέα Έκδοσης του αντικειμένου, είτε στη διαγραφή/παύση του αντικειμένου.
- 🕒 **Έκδοση** (version): Συγκεκριμένη εκδοχή ενός χωρικού αντικειμένου. Η Έκδοση ενός χωρικού αντικειμένου σχετίζεται άμεσα με έναν Αναγνωριστικό Κωδικό Έκδοσης (Version Identifier) που επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ δύο Εκδόσεων του ίδιου Χωρικού Αντικειμένου. Οι Εκδόσεις συνδέονται επίσης και με χρονικά δεδομένα, ώστε να επιτρέπουν στον χρήστη την κατανόηση και ανάλυση της εξέλιξης του χωρικού αντικειμένου στον χρόνο.

Παράδειγμα εφαρμογής των ανωτέρω Ορισμών:

Εάν το Χωρικό Αντικείμενο τύπου Κτίριο έχει ένα Χαρακτηριστικό (attribute) Χρήση (fractionalUse), μπορεί να επέλθει μεταβολή στην τιμή του Χαρακτηριστικού σε περίπτωση αλλαγής χρήσης του κτιρίου. Εάν έχει οριστεί ως Κανόνας Κύκλου-Ζωής πως η μεταβολή του χαρακτηριστικού αυτού οδηγεί σε δημιουργία νέας Έκδοσης του Αντικειμένου Κτίριο, τότε στο σύστημα θα πρέπει να δημιουργηθεί μια νέα έκδοση αυτού του κτιρίου, και η τρέχουσα έκδοση θα πρέπει να επισημανθεί ως αντικατασταθείσα από νεότερη στις Πληροφορίες Κύκλου-ζωής του Κτιρίου - η επισήμανση συνήθως γίνεται με την καταγραφή πληροφορίας Χρονικής Στιγμής Τερματισμού (end date/time) στον κύκλο-ζωής της έκδοσης αυτής.

Όπως φαίνεται από τους ορισμούς, αλλά και τα χαρακτηριστικά και στερεότυπα τα οποία θα περιγραφούν παρακάτω, το INSPIRE προσπαθεί να διατηρείται πληροφορία για τον Κύκλο-ζωής (Life cycle) των χωρικών αντικειμένων. Για αυτό και συμπεριλήφθηκε στο Εννοιολογικό Μοντέλο, ακόμη και αν διαπιστώθηκε πως πολύ μεγάλο μέρος της τρέχουσας ψηφιακής χωρικής πληροφορίας που τηρείται στα Κράτη μέλη δεν περιείχε χρονική πληροφορία. Ωστόσο, αν και προβλέπονται πολλαπλές εκδόσεις για τα χωρικά αντικείμενα, το ΓΕΜ δεν εμβαθύνει στη διαχείρισή τους (Portele, 2013a): «Οι τρέχουσες προδιαγραφές του INSPIRE είναι πλήρως καταρτισμένες για σύνολα χωρικά δεδομένων που περιέχουν μόνον την πλέον πρόσφατη έκδοση ενός χωρικού αντικειμένου (εν ενεργεία ή σε παύση)».

Προβλεπόμενα Χρονικά Χαρακτηριστικά στο Εννοιολογικό Μοντέλο

Επιπλέον των Ορισμών, το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE προτείνει την απόδοση των χρονικών στοιχείων στα Μοντέλα υιοθετώντας τα Χρονικά Χαρακτηριστικά (temporal attributes) `versionId`, `beginLifespanVersion`, `endLifespanVersion`, `validFrom` και `validTo`. Τα συγκεκριμένα attributes περιγράφονται παρακάτω, με τα αντίστοιχα data types (Gaffuri, 2011):

- 🕒 `versionId` (Version Identifier): Αποτελεί ουσιαστικά μέρος του Data Type Identifier, του μοναδικού κωδικού που χαρακτηρίζει κάθε χωρικό αντικείμενο του INSPIRE. Το `versionId` είναι ο κωδικός που χαρακτηρίζει συγκεκριμένη Έκδοση (version) του Αντικειμένου. Εάν ο Ορισμός του Αντικειμένου στις Τεχνικές Προδιαγραφές προβλέπει την καταγραφή πληροφορίας κύκλου-ζωής στον Identifier του αντικειμένου, τότε το Version Identifier χρησιμοποιείται για να διακρίνονται οι διάφορες Εκδόσεις του χωρικού αντικειμένου. Το `versionId` είναι μοναδικό και διαφορετικό για κάθε έκδοση του ίδιου αντικειμένου.
- 🕒 `beginLifespanVersion`: Ημερομηνία και ώρα κατά τις οποίες συγκεκριμένη Έκδοση του Αντικειμένου εισήχθηκε ή μεταβλήθηκε στο data set.
- 🕒 `endLifespanVersion`: Ημερομηνία και ώρα κατά τις οποίες συγκεκριμένη Έκδοση του Αντικειμένου αντικαταστάθηκε ή αποσύρθηκε από το data set.
- 🕒 `validFrom`: Η στιγμή από την οποία το χωρικό Φαινόμενο ξεκίνησε να υφίσταται στον Πραγματικό Κόσμο.
- 🕒 `validTo`: Η στιγμή από την οποία το χωρικό Φαινόμενο έπαψε να υφίσταται στον Πραγματικό Κόσμο.

Αποτελεί λογικό κανόνα πως το `validFrom` θα προηγείται του `validTo`, όπως και το `beginLifespanVersion` θα προηγείται του `endLifespanVersion`. Ωστόσο, υπάρχει περίπτωση το `validFrom` να προηγηθεί του `beginLifespanVersion`, όπως και το `validTo` να επέλθει του `endLifespanVersion`. Τέτοιες περιπτώσεις αφορούν σε συνθήκες όπου οι διαχειριστές των χωρικών

δεδομένων μπορούν να προβλέψουν τη πορεία γεγονότων στον πραγματικό κόσμο – π.χ. την ολοκλήρωση κατασκευής ενός οδικού άξονα για την οποία είναι γνωστή η ημερομηνία περάτωσης εργασιών.

Τα τέσσερα αυτά Χαρακτηριστικά (attributes) περιλαμβάνονται στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE εξυπηρετώντας τους εξής 2 σκοπούς: α) την απεικόνιση της διάρκειας της ύπαρξης ενός Φαινομένου (temporal extend – Valid Time) στον Πραγματικό Κόσμο (με τα *validFrom/To*) και β) την καταγραφή της Δημιουργίας, Μεταβολής και Παύσης του Χωρικού Αντικειμένου που αντιστοιχεί στο προαναφερθέν Φαινόμενο στη Βάση. Ουσιαστικά καλύπτουν την ανάγκη καταγραφής του *Valid* και του *Transaction Time* αντιστοίχως.

Θα πρέπει να αναφερθεί η προβλεπόμενη λίστα τιμών (code list) για την Ιδιότητα *ConditionOfFacilityValue*. Η εν λόγω λίστα τιμών αποδίδει ποιοτικά τις πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρίσκεται μία οντότητα, όσον αφορά στην ολοκλήρωσή της και τη χρήση της – καταστάσεις οι οποίες συνδέονται άρρηκτα με τον κύκλο ζωής της. Οι προβλεπόμενες στο GCM τιμές της λίστας είναι: *Projected* (προβλέπεται να δημιουργηθεί), *underConstruction* (υπό κατασκευή), *functional* (εν λειτουργία/ εν ζωή), και *disused* (εν αχρηστία).

Παραδείγματα χρονικών χαρακτηριστικών:

Δημιουργία (Creation):

Ένα χωρικό φαινόμενο (όπως ένας δρόμος, ένα γεωτεμάχιο κλπ) ξεκινάει να υφίσταται στον πραγματικό κόσμο την 01/03/2008. Το χωρικό αντικείμενο το οποίο αντιστοιχεί στον εν λόγω Φαινόμενο καταγράφεται στο data set την 22/04/2008 με Κωδικό (identifier) 816, και αυτή η πρώτη έκδοσή του λαμβάνει version identifier "1".

<i>Id - VersionId</i>	<i>validFrom</i>	<i>validTo</i>	<i>beginLifespanVersion</i>	<i>endLifespanVersion</i>
816 - 1	01-03-2008		22-04-2008	

Μεταβολή (Change):

Το ανωτέρω φαινόμενο μεταβάλλεται στις 22/12/2008 στον πραγματικό κόσμο. Η αλλαγή αυτή καταγράφεται στο αντίστοιχο χωρικό αντικείμενο στις 05/01/2009. Η μεταβολή προκαλεί νέα (δεύτερη – «2») έκδοση του ίδιου χωρικού αντικειμένου, με τα χρονικά Χαρακτηριστικά να καταγράφονται ως εξής:

<i>Id - VersionId</i>	<i>validFrom</i>	<i>validTo</i>	<i>beginLifespanVersion</i>	<i>endLifespanVersion</i>
816 - 1	01-04-2008	25-12-2008	22-03-2008	05-01-2009
816 - 2	25-12-2008		05-01-2009	

Παύση (Deletion):

Το φαινόμενο παύει να υπάρχει στον πραγματικό κόσμο την 04/09/2009. Η πληροφορία αυτή καταγράφεται στα χρονικά χαρακτηριστικά του dataset την 13/10/2009:

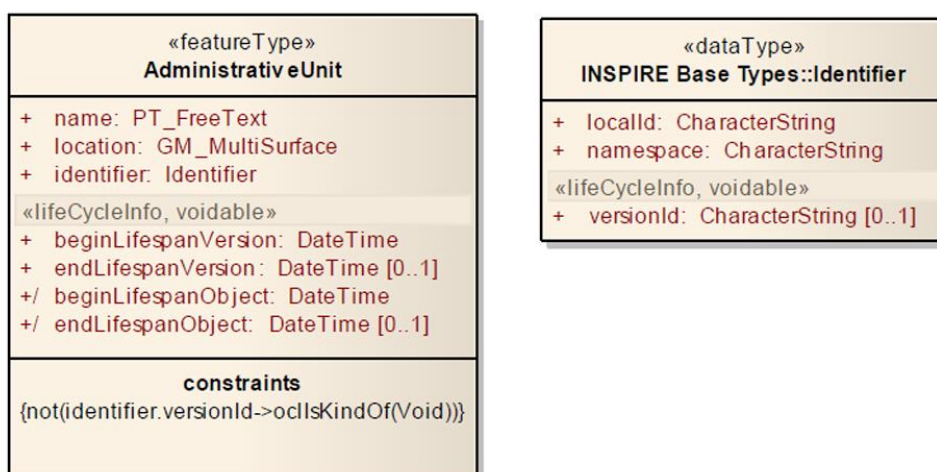
Id VersionId	validFrom	validTo	beginLifespanVersion	endLifespanVersion
816 - 1	01-04-2008	25-12-2008	22-03-2008	05-01-2009
816 - 2	25-12-2008	04-09-2009	05-01-2009	13-10-2009

Προβλεπόμενα Χρονικά Στερεότυπα στο *INSPIRE*

Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (GCM) προβλέπει μια σειρά «στερεότυπων» (stereotypes) προς υιοθέτηση και εφαρμογή στα χαρακτηριστικά των Εξειδικευμένων Μοντέλων (application schemata) ανά Θεματικό Επίπεδο της Οδηγίας INSPIRE. Στην περίπτωση των χρονικών πληροφοριών των χωρικών αντικειμένων, το GCM προβλέπει δύο (2) UML Στερεότυπα που σχετίζονται με χρονικά δεδομένα (temporal stereotypes):

- 🕒 **lifeCycleInfo**: (στερεότυπο το οποίο αφορά σε χαρακτηριστικά –attributes- και συσχετίσεις). Εάν σε ένα Application Schema μια ιδιότητα μπορεί να θεωρηθεί μέρος της ευρύτερης πληροφορίας του κύκλου ζωής ενός χωρικού αντικειμένου, τότε η ιδιότητα αυτή θα πρέπει να εφαρμόζει αυτό το Στερεότυπο.
- 🕒 **Version**: (στερεότυπο το οποίο αφορά σε συσχετίσεις ενός μοντέλου). Εάν σε ένα application schema μία συσχέτιση τερματίζει σε ένα χωρικό αντικείμενο, με το στερεότυπο αυτό καθορίζεται ότι η τιμή της ιδιότητας αφορά συγκεκριμένη έκδοση του αντικειμένου, και όχι το χωρικό αντικείμενο εν γένει.

Συνήθως τα χαρακτηριστικά *beginLifespanVersion* και *endLifespanVersion* εφαρμόζουν το στερεότυπο **lifeCycleInfo**.



Σχήμα 3.11 Απόδοση με UML δύο τύπων χωρικών αντικειμένων βάσει του GEM και του στερεοτύπου *lifeCycleInfo*. Το πρώτο αντικείμενο αποτελεί παράδειγμα ενός feature type, συγκεκριμένα το *AdministrativeUnit* από το Θεματικό επίπεδο των Διοικητικών Μονάδων, το οποίο περιλαμβάνει χαρακτηριστικά *beginLifespanVersion* κ.ο.κ. Το δεύτερο αντικείμενο είναι ο κωδικός *Identifier*, το οποίος ως προς κύκλο ζωής λαμβάνει μόνο επιπλέον *versionId*

Χρονική Αναζήτηση (Discovery) μέσω Μεταδεδομένων

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας INSPIRE, η πληροφορία για τη Χρονική διάσταση των χωρικών δεδομένων πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στις Εκτελεστικές Διατάξεις (κανόνες υλοποίησης) που θα διασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα των χωρικών δεδομένων. Επίσης, τα μεταδεδομένα των χωρικών σετ θα πρέπει να περιέχουν κάθε διαθέσιμη πληροφορία ώστε να διευκολύνεται η Αναζήτηση από τους χρήστες (Dekkers and Craglia, 2008).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, το κείμενο το οποίο καθορίζει τις Εκτελεστικές Διατάξεις για τα Μεταδεδομένα (European Commission, 2008), αναγνωρίζει πως σε όλα σχεδόν τα Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE υφίστανται απαιτήσεις για τήρηση χρονικής πληροφορίας, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει κριτήριο για Αναζήτηση και ανάκτηση δεδομένων. Επιπλέον, σε συγκεκριμένα Θεματικά Επίπεδα, ειδικά του Παραρτήματος III (όπως Ωκεανογραφία, Μετεωρολογία και Ατμοσφαιρικές συνθήκες), τα δεδομένα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τον Χρόνο και συχνά κωδικοποιούνται βάσει χρονικών στοιχείων. Ως εκ τούτου, ο καθορισμός των μεταδεδομένων απαραίτητων για Αναζήτηση (Discovery Metadata) δίχως την έκφραση και της χρονικής πληροφορίας δεν αποτελεί ολοκληρωτική λύση για τη διαχείριση των χωρικών δεδομένων του INSPIRE.

Στην Κανονιστική Διάταξη για τα Μεταδεδομένα καθορίζονται τέσσερα (4) βασικά στοιχεία χρονικής πληροφορίας σχετικής με ένα Πόρο (resource) του INSPIRE (spatial data set ή spatial service):

- Η χρονική περίοδος η οποία καλύπτεται από το περιεχόμενο του Πόρου (ονομάζεται και χρονική έκταση ή εύρος –temporal extent- του Πόρου)
- Η ημερομηνία δημοσίευσης του Πόρου
- Η ημερομηνία τελευταίας αναθεώρησης του Πόρου (εφόσον έχει αναθεωρηθεί)
- Η ημερομηνία δημιουργίας του Πόρου (εφόσον δεν έχει αναθεωρηθεί)

Το πρώτο από τα παραπάνω στοιχεία αφορά στο περιεχόμενο του Πόρου. Εάν, για παράδειγμα, πρόκειται για ένα data set που δημιουργήθηκε το 2005 με δημογραφικά στοιχεία μιας χώρας για το έτος 2001, τότε το Temporal Extent του dataset αυτού είναι «2001». Τα υπόλοιπα τρία στοιχεία αφορούν στον κύκλο ζωής του dataset, και θα ήταν 2005 (καθώς τότε δημιουργήθηκε, δημοσιεύτηκε και δεν αναθεωρήθηκε).

Η Αναζήτηση δεδομένων βάσει της Χρονικής πληροφορίας μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας δύο προσεγγίσεις:

- ❖ Αναζήτηση με κριτήριο μια συγκεκριμένη ημερομηνία ή χρονική περίοδο εντός του Κύκλου Ζωής του πόρου (χωρικού αντικειμένου). Παράδειγμα τέτοιας αναζήτησης είναι η διερεύνηση όλων των δεδομένων τα οποία παρήχθησαν μια συγκεκριμένη ημερομηνία ή έτος. Η έρευνα θα στηριζόταν στα προαναφερθέντα χρονικά στοιχεία 2-4 (ημερομηνία δημοσίευσης, δημιουργίας ή αναθεώρησης), δηλαδή σε χρονικά χαρακτηριστικά όπως το *validFrom*.
- ❖ Αναζήτηση με κριτήριο μια συγκεκριμένη ημερομηνία ή χρονική περίοδο εντός της χρονικής περιόδου στην οποία εκτείνεται το φαινόμενο που περιγράφεται στον πόρο. Παράδειγμα τέτοιας αναζήτησης είναι η ανάκτηση στατιστικών βροχοπτώσεων για ένα συγκεκριμένο τρίμηνο. Η έρευνα θα στηριζόταν στο 1ο χρονικό στοιχείο, δηλαδή στο *temporal extent* του φαινομένου.

Εκτός των ίδιων των σετ Χωρικών Δεδομένων, το INSPIRE προβλέπει και πληθώρα Δικτυακών Υπηρεσιών για την αξιοποίηση των σετ αυτών. Η Χρονική Πληροφορία, βάσει των 4 στοιχείων που

προβλέπει η Οδηγία, δύναται να χρησιμοποιηθεί και για επιπλέον αξιοποίηση των χωρικών δεδομένων, πέρα από την Αναζήτηση και ανάκτησή τους. Συγκριμένα, η χρονική πληροφορία είναι χρήσιμη για την αξιολόγηση και συνδυασμό των χωρικών δεδομένων. Δύο είδη Υπηρεσιών που θα μπορούσαν να εξυπηρετηθούν είναι:

Μια Υπηρεσία η οποία συνδυάζει και αναλύει πληροφορία από σετ δεδομένων τα οποία δημιουργήθηκαν, αναθεωρήθηκαν ή δημοσιεύτηκαν συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή περίοδο. Τέτοιου είδους Ανάλυση μπορεί να βοηθήσει στη συνολική κατανόηση επί του φαινομένου εκείνη την περίοδο. Η υπηρεσία αυτή θα στηρίζεται στα χρονικά στοιχεία 2-4 του INSPIRE (ημερομηνία δημοσίευσης, δημιουργίας ή αναθεώρησης).

Μια Υπηρεσία η οποία συνδυάζει και αναλύει πληροφορία για φαινόμενα από διαφορετικές πηγές (σετ χωρικών δεδομένων) που έλαβαν χώρα την ίδια χρονική περίοδο – για παράδειγμα, συνδυάζοντας μετεωρολογική πληροφορία με γεωλογικά συμβάντα για το ίδιο χρονικό διάστημα. Η υπηρεσία αυτή θα στηρίζεται στο 1ο χρονικό στοιχείο, δηλαδή στο temporal extent των φαινομένων, για να τα συνδυάσει.

Οι Υπηρεσίες αυτές προϋποθέτουν συγκεκριμένη προεργασία, όπως τον εναρμονισμό των χρονικών δεδομένων. Πάροχοι δεδομένων, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούν τυποποιημένες πρακτικές για την καταγραφή χρονικής πληροφορίας, θα πρέπει να τη μετασχηματίσουν βάσει κοινών προτύπων (όπως τα ISO 19108, 8601 κ.α.). Τα μεταδεδομένα των datasets θα πρέπει να τροποποιηθούν και να σχηματιστούν με την ίδια φιλοσοφία. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων και η διανομή των πόρων σε πολλαπλά συστήματα θα επιφέρει επιπλέον υπολογιστικό φόρτο σε κάθε Αναζήτηση ή άλλη Υπηρεσία, που πιθανά να καταστήσει το τελικό χρόνο επεξεργασίας εκτός αποδεκτών ορίων.

3.4. Θεματικές Περιοχές: Application Specific Schemas

3.4.1. Θεματικά Επίπεδα Χωρικής Πληροφορίας, σύμφωνα με το INSPIRE

Οι κανόνες υλοποίησής του INSPIRE θα προάγουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ χωρικών δεδομένων τα οποία προέρχονται από διαφορετικούς φορείς συλλογής, παραγωγής και χρήσης γεωγραφικής πληροφορίας. Ως αποτέλεσμα, στην Ευρωπαϊκή υποδομή θα συμπεριληφθούν χωρικές πληροφορίες τριάντα τεσσάρων (34) θεματικών ειδών. Η οδηγία ταξινομεί τις διαφορετικές θεματικές ενότητες των χωρικών πληροφοριών σε τρία (3) χωριστά Παραρτήματα. Το κάθε Παράρτημα, πέρα του ότι περιέχει σχετικά ομοειδείς θεματικές κατηγορίες δεδομένων, διακρίνεται και από διαφορετικές προθεσμίες για την εφαρμογή των απαιτήσεων του INSPIRE, καθώς και διαφορετικά επίπεδα αυστηρότητας για την εναρμόνιση.

<p>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Συστήματα συντεταγμένων 2. Συστήματα γεωγραφικού καννάβου 3. Τοπωνύμια 4. Διοικητικά όρια 5. Διευθύνσεις 6. Γεωτεμάχια κτηματολογίου 7. Δίκτυα οδικών, σιδηροδρομικών, αεροπορικών και υδάτινων μεταφορών και οι αντίστοιχες υποδομές. 8. Υδρογραφία 9. Προστατευόμενες τοποθεσίες 	<p>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Στατιστικές μονάδες 2. Κτίρια 3. Έδαφος 4. Χρήσεις γης 5. Ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια 6. Κυβερνητικές υπηρεσίες 7. Εγκαταστάσεις παρακολούθησης του περιβάλλοντος 8. Μεταποιητικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις 9. Εγκαταστάσεις γεωργικές και υδατοκαλλιιεργειών 10. Κατανομή πληθυσμού - δημογραφία 11. Διαχείριση εκτάσεων/περιορισμοί/ζώνες που υπόκεινται σε ρυθμίσεις 12. Ζώνες φυσικών κινδύνων 13. Ατμοσφαιρικές συνθήκες 14. Μετεωρολογικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά 15. Ωκεανογραφικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά 16. Θαλάσσιες περιοχές 17. Βιο-γεωγραφικές περιφέρειες 18. Ενδαιτήματα και βιότοποι 19. Κατανομή ειδών 20. Πηγές Ενέργειας 21. Πηγές Μεταλλευμάτων
<p>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Υψομετρία 2. Κάλυψη γης 3. Ορθοεικόνες 4. Γεωλογία 	

Τα θεματικά επίπεδα της Οδηγίας περιγράφονται και καθορίζονται σε λεπτομέρεια στο παραδοτέο D2.3 – «Ορισμοί και Αντικείμενο Θεματικών Οντοτήτων» (Illert, 2008a) που προετοίμασε η Ομάδα Εργασίας Data Specifications. Σκοπός του παραδοτέου ήταν η περιγραφή των θεματικών επιπέδων που προβλέπει το INSPIRE, στηριζόμενη σε υπάρχον υλικό αναφοράς, ιδιαιτέρως σε επιστημονικά κείμενα του INSPIRE. Το κείμενο σχηματίστηκε βάση της εμπειρίας των εμπειρογνομόνων που απαρτίζουν τη Data Specifications Drafting Team, με αποτέλεσμα το επίπεδο λεπτομέρειας να ποικίλλει ανά θεματική περιοχή.

Με τη σύνθεση των Θεματικών Ομάδων Εργασίας (Thematic Working Groups) και την εκκίνηση των εργασιών τους από το Φεβρουάριο του 2008, οι ορισμοί και το αντικείμενο των 34 θεματικών επιπέδων θεωρούνται πλέον δικαιοδοσία των TWGs (έως το 2009 για το Παράρτημα I, έως το 2012 για τα Παραρτήματα II/III). Κύρια ευθύνη των Θεματικών Ομάδων Εργασίας είναι να συμπληρώσουν, να επεκτείνουν και να βελτιώσουν τις περιγραφές της Θεματικής Κατηγορίας που τους αντιστοιχεί, ώστε μετά

το πέρας των εργασιών τους οι περιγραφές αυτές να είναι τμήμα του Feature Concept Dictionary του INSPIRE. Ένα από τα θέματα που θα κληθεί να αντιμετωπίσει η κάθε Θεματική Ομάδα Εργασίας είναι η διαλεύκανση και επίλυση των φαινομενικών επικαλύψεων (overlaps) που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ του δικού τους θεματικού επιπέδου και αρκετών άλλων, συζητώντας με τις άλλες υπεύθυνες Θεματικές Ομάδες, ώστε τελικά να είναι πλήρως ξεκαθαρισμένα και διαχωρισμένα τα περιεχόμενα της κάθε μίας.

Ακολουθούν οι Ορισμοί των Θεματικών Επιπέδων όπως δίνονται στο κείμενο της Οδηγίας, συνοδευόμενοι από σύντομη λεπτομερέστερη περιγραφή και επεξήγηση του D2.3.

3.4.2. Παράρτημα I

1. Συστήματα συντεταγμένων

Συστήματα για μονοσήμαντη αναφορά χωρικών πληροφοριών στον χώρο, ως σύνολο συντεταγμένων (x,y,z) ή/και γεωγραφικό πλάτος και μήκος και ύψος, με βάση γεωδαιτικό οριζόντιο και κατακόρυφο σύστημα αναφοράς (datum).

Η συγκεκριμένη θεματική ενότητα έχει σκοπό να καθιερώσει ένα σύνολο προτύπων για πληροφορίες που αφορούν αντικείμενα ή φαινόμενα που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τη γη. Τα πρότυπα αυτά μπορούν να καθορίσουν μεθόδους, εργαλεία και υπηρεσίες για τη διαχείριση των δεδομένων (συμπεριλαμβανομένου του ορισμού και της περιγραφής), την απόκτηση, την ανάλυση, την πρόσβαση, την παρουσίαση και την μεταφορά τέτοιων δεδομένων σε ψηφιακή ή ηλεκτρονική μορφή μεταξύ των διαφόρων χρηστών, συστημάτων και θέσεων.

2. Συστήματα γεωγραφικού καννάβου

Εναρμονισμένος κάρναβος πολλαπλής ανάλυσης με ενιαίο σημείο αφετηρίας και τυποποιημένη θέση και μέγεθος των φατνίων του καννάβου.

Ένας κάρναβος που παρουσιάζει κατηγορίες πληροφοριών είναι ένα σύστημα από κανονικά και προσανατολισμένα πολύγωνα με γεω-αναφορά και με συγκεκριμένο σχήμα και μέγεθος που τους αποδίδεται μια ιδιότητα. Οι γεωγραφικοί κάρναβοι αποτελούν ένα σύμφωνο, καθορισμένο και εναρμονισμένο δίκτυο καννάβου για όλη την Ευρώπη με συγκεκριμένη θέση και μέγεθος πολυγώνων του καννάβου. Παραδείγματα για το μέγεθος των πολυγώνων αυτών μπορεί να είναι 10×10m, 100x100 m, 1x1 km, 16x16 km (Workshop on European Reference Grids). Ο προτεινόμενος κάρναβος για όλη την Ευρώπη περιγράφεται στις σελίδες 39-46 του κειμένου EUR Report 21494 EN, 2005.

3. Τοπωνύμια

Τοπωνύμια εκτάσεων, περιοχών, τοποθεσιών, πόλεων, προαστίων, κωμοπόλεων ή οικισμών, ή οποιοδήποτε γεωγραφικό ή τοπογραφικό χαρακτηριστικό δημόσιου ή ιστορικού ενδιαφέροντος.

Πρόκειται για τοπωνύμια ή ονόματα θέσεων που περιγράφουν χαρακτηριστικά στην επιφάνεια της γης-μια τοποθεσία ή ένα τοπίο στην ξηρά ή και στην θάλασσα. Συχνά ο όρος τοπογραφική ονομασία χρησιμοποιείται για να δώσει έμφαση στην χωρική συσχέτιση με τις παρακείμενες τοπογραφικές οντότητες. Τα τοπωνύμια μπορούν να συσχετιστούν με διαφορετικά είδη χωρικών χαρακτηριστικών.

- Επιφανειακά χαρακτηριστικά (π.χ. γεωγραφικές περιοχές, λίμνες, δάση...)
- Γραμμικά χαρακτηριστικά (π.χ. ποτάμια, σιδηροδρομικές γραμμές, συννοριακές γραμμές...)
- Σημειακά χαρακτηριστικά (π.χ. τριγωνομετρικά σημεία, μνημεία, χωριά, κτίρια...)

4. Διοικητικές ενότητες

Διοικητικές ενότητες που χωρίζουν περιοχές επί των οποίων κράτη μέλη έχουν ή/και ασκούν δικαιοδοτικά δικαιώματα σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, χωρίζονται από διοικητικά όρια.

Οι επίσημες διοικητικές ενότητες θα οριστούν σύμφωνα με τα εσωτερικά διοικητικά επίπεδα του κάθε Κράτους Μέλους, και αναλόγως θα διαχωριστεί η περιοχή της κάθε χώρας σε ενότητες. Η ενότητες θα διαχωρίζονται από διοικητικά όρια. Σύμφωνα με το τελικό κείμενο της Οδηγίας, δεν περιλαμβάνονται στην θεματική κατηγορία αυτή περιοχές απογραφής πληθυσμού, ταχυδρομικοί τομείς και γενικά εκτάσεις που αφορούν σε έναν συγκεκριμένο διοικητικό τομέα μόνο.

5. Διευθύνσεις

Θέση ακινήτων με βάση τη διεύθυνση, συνήθως με όνομα οδού, αριθμό οικίας και ταχυδρομικό κώδικα.

Το όνομα του θεματικού πεδίου έχει αλλάξει: το προηγούμενο όνομα ήταν ταυτοποιητές περιουσιών.

Μια διεύθυνση είναι ένας κωδικός ή μια αφηρημένη έννοια που εκφράζει την αμετακίνητη θέση ενός σπιτιού, ενός εργασιακού χώρου ή ενός κτίσματος στην επιφάνεια της γης. Οι διευθύνσεις χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς όπως είναι η διανομή της αλληλογραφίας. Ο ορισμός των διευθύνσεων φαίνεται απλός- η πόλη, η οδός, ο αριθμός σπιτιού και συχνά ο ταχυδρομικός κωδικός. Όσο αφορά την ακίνητη περιουσία ένας αριθμός από διάφορα αντικείμενα μπορεί να αναγνωριστεί: Γεωτεμάχια, κτίσματα συμπεριλαμβανομένων και των διαμερισμάτων καθώς επίσης και υπηρεσίες κοινής ωφέλειας. Όσο αφορά τα κτίσματα τις περισσότερες φορές σχετίζονται με την διεύθυνση. Στις αγροτικές περιοχές υπάρχουν κτίσματα χωρίς σαφή ταχυδρομική διεύθυνση, κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στις αστικές περιοχές όσο αφορά τα κτίσματα κοινής ωφέλειας. Ο τρόπος καταγραφής των διευθύνσεων δεν είναι εναρμονισμένος στην Ευρώπη. Επιπλέον ορισμένα κινητά αντικείμενα που θα έπρεπε να έχουν διεύθυνση, όπως είναι τα τροχόσπιτα ή και τα πλωτά σπίτια, δεν έχουν.

6. Γεωτεμάχια κτηματολογίου

Εκτάσεις που ορίζονται από κτηματολογικά μητρώα ή αντίστοιχες.

Ως γεωτεμάχιο προσδιορίζεται ένα μεμονωμένο τμήμα γης ή γενικότερα ένας όγκος στο χώρο που υπόκειται σε ομογενείς κανονισμούς ακίνητης περιουσίας (κυριότητα, βάρη, υποθήκες) και κάποιο πρόσωπο μπορεί να έχει κυριότητα (σε ποσοστό έως 100%).

7. Δίκτυα μεταφορών

Δίκτυα οδικών, σιδηροδρομικών, αεροπορικών και υδάτινων μεταφορών και οι αντίστοιχες υποδομές. Περιλαμβάνονται οι συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων δικτύων. Περιλαμβάνεται επίσης το διευρωπαϊκό

δίκτυο μεταφορών, όπως ορίζεται στην απόφαση αριθ. 1692/96/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Ιουλίου 1996, περί των κοινοτικών προσανατολισμών για την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών και στις μελλοντικές αναθεωρήσεις της εν λόγω απόφασης.

Το θεματικό επίπεδο των μεταφορών θα πρέπει να περιέχει ένα ακέραιο δίκτυο μεταφορών και σχετικά χαρακτηριστικά του, το οποίο είναι ενιαίο πέρα από τα συννοριακά όρια. Τα μεταφορικά δεδομένα περιλαμβάνουν τοπογραφικά χαρακτηριστικά σε σχέση με οδικά, σιδηροδρομικά, εναέρια και υδάτινα δίκτυα. Είναι σημαντικό ότι οι συσχετισμοί μεταξύ διαφορετικών δικτύων είναι καθιερωμένοι ως κυρίως σε τοπικό επίπεδο ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις σε έξυπνα συστήματα μεταφορών. Το δίκτυο μεταφορών θα πρέπει επίσης να αντανakλά τις μεταφορικές ροές ώστε να διευκολύνει τις πλοηγικές υπηρεσίες. Η διαδρομή είναι μια αφηρημένη έννοια που περιγράφει τις χωρικές υπηρεσίες που προσφέρονται από ένα σύστημα μεταφορών. Οι γραμμές των λεωφορείων, οι ακτοπλοϊκές γραμμές, οι γραφικές οδικές διαδρομές αποτελούν παραδείγματα. Συνήθως τμήματα ή σύνδεσμοι των μεταφορικών συστημάτων έρχονται σε επαφή για να φτιάξουν μια διαδρομή, αλλά το καθένα από αυτά θα μπορούσε να υπάρξει σαν ένα ξεχωριστό δεδομένο. Θα πρέπει να διευκρινιστεί αν τέτοια δεδομένα θα περιέχονται στη θεματικό πεδίο ή όχι και πως οι υπηρεσίες του INSPIRE θα μπορούν να υποστηρίξουν αυτήν την πληροφορία.

8. Υδρογραφία

Υδρογραφικά στοιχεία, όπου περιλαμβάνονται οι θαλάσσιες περιοχές και όλα τα άλλα υδατικά συστήματα και σχετιζόμενα στοιχεία, μεταξύ των οποίων και οι λεκάνες και υπολεκάνες απορροής ποταμών. Κατά περίπτωση, σύμφωνα με τους ορισμούς της οδηγίας 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και υπό μορφή δικτύων.

Τα υδρογραφικά δεδομένα περιλαμβάνουν επίγεια υδάτινα χαρακτηριστικά όπως: λίμνες, έλη, χείμαρροι, ποτάμια, ωκεανοί και ακτογραμμή. Καθένα από αυτά τα στοιχεία έχουν ως χαρακτηριστικό το όνομα και κωδικό. Τα υδρογραφικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να συνιστούν ένα ενοποιημένο υδάτινο δίκτυο.

9. Προστατευόμενες τοποθεσίες

Εκτάσεις χαρακτηρισμένες ή υποκείμενες σε διαχείριση σε ένα πλαίσιο διεθνούς, κοινοτικού και εθνικού δικαίου για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων διατήρησης και προστασίας.

Πρόκειται για περιοχές με συγκεκριμένους σκοπούς προστασίας καθορισμένους από συγκεκριμένους διοικητικούς Φορείς. Πολλές από τις κατηγορίες προστασίας αναφέρονται στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος (π.χ. NATURA2000) αλλά μπορούν επίσης να αφορούν και άλλα αντικείμενα, όπως η πολιτιστική κληρονομιά.

3.4.3. Παράρτημα II

1. Υψομετρία

Ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα για χερσαίες εκτάσεις, εκτάσεις καλυπτόμενες από πάγους και ωκεανούς. Περιλαμβάνονται, εν προκειμένω, η χερσαία υψομετρία, η βαθυμετρία και οι ακτογραμμές.

Ως χερσαία υψομετρία θεωρούνται τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους, αλλά και απλοποιημένα δεδομένα όπως ισοϋψείς και υψομετρικά σημεία. Το υψόμετρο θα δίνεται βάσει του European Vertical Reference System 2000 (EVRS).

2. Κάλυψη γης

Φυσική και βιολογική κάλυψη της γήινης επιφάνειας, όπου συμπεριλαμβάνονται τεχνητές εκτάσεις, γεωργικές εκτάσεις, δάση, (ημι-)φυσικές εκτάσεις, υγρότοποι, υδατικά συστήματα.

Τα δεδομένα κάλυψης γης περιγράφουν τη φυσική ή βιολογική κατάσταση της γήινης επιφάνειας. Ως εκ τούτου διαφοροποιούνται από τα δεδομένα Χρήσης Γης (Θεματική Ενότητα 5, Παράρτημα III) που αναφέρονται στη χρήση της γήινης επιφάνειας. Η κάλυψη γης θα πρέπει να είναι ομοιογενής μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών της Ευρώπης, και η ταξινόμησή της θα πρέπει να ακολουθεί τα CORINE και LCCS.

3. Ορθοφωτογραφία

Γεωαναφερόμενα δεδομένα από εικόνες της επιφάνειας της γης, από δορυφόρους ή αερομεταφερόμενους αισθητήρες.

Πρόκειται για ορθομωσαϊκά με γεω-αναφορά και βελτιωμένη εικόνα.

4. Γεωλογία

Γεωλογικός χαρακτηρισμός με βάση τη σύσταση και τη δομή. Περιλαμβάνονται το μητρικό πέτρωμα, οι υδροφόροι ορίζοντες και η γεωμορφολογία.

Πρόκειται για πληροφορία που περιέχει βασική γνώση για τη φυσική και χημική σύνθεση και δημιουργία του υπεδάφους, συγκεκριμένων των πετρωμάτων και ιζημάτων και της δομής τους.

3.4.4. Παράρτημα III

1. Στατιστικές μονάδες

Μονάδες διάδοσης ή χρήσης στατιστικών πληροφοριών.

Ουσιαστικά πρόκειται για ένα τμήμα διοικητικών περιοχών.

2. Κτίρια

Γεωγραφική θέση κτιρίων.

Τα δεδομένα μπορούν να είναι είτε ένα σημείο που περιγράφει τη θέση ενός κτιρίου είτε το ίδιο το σχήμα του κτιρίου. Συσχετίζονται με πληροφορία όπως μέγεθος, ιδιοκτήτης, ύψος κλπ. Ως κτήριο θεωρείται κάθε καλυπτόμενη κατασκευή που χρησιμοποιείται για την προστασία ανθρώπων, ζώων, αντικειμένων, ή την παραγωγή οικονομικών αγαθών. Συνήθως αποτελούν τμήμα του κτηματολογίου. Η διεύθυνση των κτιρίων δίνεται σε άλλο θεματικό επίπεδο του INSPIRE.

3. Έδαφος

Χαρακτηρισμός εδάφους και υπεδάφους ανάλογα με το βάθος, την υφή, τη δομή και την περιεκτικότητα σε σωματίδια και οργανικά υλικά, το πετρώδες, τη διάβρωση και, κατά περίπτωση, τη μέση κλίση και την προβλεπόμενη χωρητικότητα αποθήκευσης νερού.

4. Χρήσεις γης

Χαρακτηρισμός περιοχών ανάλογα με τη σημερινή και τη μελλοντική σχεδιαζόμενη λειτουργία τους ή τον κοινωνικοοικονομικό σκοπό τους (π.χ. αμιγώς οικιστική, βιομηχανική, εμπορική, γεωργική, δασική, αναψυχής).

Ο καθορισμός χρήσεων γης αποτελεί ένα γενικό εργαλείο χωρικού σχεδιασμού σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Στην θεματική κατηγορία αυτή μπορεί να περιλαμβάνεται πληροφορία απογραφής των υφιστάμενων χρήσεων γης, αλλά και πληροφορία του πως προγραμματίζονται οι χρήσεις στο παρόν και στο μέλλον.

5. Ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια

Γεωγραφική κατανομή της κυριαρχίας παθολογιών (αλλεργίες, καρκίνοι, αναπνευστικές ασθένειες, κ.λπ.), πληροφορίες που καταδεικνύουν τις επιπτώσεις στην υγεία (βιοδείκτες, πτώση της γονιμότητας, επιδημίες) ή την ευεξία των ανθρώπων (κούραση, υπερένταση, κ.λπ.) που συνδέονται άμεσα (ατμοσφαιρική ρύπανση, χημικές ουσίες, καταστροφή της στιβάδας του όζοντος, θόρυβος, κ.λπ.) ή έμμεσα (τρόφιμα, γενετικώς τροποποιημένοι οργανισμοί, κ.λπ.) με την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Το θεματικό επίπεδο εστιάζει σε:

- δεδομένα που περιγράφουν τη γεωγραφική κατανομή παθολογιών, της εξασφάλισης της ευεξίας των ανθρώπων και τυχόν άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αφορούν σε υγεία και ασφάλεια και αντιστοιχούν σε γεωγραφικές θέσεις.

- δεδομένα για αίτια και επιβλαβή στοιχεία

- δεδομένα ποιότητας του ανθρώπινου περιβάλλοντος που έχουν επιπτώσεις στην υγεία

- θέματα ασφαλείας

- υπηρεσίες προστασίας της υγείας.

6. Επιχειρήσεις κοινής ωφελείας και κρατικές υπηρεσίες

Περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφελείας, όπως η αποχέτευση, η διαχείριση αποβλήτων, ο ενεργειακός εφοδιασμός και η υδροδότηση, οι διοικητικές και κοινωνικές κρατικές υπηρεσίες, όπως οι δημόσιες διοικήσεις, οι χώροι πολιτικής προστασίας, τα σχολεία και τα νοσοκομεία.

Το θεματικό επίπεδο αυτό είναι ιδιαίτερα ευρύ και περιλαμβάνει:

- υπηρεσίες δικτύου (δίκτυα καυσίμων, φυσικού αερίου, ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρισμού, τηλεφωνικές γραμμές, δίκτυα δεδομένων, ψηφιακής τηλεόρασης κλπ)
- υπηρεσίες ενταφιασμού και διαχείρισης αποβλήτων (χώροι υγειονομικής ταφής, κέντρα διαχείρισης και καθαρισμού αποβλήτων, θαλάσσια κέντρα απόρριψης αποβλήτων, παράνομες τοποθεσίες απόρριψης αποβλήτων, απόβλητα από εκσκαφές)
- υπηρεσίες προστασίας περιβάλλοντος (κτίρια διαχείρισης αποβλήτων, καθαρισμού βοθρολυμάτων)
- υπηρεσίες δημόσιας διοίκησης (αστυνομικά τμήματα, πυροσβεστικοί σταθμοί, νοσοκομεία, κέντρα υγείας, οίκοι ευγηρίας, σχολεία, παιδικοί σταθμοί, κτίρια κυβερνητικών φορέων, κτίρια υπηρεσιών τοπικής αυτοδιοίκησης)

7. Εγκαταστάσεις παρακολούθησης του περιβάλλοντος

Η τοποθεσία και η λειτουργία των εγκαταστάσεων παρακολούθησης του περιβάλλοντος περιλαμβάνει την παρατήρηση και τη μέτρηση των εκπομπών, της κατάστασης των στοιχείων του περιβάλλοντος και άλλων παραμέτρων του οικοσυστήματος (βιοποικιλότητα, οικολογική κατάσταση της βλάστησης, κ.λπ.) από τις δημόσιες αρχές ή για λογαριασμό τους.

Μπορούν να είναι μόνιμα σε μια θέση ή προσωρινά. Συνήθως αρκούν οι συντεταγμένες ενός σημείου για τον προσδιορισμό της θέσης τους.

8. Εγκαταστάσεις παραγωγής και βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Τοποθεσίες βιομηχανικής παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων που καλύπτονται από την οδηγία 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου, της 24ης Σεπτεμβρίου 1996, σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης, και εγκαταστάσεις υδροληψίας, εξόρυξης, χώροι αποθήκευσης.

Το κέντρα γεωργικής παραγωγής καλύπτονται από το επόμενο θεματικό επίπεδο, ενώ τα δίκτυα μεταφοράς ενέργειας και κέντρων προστασίας του περιβάλλοντος ανήκουν στη θεματική κατηγορία 6.

9. Γεωργικές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας

Γεωργικός εξοπλισμός και εγκαταστάσεις παραγωγής (συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων άρδευσης, των θερμοκηπίων και των στάβλων).

Ως γεωργικές θεωρούνται οι εγκαταστάσεις όπου αναπτύσσεται ετήσια ή ολοετής σοδειά και εκτρέφονται ζώα. Εν γένει δεν περιλαμβάνονται δασοκομικές παραγωγές. Ως υδατοκαλλιέργειες θεωρούνται οι ιχθυοκαλλιέργειες, οι καλλιέργειες μυδιών και φυκιών, και τα κέντρα κατεργασίας των. Δεν περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις όπου συλλέγονται ελεύθερα στο φυσικό τους περιβάλλον (αλιεία).

10. Κατανομή πληθυσμού - δημογραφία

Γεωγραφική κατανομή του πληθυσμού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών του πληθυσμού και των επιπέδων δραστηριοτήτων, ανά κάναβο, περιοχή, διοικητική ενότητα ή άλλη ενότητα ανάλυσης.

11. Ζώνες διαχείρισης/περιορισμού/ρύθμισης εκτάσεων και μονάδες αναφοράς

Εκτάσεις υπό διαχείριση, υπό ρύθμιση ή χρησιμοποιούμενες για αναφορά σε διεθνές, ευρωπαϊκό, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Περιλαμβάνονται χώροι απόρριψης, προστατευόμενες περιοχές γύρω από πηγές πόσιμου νερού, ζώνες ευάλωτες στη νιτρορρύπανση, κανονιστικά ρυθμιζόμενοι δίαυλοι θαλάσσιας ή εσωτερικής ναυσιπλοΐας, περιοχές για τη βύθιση αποβλήτων, ζώνες προστασίας από τον θόρυβο, περιοχές όπου επιτρέπεται η μεταλλευτική έρευνα και εξόρυξη, διοικητικές περιοχές ποτάμιων λεκανών, σχετικές μονάδες αναφοράς και περιοχές διαχείρισης παράκτιας ζώνης.

Το θεματικό επίπεδο περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ζωνών διαχείρισης, σε επίπεδο Ευρωπαϊκό, Εθνικό, υπερτοπικό και τοπικό. Από αυτές τις ζώνες εξαιρούνται οι Διοικητικές Ενότητες, οι οποίες περιέχονται σε προηγούμενο θεματικό επίπεδο.

12. Ζώνες φυσικών κινδύνων

Χαρακτηρισμός ευάλωτων περιοχών ανάλογα με τους φυσικούς κινδύνους (όλα τα ατμοσφαιρικά, υδρολογικά, σεισμικά, ηφαιστειακά φαινόμενα και τα φαινόμενα καταστροφικών πυρκαγιών που, λόγω της θέσης, της σφοδρότητας και της συχνότητάς τους, είναι δυνατό να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην κοινωνία), π.χ. πλημμύρες, κατολισθήσεις και καθιζήσεις, χιονοστιβάδες, δασικές πυρκαγιές, σεισμοί, εκρήξεις ηφαιστειών.

Ως κίνδυνος ορίζεται κάθε ξαφνικό γεωλογικό ή ορεογραφικό φαινόμενο το οποίο θα προκαλέσει ζημιές σε ανθρώπους, οικονομία, παραγωγή και το περιβάλλον. Οι φυσικοί κίνδυνοι μπορεί να προκληθούν εξαιτίας έντονης κλιματικής επίδρασης, έντονης κλίσης, γεωλογικής ενεργητικότητας κ.α. Οι τεχνολογικοί κίνδυνοι οφείλονται σε ξαφνικές αστοχίες κατασκευών ή υπηρεσιών. Οι φυσικοί κίνδυνοι συνήθως προκαλούν και τεχνολογικούς κινδύνους. Περιπτώσεις συνεχών εκπομπών ή ρύπανσης δεν θεωρούνται κίνδυνοι (δεν είναι ξαφνικό φαινόμενο). Ωστόσο συνεχείς εκπομπές μπορούν να θεωρηθούν κίνδυνοι εάν έτσι ξεκίνησαν. Για τους φυσικούς κινδύνους απαιτείται πληροφορία σχετική με την εμφάνισή τους: θέση, συχνότητα, περιοχή κάλυψης κλπ.

13. Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Φυσικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας. Περιλαμβάνονται χωρικά δεδομένα βασιζόμενα σε μετρήσεις, σε μοντέλα ή σε συνδυασμό τους, καθώς και οι τοποθεσίες μετρήσεων.

Τα δεδομένα μπορεί να έχουν μορφή ισარიθμικών καμπυλών, ψηφιακά μοντέλα τιμών (TIN – GRID) ή άλλες χωρικές δομές. Βάσει του κύκλου που ακολουθείται συνήθως από εθνικές μετεωρολογικές υπηρεσίες (EMY), στη θεματική κατηγορία περιλαμβάνονται τρία είδη δεδομένων:

- παρατηρήσεις και μετρήσεις τιμών (στο έδαφος, εναέριες ή θαλάσσιες)
- συνοπτική ανάλυση: ψηφιακό μοντέλο τιμών (άνεμος, θερμοκρασία, υγρασία κ.α.)
- πρόβλεψη: παρόμοιες δομές με τη συνοπτική ανάλυση, με προβλεπόμενες τιμές.

14. Μετεωρολογικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Καιρικές συνθήκες και οι μετρήσεις τους: ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, θερμοκρασία, εξατμισοδιαπνοή, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου.

Στη θεματική κατηγορία αυτή θα περιλαμβάνονται υψηλής συχνότητας και λεπτομέρειας μετρήσεις για τον καιρό σε τοπικό επίπεδο (μέση στάθμη θαλάσσης, επιφανειακοί άνεμοι, επιφανειακή θερμοκρασία, θερμοκρασία δρόσου, καθίζηση, χιόνι, καιρικά μέτωπα, κάλυψη νεφών).

15. Ωκεανογραφικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Φυσικές ιδιότητες των ωκεανών (ρεύματα, αλατότητα, ύψος κυμάτων, κλπ).

Οι μετρήσεις των φυσικών ιδιοτήτων μπορεί να έχουν δομή καμπύλων, σημείων ή 2.5D ψηφιακών μοντέλων. Τα δεδομένα από παρατηρήσεις δύνανται να περιλαμβάνουν:

- τηλεπισκοπικές μετρήσεις της θαλάσσιας επιφάνειας
- μετρήσεις από σηματοδούρες
- βαθυμετρικές παρατηρήσεις θερμοκρασίας από πλοία
- μετρήσεις θερμοκρασίας και αλατότητας από αργώ που επιπλέει.

16. Θαλάσσιες περιοχές

Φυσικές ιδιότητες των θαλασσών και των αλατούχων υδατικών συστημάτων, με υποδιαίρεση ανά περιοχές και υποπεριοχές με κοινά χαρακτηριστικά.

Ενώ το θεματικό επίπεδο 15 «Ωκεανογραφικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά» εστιάζει στις φυσικές ιδιότητες και τη γενική κίνηση των ωκεάνιων ρευμάτων, το παρόν θεματικό επίπεδο εστιάζει στις παράκτιες θαλάσσιες ζώνες, που συνήθως χαρακτηρίζονται ως «ενδιάμεσα ύδατα» (επιφανειακά ύδατα στις εκβολές ποταμών που είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε αλάτι) και ως «παράκτια ύδατα» (επιφανειακά ύδατα εντός ενός ναυτικού μιλίου από την υφαλοκρηπίδα, εκτός από περιπτώσεις όπου ξεκινούν τα «ενδιάμεσα ύδατα»).

17. Βιογεωγραφικές περιοχές

Περιοχές σχετικώς ομοιογενών οικολογικών συνθηκών με κοινά χαρακτηριστικά.

Τα κοινά χαρακτηριστικά μιας τέτοιας περιοχής συνήθως αφορούν σε κλιματική, τοπογραφική και γεω-βοτανική πληροφορία. Σε αυτό το θεματικό επίπεδο περιλαμβάνονται και δεδομένα χαρτών βλάστησης.

18. Ενδιαίτηματα και βιότοποι

Γεωγραφικές περιοχές που χαρακτηρίζονται από ειδικές οικολογικές συνθήκες, διαδικασίες, δομή και λειτουργίες (υποστήριξης της ζωής) οι οποίες στηρίζουν φυσικά τους οργανισμούς που ενδιαίτουν. Περιλαμβάνονται χερσαίες και υδάτινες εκτάσεις, διακρινόμενες ανάλογα με τα γεωγραφικά, αβιοτικά και βιοτικά χαρακτηριστικά τους, ανεξαρτήτως εάν είναι πλήρως φυσικές ή ημιφυσικές.

Τα ενδιαιτήματα και οι βιότοποι περιλαμβάνουν μόνο περιοχές που περικλείονται από φυσικά όρια και ταξινομούνται βάση της οικολογικής και φυσικής κατάστασής τους. Τα ενδιαιτήματα και βιότοποι που έχουν καθοριστεί ως προστατευόμενες περιοχές δεν περιλαμβάνονται σε αυτό το θεματικό επίπεδο αλλά στο θεματικό επίπεδο 9 του παραρτήματος Ι «Προστατευόμενες Τοποθεσίες», καθώς αντιπροσωπεύουν περιοχές που υπόκεινται σε διοικητικούς περιορισμούς και όχι περιοχές με οικολογικά καθορισμένα όρια.

19. Κατανομή ειδών

Γεωγραφική κατανομή ειδών πανίδας και χλωρίδας, ανά κάνναβο, περιοχή, διοικητική ενότητα ή άλλη ενότητα ανάλυσης.

Τα δεδομένα του θεματικού επιπέδου αφορούν περισσότερο γενικευμένες διανομές ειδών σε διαφορετικές αναλύσεις και επίπεδα λεπτομέρειας παρά μεμονωμένες παρατηρήσεις. Πέρα από τα είδη, η θεματική κατηγορία περιλαμβάνει και οικογένειες ειδών.

20. Ενεργειακοί πόροι

Ενεργειακοί πόροι, μεταξύ άλλων υδρογονάνθρακες, υδροηλεκτρική ενέργεια, βιοενέργεια, ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, κλπ, συμπεριλαμβανομένων, κατά περίπτωση, πληροφοριών περί του βάθους και του ύψους όσον αφορά την έκταση του εκάστοτε πόρου.

Ως ενεργειακός πόρος δεν θα πρέπει να χαρακτηρίζεται μόνο ο εν χρήση πόρος, αλλά και ο μη χρησιμοποιούμενος ενεργειακός πόρος.

21. Ορυκτοί πόροι

Ορυκτοί πόροι, μεταξύ άλλων και μεταλλεύματα, βιομηχανικά μεταλλεύματα, κ.λπ., συμπεριλαμβανομένων, κατά περίπτωση, πληροφοριών περί του βάθους και του ύψους όσον αφορά την έκταση του εκάστοτε πόρου.

Ομοίως πρέπει να περιληφθούν και μη χρησιμοποιούμενοι πόροι. Ως δεδομένα για ορυκτούς πόρους μπορούν να θεωρηθούν:

- Τοποθεσίες συγκέντρωσης μεταλλευμάτων
- Τοποθεσίες συγκέντρωσης βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων (εκτός όσων χρησιμοποιούνται ως καύσιμα, άρα πηγές ενέργειας, ή βαρέων μετάλλων)
- Τοποθεσίες συγκέντρωσης άμμου, αμμοχάλικου και άλλων αποθεματικών υλικών.

3.4.5. Ανάγκες και Πρακτικές Χρονικού Σχεδιασμού ανά Πεδίο Εφαρμογών

Οι Θεματικές Περιοχές οι οποίες ορίζονται στα 3 Παραρτήματα της Οδηγίας INSPIRE ουσιαστικά καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών αξιοποίησης της χωρικής πληροφορίας της Υποδομής. Πριν εμβαθύνουμε σε συγκεκριμένες απαιτήσεις και επιλογές σε επίπεδο μοντέλου στην κάθε Εφαρμογή, προηγείται μια αποτίμηση και αξιολόγηση των αναγκών ανά ομάδα συναφών Θεματικών Περιοχών, στηριζόμενη σε αντίστοιχη έρευνα μέσω ερωτηματολογίων του Joint Research Center της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Dekkers & Craglia, 2008).

Οι Θεματικές Περιοχές της Οδηγίας δύνανται να ομαδοποιηθούν σε «οικογένειες» εφαρμογών, όσον αφορά στη διαχείριση και αξιοποίηση των χωρικών δεδομένων, και ειδικά στις ακολουθούμενες πρακτικές και απαιτήσεις σε σχέση με τη χρονική πληροφορία. Με το κριτήριο αυτό, ομαδοποιούνται τα γκρουπ φορέων που σχετίζονται με την Περιβαλλοντική πληροφορία (κυρίως Παράρτημα ΙΙΙ), χρηστών που ασχολούνται με τη διαχείριση Γεωγραφικής πληροφορίας (κυρίως Παράρτημα Ι), και οι ειδικές ομάδες χρηστών των τομέων της Γεωλογίας και της Μετεωρολογίας. Ειδική περίπτωση «ομάδας» Εφαρμογών είναι οι Ερευνητικές εργασίες που μπορούν να αφορούν σε όλα τα Θεματικά Επίπεδα.

Όπως αναφέρθηκε, σύμφωνα με τις διατάξεις και τις τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE, θεωρούνται σημαντικά τέσσερα στοιχεία χρονικής πληροφορίας για κάθε πόρο της Υποδομής (πχ ένα γεωγραφικό dataset):

- 🕒 η χρονική περίοδος η οποία καλύπτεται από το περιεχόμενο του Πόρου, και
- 🕒 οι ημερομηνίες δημιουργίας, δημοσίευσης και τυχόν αναθεώρησης του Πόρου.

Η τήρηση των τριών τελευταίων ειδών χρονικής πληροφορίας, τα οποία σχετίζονται με τον **Κύκλο Ζωής (Valid Time)** και με το λεγόμενο **Transaction Time**, αποτελεί ενιαία ανάγκη και απαίτηση για τα Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE, ανεξαρτήτως της πρότερης ομαδοποίησης. Η εν λόγω απαίτηση επιβεβαιώνεται και από τις συνήθεις πρακτικές των Φορέων που διαχειρίζονται αντίστοιχη πληροφορία. Η ανάγκη αυτή καλύπτεται από το Generic Conceptual Model με την πρόβλεψη των εκδόσεων και τα χαρακτηριστικά *beginLifespanVersion* και *endLifespanVersion*. Επιπλέον, με τη χρήση των χαρακτηριστικών *validFrom* και *validTo* μπορούν να αντιμετωπιστούν ανάγκες διασφάλισης της εγκυρότητας της καταγραφόμενης χρονικής πληροφορίας.

Οι απαιτήσεις των χρηστών ανά Θεματική Περιοχή διαφοροποιούνται σημαντικά σε σχέση με το πρώτο βασικό στοιχείο χρονικής πληροφορίας που προβλέπεται στο INSPIRE: τη χρονική «έκταση» των φαινομένων, ήτοι τη χρονική περίοδο στην οποία αφορά το περιεχόμενο των χωρικών αντικειμένων. Έκαστη ομάδα Θεματικών Περιοχών παρουσιάζει διαφοροποιημένες ανάγκες και απαιτήσεις.

- **Εφαρμογές Γεωγραφικών Δεδομένων:** η συγκεκριμένη ομάδα καλύπτει μεγάλο εύρος εφαρμογών, οι οποίες ωστόσο χαρακτηρίζονται από παρόμοιες ανάγκες και απαιτήσεις στην ανάλυση χρονικών δεδομένων. Για τα γεωγραφικά δεδομένα η βασική χρονική πληροφορία που απαιτείται να συνοδεύει τα χωρικά δεδομένα είναι η καταγραφή της χρονικής στιγμής ή περιόδου κατά την οποία «υπήρξε» το συγκεκριμένο γεωγραφικό φαινόμενο. Η πληροφορία αυτή καταγράφεται αναφορικά προς μία χρονική κλίμακα. Για τις περισσότερες εφαρμογές, τα δεδομένα αφορούν στους τελευταίους αιώνες και η χρονική ανάλυση (granularity) είναι της τάξεως 1 ημέρας. Όσο πιο πρόσφατα τα χωρικά δεδομένα, τόσο πιο πλήρης και ακριβείς οι χρονικές πληροφορίες τους. Η εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούν χρονικά διαστήματα, με συχνή εμφάνιση των «ανοικτών» διαστημάτων (πχ 1990 – σήμερα). Η καταγραφή των χρονικών στοιχείων συνήθως εφαρμόζει το πρότυπο ISO 8601 ή παρόμοια.
- **Εφαρμογές Γεωλογίας:** τα δεδομένα τα οποία σχετίζονται με τη Γεωλογία καλύπτουν μεγάλο εύρος από διαφορετικά είδη χρονικών περιόδων. Από τη μία άκρη, υπάρχει η ανάγκη για χρονικό προσδιορισμό σε Γεωλογικές εποχές, άρα για εκατομμύρια χρόνια στο παρελθόν. Στην άλλη άκρη, η καταγραφή σύγχρονων φαινομένων όπως οι σεισμοί, απαιτεί χρονική κλίμακα της τάξης του χιλιοστού δευτερολέπτων. Επιπλέον, η χρονική πληροφορία για πολλά γεωλογικά φαινόμενα μπορεί να είναι άγνωστη ή ανακριβής – καθώς η χρονολόγηση γεωλογικών συμβάντων εμπεριέχει ένα ποσοστό σφάλματος. Τα γεωλογικά δεδομένα συνήθως συντάσσονται σε γλώσσα Geography Markup Language (GML) η οποία εφαρμόζει το πρότυπο ISO 8601 για τις χρονικές στιγμές και

περιόδους, και το ISO/IEC 11404 για επαναλαμβανόμενα φαινόμενα. Για την περίπτωση των Γεωλογικών εποχών χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι όροι, όπως έχουν καταγραφεί στο Geological Time Scale 2004.

- **Εφαρμογές Μετεωρολογίας:** τα δεδομένα για μετεωρολογικά φαινόμενα καλύπτουν χρονικά ιστορική πληροφορία σε βάθος ενός ή δύο αιώνων, καθημερινές μετεωρολογικές συνθήκες, και πρόγνωση για μερικές ημέρες στο μέλλον. Ιδιαίτερως σημαντικό είναι να διατηρούνται οι συσχετίσεις μεταξύ προηγούμενων φαινομένων, παρατηρήσεων και προγνώσεων. Η χρονική ανάλυση (granularity) των δεδομένων κυμαίνεται από «λεπτά» έως ημέρες και μήνες. Ωστόσο, η χρονική πληροφορία συνήθως είναι γνωστή και ακριβής. Μπορεί να καταγραφεί χρησιμοποιώντας το πρότυπο ISO 8601.
- **Περιβαλλοντικές Εφαρμογές:** Στην πλειοψηφία τους οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούν δεδομένα από τις προηγούμενες τρεις Ομάδες, και ως εκ τούτου παρουσιάζουν απαιτήσεις τόσο για ιστορικά και τρέχοντα δεδομένα, όσο και για δεδομένα που προέρχονται από προσομοιώσεις και αφορούν στρατηγικό σχεδιασμό σε βάθος δεκαετιών. Η συχνότερη χρονική ανάλυση ανέρχεται στην 1 ώρα, και πολλά χρονικά διαστήματα είναι «ανοικτά». Η δομή των χρονικών δεδομένων μπορεί να ακολουθεί το πρότυπο ISO 8601.
- **Έρευνα:** στον τομέα της έρευνας, όπου συνδυάζονται δεδομένα από όλες τις Θεματικές Περιοχές, ανακύπτει ως πρόβλημα η εναρμόνιση και ανάλυση διαφορετικών μεθόδων έκφρασης της χρονικής πληροφορίας, διαφορετικές χρονικές αναλύσεις, και εξακρίβωσης των συσχετίσεων μεταξύ χρονικά επικαλυπτόμενων περιόδων. Χρήσιμη σε αυτή την περίπτωση είναι η τυποποίηση μέσω της TimeML γλώσσας, η οποία επιτρέπει την έκφραση χρόνου και ημερομηνιών σε σχέση με γεγονότα που διατυπώνονται σε κείμενα XML. Η δομή των χρονικών δεδομένων μπορεί να ακολουθεί το πρότυπο ISO 8601, με την εξαίρεση των «Προ Χριστού» ημερομηνιών. Στην περίπτωση αυτή, ενώ το ISO 8601 προτείνει το αρνητικό πρόσημο, η TimeML χρησιμοποιεί το «BC». Ωστόσο, σπάνια θα συγκεντρωθούν δεδομένα στο INSPIRE με τέτοιου είδους ημερομηνίες.

Ειδικές Απαιτήσεις 1: Χρονική Ανάλυση (Granularity) και Ακρίβεια

Ο δημιουργός κάθε data set συλλέγει τη χρονική πληροφορία στην επιθυμητή χρονική ανάλυση και ακρίβεια, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που συλλέγει τα χωρικά δεδομένα. Ωστόσο, τίθεται θέμα εναρμονισμού και στο επίπεδο χρονικής ανάλυσης όταν συνδυάζονται δεδομένα από διαφορετικές πηγές ή/και εφαρμογές – θέματα αντίστοιχα με τον εναρμονισμό χωρικής κλίμακας και βαθμού λεπτομέρειας (ακρίβειας) των χωρικών δεδομένων.

Καθώς οι Δικτυακές Υπηρεσίες του INSPIRE προβλέπουν την Σύνθεση (Aggregation) διαφορετικών σετ δεδομένων, θα πρέπει να προβλεφθεί και η απαίτηση του χρήστη τα αθροιστικά σετ να ανταποκρίνονται επαρκώς στις ανάγκες ενιαίας Χώρο-χρονικής Ανάλυσης.

Όπως καταλήγει και η σχετική μελέτη του JRC (Dekkers & Craglia, 2008), συνήθως οι διαφορετικές χρονικές αναλύσεις ανά Θεματικό Επίπεδο επικαλύπτονται και δεν αναιρούν η μία την άλλη (πχ η χρονική ανάλυση κάλυψης γης δεν αντικρούει τη χρονική ανάλυση γεωλογικών δεδομένων για την ίδια γεωγραφική περιοχή). Ωστόσο, ακριβώς αυτό το χαρακτηριστικό οδηγεί στο συμπέρασμα πως είναι επιθυμητό να διατηρείται και η «λεπτομερέστερη» των χρονικών αναλύσεων κατά τη σύνθεση ή/και ανταλλαγή χώρο-χρονικών δεδομένων μέσω INSPIRE.

Ειδικές Απαιτήσεις 2: Ποιότητα χρονικών δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων καθορίζει το πόσο αξιόπιστα και –εν τέλει– αξιοποιήσιμα είναι. Η διαχείριση της ποιότητας σε μία Ευρωπαϊκή Χωρική Υποδομή, όπου τα σετ δεδομένων προέρχονται από διαφορετικές πηγές, και μάλιστα από άλλα Κράτη, αποτελεί πρόκληση για τον σχεδιασμό.

Η ποιότητα εισέρχεται και στο ζήτημα της συλλογής και καταγραφής χρονικής πληροφορίας. Οι βασικές αρχές διατήρησης της ποιότητας και αξιοπιστίας των δεδομένων καθορίζονται από τις τεχνικές προδιαγραφές ανά Θεματικό Επίπεδο και περιοχή εφαρμογών (Κανονιστικές Διατάξεις INSPIRE). Οι τεχνικές προδιαγραφές θα εφαρμόσουν βασικές αρχές ποιότητας ανά Θεματική Περιοχή διασφαλίζοντας ότι τα χώρο-χρονικά data sets θα εμπεριέχουν χρονικά δεδομένα από ένα Minimum επίπεδο λεπτομέρειας (granularity) και άνω, και προδιαγράφοντας την καταγραφή ημερομηνιών και ωρών βάσει κοινού προτύπου (ISO 8601).

Ωστόσο, παραμένουν θέματα ερμηνείας και σημασιολογίας ανά Θεματική Περιοχή, τα οποία οι Τεχνικές Προδιαγραφές δεν αντιμετωπίζουν. Για παράδειγμα, για data sets ίδιας χρονολογίας, η μία πηγή μπορεί να καταγράφει έτος «2008», ενώ μία άλλη να καταγράφει περίοδο «2008-01-01 έως 2008-12-31». Τέτοιους είδους ζητήματα θα αντιμετωπισθούν στο επίπεδο των Υπηρεσιών του INSPIRE.

3.4.6. Ειδικά Χρονικά Χαρακτηριστικά σε Εξειδικευμένα Μοντέλα

Εκτός του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου, στα πλαίσια της Οδηγίας INSPIRE υφίστανται και Εξειδικευμένα Μοντέλα, τα οποία αφορούν σε συγκεκριμένες Θεματικές Περιοχές – όπως αυτές ορίζονται στα 3 Παραρτήματα του INSPIRE. Εν προκειμένω, σε τελική μορφή διατίθενται υπό μορφή Τεχνικών Προδιαγραφών τα Εξειδικευμένα Μοντέλα για τις Θεματικές Περιοχές του Παραρτήματος Α' (Annex I) και υπό μορφή Προσχεδίου (draft) τα Application Schemas για τα Annexes II & III.

Τα Εξειδικευμένα μοντέλα στηρίζονται και υιοθετούν το Γενικευμένο μοντέλο (GEM/GCM), όπου καθορίζονται τα κοινά για όλες τις οντότητες Χρονικά χαρακτηριστικά της Δημιουργίας, Μεταβολής και Παύσης. Ωστόσο, αναλόγως του πεδίου εφαρμογής, μπορεί να υπάρχουν οντότητες οι οποίες απαιτούν επιπλέον Χρονικά Χαρακτηριστικά. Στις τεχνικές προδιαγραφές των Μοντέλων για το Παράρτημα Α' συναντά κανείς τέτοια παραδείγματα εξειδικευμένων χρονικών χαρακτηριστικών ανά πεδίο εφαρμογής:

- 🕒 Στο Θεματικό Επίπεδο *Addresses (Ταχυδρομικές Διευθύνσεις)*, για την οντότητα Address (διεύθυνση) καθορίζεται ένας εξειδικευμένος κύκλος ζωής μέσω του πεδίου *Status* (καθεστώς). Οι τιμές που δύναται να λάβει το πεδίο Status είναι: *proposed* (προτεινόμενη διεύθυνση), *reserved* (δεσμευμένη διεύθυνση), *current* (τρέχουσα διεύθυνση), *retired* (αποσυρθείσα διεύθυνση) και *alternative* (εναλλακτική διεύθυνση).
- 🕒 Στις προδιαγραφές για το Θεματικό Επίπεδο *Geographical Names (Γεωγραφικές Ονομασίες)*, παλαιότερα (ιστορικά) ονόματα τοποθεσιών μπορούν να καταγραφούν δίνοντας την τιμή *historical* στο Χαρακτηριστικό *nameStatus*, ώστε να περιγραφούν περιπτώσεις όπου η Ονομασία αυτή δεν χρησιμοποιείται πλέον.
- 🕒 Στο Θεματικό Επίπεδο *Transport Network (Δίκτυα Μεταφορών)* προβλέπεται Χαρακτηριστικό με ονομασία *currentStatus*, το οποίο λαμβάνει τις τιμές από το εύρος τιμών του *ConditionOfFacilityValue* (που περιγράφεται στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο – βλ. παραπάνω). Επίσης, στο συγκεκριμένο ειδικευμένο μοντέλο προβλέπεται ο περιορισμός πρόσβασης «*seasonal*» (εποχιακή χρήση).

- ⌚ Στις τεχνικές προδιαγραφές για το Θεματικό Επίπεδο *Hydrography* (Υδρογραφία), η οντότητα *SurfaceWater* (επιφανειακά ύδατα) έχουν το Χαρακτηριστικό *persistence* (διατήρηση), το οποίο μπορεί να λάβει μία από τις τιμές: *perennial* (πολυετής), *intermittent* (διαλείπουσα) και *ephemeral* (εφήμερη).

3.4.7. Απαιτήσεις Χρονικού Σχεδιασμού Θεματικών Επιπέδων

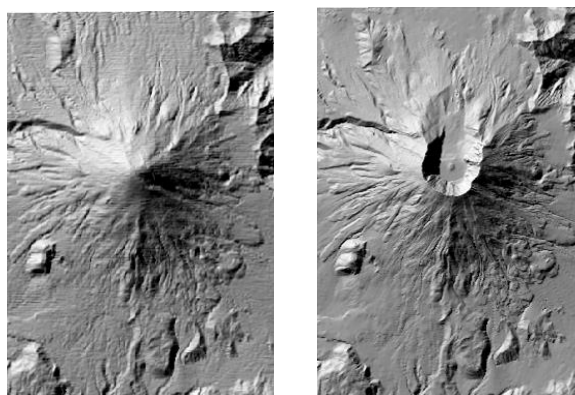
Όπως και τα Θεματικά Επίπεδα του Παραρτήματος I του INSPIRE, έτσι και αυτά των II και III εμφανίζουν συγκεκριμένες ανάγκες ανά πεδίο εφαρμογής για λύσεις σε επίπεδο Μοντέλου. Παρακάτω παρουσιάζονται, υπό μορφή παραδειγμάτων, μερικές περιπτώσεις τέτοιων απαιτήσεων Εφαρμογών στα Θεματικά Επίπεδα αυτά.

Εφαρμογή 1: Θεματικό Επίπεδο Ανάγλυφο Εδάφους (Elevation)

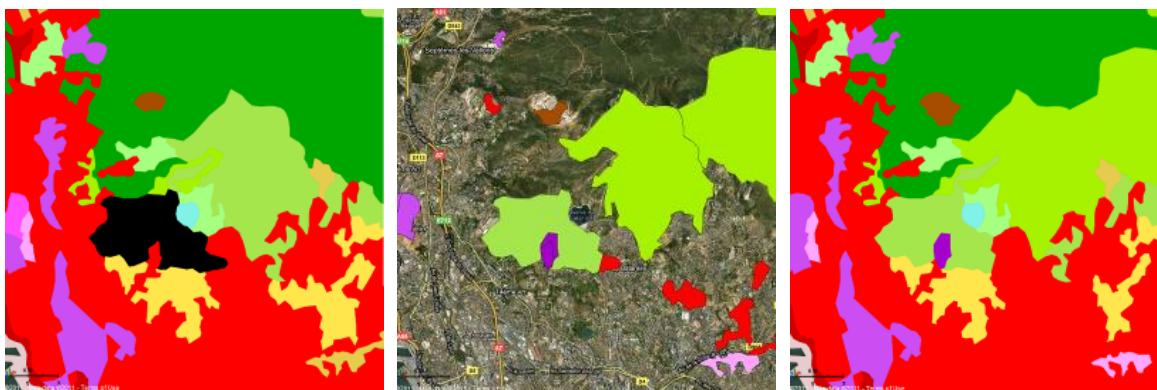
Το Ανάγλυφο Εδάφους δεν αποτελεί συνήθη περίπτωση εφαρμογής της οποίας τα δεδομένα μεταβάλλονται πολύ με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, μπορούν να υπάρξουν μεταβολές στα ψηφιακά μοντέλα εδάφους, και μάλιστα σε σύντομο χρονικό διάστημα – όπως η έκρηξη ενός ηφαιστείου και η μεταβολή όλο του γύρω ανάγλυφου (Σχήμα 3.12.1). Τέτοιου είδους δεδομένα θα είναι απαραίτητα σε σχετικές περιβαλλοντικές μελέτες.

Εφαρμογή 2: Θεματικό Επίπεδο Κάλυψη Εδάφους (Land Cover)

Η περίπτωση της Κάλυψης Εδάφους αποτελεί εφαρμογή όπου τα δεδομένα μεταβάλλονται διαρκώς με την πάροδο του χρόνου, και μάλιστα καταγράφονται ανά τακτά διαστήματα. Συγκεκριμένα, βάσει του προγράμματος Corine Land Cover, οι καλύψεις γης απεικονίζονται ως μωσαϊκό διακριτών πολυγώνων, τα οποία συλλέγονται ως δεδομένα ανά τακτά χρονικά διαστήματα (πχ 1990, 2000, 2005 κ.ο.κ.). Μεταξύ των συλλεχθέντων δεδομένων ανά χρονική στιγμή παράγονται πολύγωνα-«μπαλώματα», τα οποία απεικονίζουν την τυχούσα μεταβολή (change) μεταξύ των δύο ημερομηνιών λήψης, πχ 1990-2000. Τα πολύγωνα μεταβολών, όπου υφίστανται, λαμβάνουν δύο κωδικούς Corine: έναν για την πρότερη κάλυψη γης (1990) και έναν για την νεώτερη (2000 – Σχήμα 3.12.2).



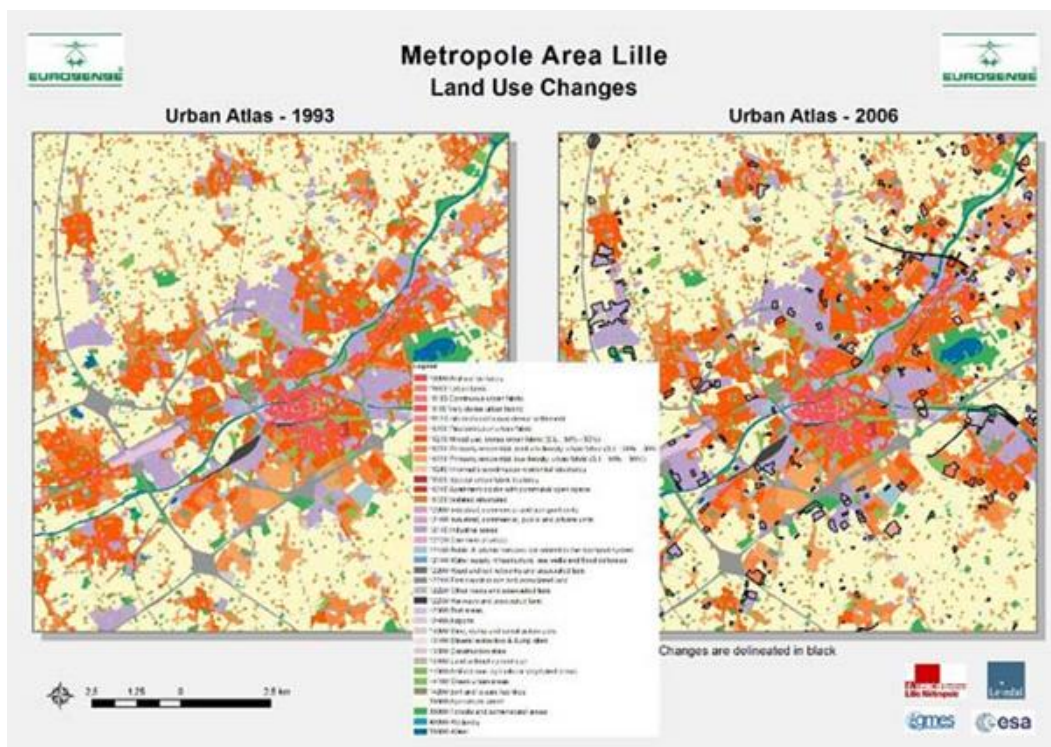
Σχήμα 3.12.1 Μεταβολή Ανάγλυφου μετά την έκρηξη του Ηφαιστείου Mount Saint-Helens το 1981



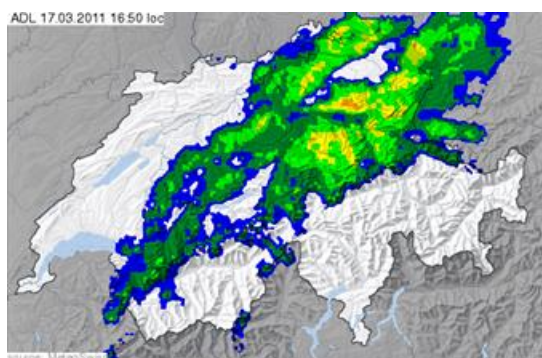
Σχήμα 3.12.2 Κάλυψη Γης Corine το 1990, 2000 και ενδιάμεσα

Εφαρμογή 3: Θεματικό Επίπεδο Χρήση Γης (Land Use)

Στην καταγραφή της εξέλιξης των χρήσεων γης μεταξύ δύο ημερομηνιών, οι μεταβολές μεταξύ των δύο data sets σημειώνονται ως γεωμετρικές (απεικονίζονται με σκούρο μωβ στο Σχήμα 3.12.3), σε σχέση με τα μωσαϊκά πολυγώνων των χρήσεων ανά data set.



Σχήμα 3.12.3 Εξέλιξη χρήσεων γης



Σχήμα 3.12.4 Βροχοπτώσεις (http://www.meteosuisse.admin.ch/web/fr/meteo/temps_actuel/image_radar.html)

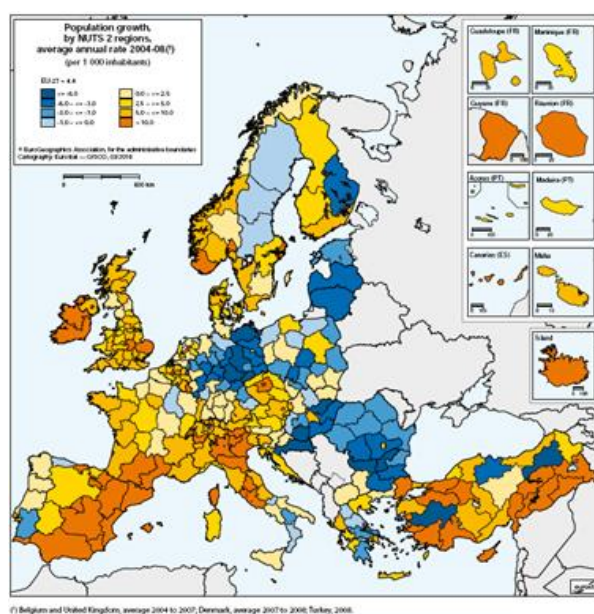
Εφαρμογή 4: Θεματικό Επίπεδο Ατμοσφαιρικές Συνθήκες (Atmospheric Conditions)

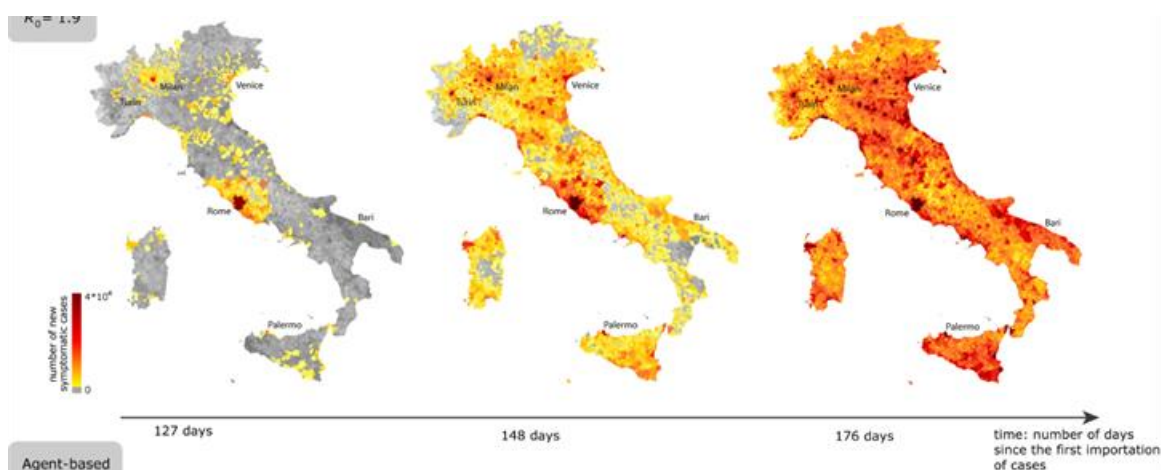
Το θεματικό επίπεδο αυτό περιλαμβάνει δεδομένα τα οποία συλλέγονται ανά τακτά διαστήματα με διασκορπισμένους μετρητές. Για παράδειγμα, δεδομένα Βροχοπτώσεων υπό μορφή grid (Σχήμα 3.12.4) – καταγράφεται ένα διαφορετικό δίκτυο ανά 10 λεπτά.

Εφαρμογή 5: Θεματικό Επίπεδο Κατανομή Πληθυσμού – Δημογραφία (Population Distribution)

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο τα δεδομένα πληθυσμού καταγράφονται σε πολύγωνα, σύμφωνα με το NUTS.

Τα δεδομένα στηρίζονται σε τακτικές Απογραφές πληθυσμού σε όλη την Ευρώπη και καταγράφεται και η μεταβολή πληθυσμού ανά δημογραφική επιφάνεια αναφοράς (Σχήμα 3.12.5).





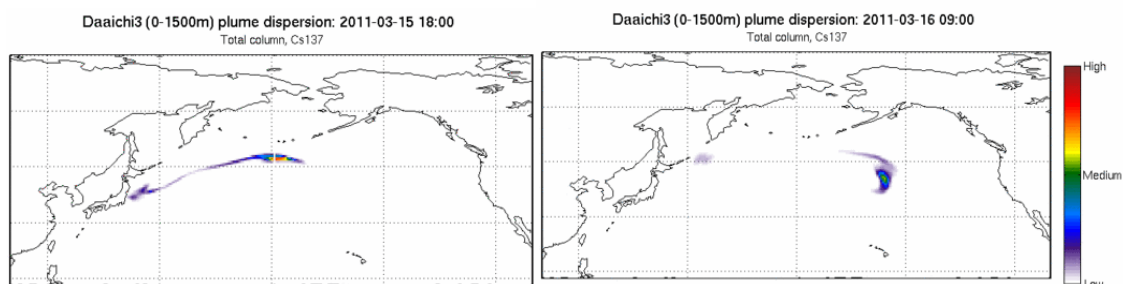
Σχήμα 3.12.6 Μοντέλο εξομοίωσης εξέλιξης ασθενειών στην Ιταλία (<http://www.biomedcentral.com/1471-2334/10/190>)

Εφαρμογή 6: Θεματικό Επίπεδο Ανθρώπινη Υγεία και Ασφάλεια (Human Health)

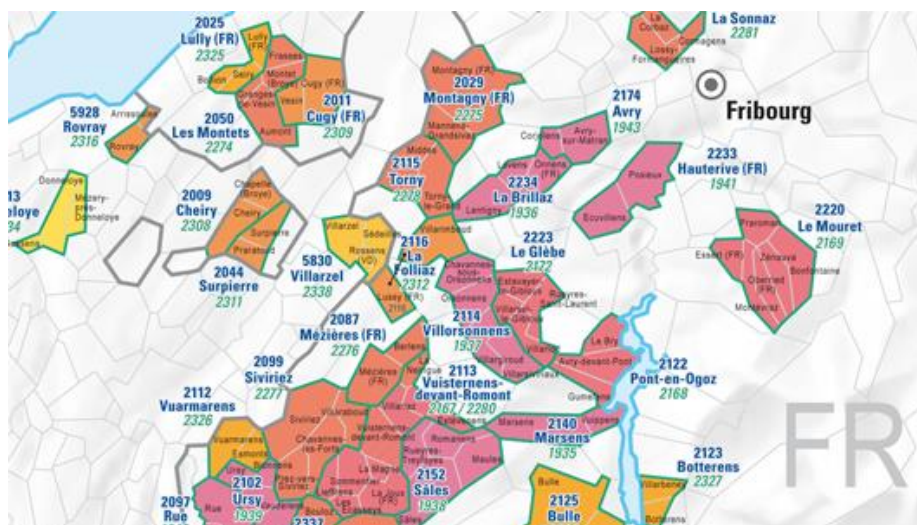
Στην περίπτωση των χωρικών δεδομένων που σχετίζονται με την Ανθρώπινη Υγεία ανήκουν δεδομένα για ασθένειες οι οποίες εκδηλώνονται γεωγραφικά, και καταγράφονται βάσει κρουσμάτων. Στις εφαρμογές αυτές περιλαμβάνονται και δεδομένα που υπολογίζονται από εξομοιώσεις, ώστε να προβλεφθεί η γεωγραφική εξέλιξη της ασθένειας με την πάροδο του χρόνου (Σχήμα 3.12.6).

Εφαρμογή 7: Θεματικό Επίπεδο Ατμοσφαιρικές Συνθήκες (Atmospheric Conditions)

Η αιώρηση και διασπορά νεφών, ειδικά νεφελωμάτων και ατμών ρύπων (ή ραδιενεργών νεφών – Σχήμα 3.12.7)



Σχήμα 3.12.7 Παρακολούθηση διασποράς ραδιενεργού Νέφους, από Φουκουσίμα, Ιαπωνία, 2011 (<http://www.aeronomie.be>)



Σχήμα 3.12.8 Μεταβολές στους δήμους στην Ελβετία
(http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/regionen/thematische_karten/01/04.html)

Εφαρμογή 8: Θεματικά Επίπεδα Διοικητικών Ορίων και Στατιστικών Μονάδων (Administrative Units και Statistical Units)

Στις συγκεκριμένες μονάδες και διοικητικές περιφέρειες λαμβάνουν χώρα συνεχώς μεταβολές ορίων, συνενώσεις και διαχωρισμοί (για παράδειγμα, προγράμματα Καποδίστριας και Καλλικράτης). Τα δεδομένα αυτά καταγράφονται υπό μορφή πολυγώνων και γίνεται απευθείας ενημέρωση κάθε φορά που λαμβάνει χώρα μια τέτοια μεταβολή (Σχήμα 3.12.8).

Εφαρμογή 9: Θεματικό Επίπεδο Κτίρια (Building)

Τα δεδομένα στο θεματικό αυτό επίπεδο καταγράφονται ως πολύγωνα. Η εξέλιξη του αστικού ιστού αποτελεί σημαντική διαδικασία Ανάλυσης (Σχήμα 3.12.9).



Σχήμα 3.12.9 Δεδομένα μεταβολής αστικού ιστού (<http://geopensim.ign.fr>)

Απαιτήσεις Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης

Στις ανωτέρω περιπτώσεις εφαρμογών μπορούν να επισημανθούν οι κάτωθι απαιτήσεις οι οποίες μπορούν να προκύψουν στα πλαίσια των Θεματικών Επιπέδων που αντιστοιχούν:

1. **Πολλαπλά στιγμιότυπα:** Υπάρχουν περιπτώσεις –ειδικά στις Εφαρμογές 1, 2, 4, 5 και 6- όπου απαιτούνται διαφορετικές εκδόσεις ενός πλήρους στιγμιότυπου του φαινομένου (σε όλη τη γεωγραφική του κάλυψη), εκδόσεις που θα αντιστοιχούν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.
2. **Απεικόνιση της Μεταβολής:** Υπάρχουν περιπτώσεις –ειδικά στις Εφαρμογές 2, 3, 5 και 8- όπου δεν είναι αρκεί η απόδοση του φαινομένου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές/ημερομηνίες (προηγ. Απαίτηση), αλλά απαιτείται η σαφής απόδοση της μεταβολής που έλαβε χώρα μεταξύ των στιγμών αυτών.
3. **Συνενώσεις και Διαιρέσεις (Aggregations/Splittings):** Υπάρχουν περιπτώσεις –ειδικά στις Εφαρμογές 2, 3, 8 και 9- όπου οι μεταβολές εμπεριέχουν συνενώσεις ή διαιρέσεις των αντικειμένων του dataset, οπότε απαιτείται καταγραφή της συσχέτισης μεταξύ των προηγούμενων και των νεότερων οντοτήτων.
4. **Συγκεκριμένα Χρονικά Χαρακτηριστικά (temporal attributes):** Υπάρχουν περιπτώσεις ειδικών απαιτήσεων σε χρονικά χαρακτηριστικά, καθώς τα προτεινόμενα από το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο δεν αρκούν. Συνήθως πρόκειται για περιπτώσεις εξειδικευμένων εφαρμογών παρακολούθησης, εξομοίωσης και πρόβλεψης –όπως στις Εφαρμογές 4, 6 και 7- όπου υπάρχει τακτή ροή δεδομένων, πλέγμα μετρήσεων και ανάγκη μελλοντικού προγραμματισμού.

4. ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ INSPIRE – ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

4.1. Επιλογή Υποδομών Χωρικών Δεδομένων προς Χρονική Επέκταση

4.1.1. Χρονικά Μοντέλα σε Χωρικές Υποδομές – γιατί;

Ο σχεδιασμός και διαχείριση Χώρου και Χρόνου σε ενιαίο μοντέλο αποτελεί ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ερευνητικά θέματα στην Επιστήμη της Γεωγραφικής Πληροφορίας εδώ και πολλά χρόνια, και συστηματικότερα ίσως από το ESF GISDATA Specialist Meeting: «*Formalizing and Representing Change of Spatial Socio-Economic Units in GIS*», που έγινε στο Ναύπλιο το 1996, καθώς και στο συλλογικό τόμο που ακολούθησε (Frank et al., 2001 - Kanouras, 2001). Αν και έχουν γίνει σημαντικές προτάσεις και εξελίξεις, παραμένει ένα σύνθετο ζήτημα το οποίο δεν επιδέχεται μία μοναδική λύση διαχείρισης. Ωστόσο, ο κόσμος γύρω μας μεταβάλλεται συνεχώς, και αυτό εγείρει την απαίτηση κατάλληλης προετοιμασίας και σχεδιασμού σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, ώστε να προβλεφθούν εγκαίρως οι εξελίξεις και να προσαρμοστούν σε αυτές οι Φορείς. Η προετοιμασία αυτή θα πρέπει να στηριχθεί στη διαχείριση δεδομένων που καλύπτουν μακρές χρονικές περιόδους, ώστε να εντοπιστούν τυχόν τάσεις, να κατανοηθούν θέματα, να βρεθούν απαντήσεις, και να χαραχθούν μελλοντικά σενάρια. Βασικό εμπόδιο στη διαδικασία αυτή δεν είναι μόνο το κενό διαχείρισης των χρονικών στοιχείων των γεωγραφικών δεδομένων, αλλά και η ανομοιογένεια μεταξύ των γεωγραφικών δεδομένων που καταγράφηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, όπως και η πιθανή ασυμβατότητά τους με γεωγραφικά δεδομένα που θα συλλεχθούν μελλοντικά (Plumejeaud et al., 2009).

Ωστόσο, τα γεγονότα, ως δεδομένα που περιγράφουν τα γεωγραφικά φαινόμενα, όσο ακριβή και αν είναι, δεν μπορούν να αξιοποιηθούν το ίδιο αποτελεσματικά, εάν δεν ενταχθούν εντός ενός χωρικού και χρονικού πλαισίου, βάσει του οποίου μπορεί να υπάρξει κάποιου είδους αναφορά. Παραδοσιακά, το αποτέλεσμα της συλλογής χωρικών μετρήσεων και δεδομένων ήταν η σύνταξη χαρτών, οι οποίοι και αποτελούσαν γραφικά το χωρικό πλαίσιο αναφοράς των δεδομένων.

Φυσικά, ο ρόλος της γεωγραφικής πληροφορίας έχει μεταβληθεί το τελευταίο μισό του αιώνα. Ξεπερνώντας το στάδιο των χαρτών, η γεωγραφική πληροφορία συλλέγεται πλέον με συγκεκριμένο στόχο, ώστε να εξυπηρετήσει συγκεκριμένους χάρτες και ειδικές εφαρμογές. Η ανάπτυξη κατά τις πρόσφατες δεκαετίες των τεχνολογιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, σταδιακά αντικατέστησε τους αναλογικούς χάρτες με ψηφιακά δεδομένα από πληθώρα πηγών. Αν και ο κλασικός χάρτης συνεχίζει να αποτελεί τη βασικότερη μορφή οπτικοποίησης, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) ανέλαβαν το φόρτο των εργασιών της χωρικής ανάλυσης, του περιβαλλοντικού σχεδιασμού και των υπηρεσιών θέσης. Ενώ τα πρώιμα GIS ουσιαστικά αναπαρήγαγαν τις λειτουργίες της χαρτογραφικής σύνθεσης, πλέον το ΣΓΠ επεκτάθηκαν, ώστε να εστιάζουν και στην ανάλυση χωρικών συσχετίσεων, όπως και την απόδοση των διεργασιών στον χώρο.

Οι Υποδομές Χωρικών Δεδομένων (SDIs) αποτελούν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη της διαχείρισης της χωρικής πληροφορίας, μετά τα GIS (Tóth et al., 2012). Η διευρυνόμενη εξοικείωση με τους Η/Υ και η διάχυση του διαδικτύου για κάθε είδους εργασία εισάγουν πλέον μια νέα προσέγγιση, προωθώντας τη διάθεση των δεδομένων σε ευρύ φάσμα χρηστών και εφαρμογών. Πλέον, η συλλεγόμενη γεωγραφική πληροφορία δεν αφορά αποκλειστικά σε μία χρήση, αλλά αποτελεί μέρος και μιας ευρύτερης γεω-χωρικής υποδομής. Τα SDIs λειτουργούν ως πλαίσια που καθορίζουν τη βέλτιστη πρακτική στην κοινή διάθεση και χρήση των δεδομένων. Σύμφωνα με τους Longley et al. (2011), εν προκειμένω αναφέρονται διεθνώς

τουλάχιστον 150 SDIs εν λειτουργία ή υπό ανάπτυξη, αριθμός ο οποίος καταδεικνύει τη σημαντικότητα, επικαιρότητα και χρησιμότητα διεξαγωγής έρευνας σχετικής με τις Χωρικές Υποδομές. Οι Υποδομές αυτές έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούνται μέσω του Διαδικτύου, εξασφαλίζοντας πλήρη ροή πληροφορίας – παρατήρηση, ανάλυση, σχεδιασμός, έλεγχος δράσεων- και ουσιαστικά αντικαθιστώντας εν μέρει την παραδοσιακή χρήση των GIS. Για πολλούς, οι Υποδομές Χωρικών Δεδομένων αποτελούν την επέκταση ενός desktop GIS (Craglia, 2010) κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα δεδομένα του GIS να μπορούν να αναζητηθούν, να προσπελαστούν, να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν βάσει ορθώς καθορισμένων πρακτικών.

Μετά από αποσπασματικές προσπάθειες, η σύγχρονη κοινωνία πλησιάζει πλέον σε μια φάση όπου οι Υποδομές γεωγραφικών πληροφοριών είναι βιώσιμες, και περιέχουν γεωγραφικά δεδομένα τα οποία διαμοιράζονται και αξιοποιούνται από ποικίλους χρήστες και εφαρμογές. Τεράστιο ρόλο σε τούτο παίζει η τεχνολογία, καθώς το Διαδίκτυο επιτρέπει τη σύνδεση και χρήση δεδομένων διανεμημένα σε πολλαπλά γεωγραφικά μέρη (van Oosterom and Stoter, 2010). Ουσιαστικά, η εξέλιξη των SDIs ακολουθεί στενά τον ρυθμό και τα στάδια εξέλιξης της ευρύτερης κοινωνίας της πληροφορίας, δηλαδή την διεύρυνση της πρόσβασης σε πληροφορίες από το κοινό. Αν και Χωρικές Υποδομές μπορούν να υλοποιηθούν σε διεθνές, υπέρ-εθνικό, εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο, η σύγχρονη φιλοσοφία της κοινωνίας της πληροφορίας επιβάλλει πως οι Υποδομές θα στηρίζονται και θα ανταλλάσσουν τα μεταξύ τους στοιχεία και συστατικά.

Αυτή η διάχυση πληροφορίας μέσω του διαδικτύου, και η σύνδεση μέσω εμπλεκόμενων Η/Υ καθιστά όλο και πιο απαραίτητη τον τυποποιημένο καθορισμό της γεωγραφικής πληροφορίας, ώστε να γίνεται ευκολότερα και ταχύτερα από ανθρώπους αλλά και –κυρίως- μηχανήματα ο εντοπισμός του κατάλληλου είδους πληροφορίας. Οι Χωρικές Υποδομές προσφέρουν μοντέλα και δομές δεδομένων που τυποποιούν την πληροφορία αυτή, λειτουργώντας ως τυποποιημένες Οντολογίες (Kavouras and Kokla, 2008). Είναι αλήθεια πως οι τεχνικές προδιαγραφές των Χωρικών Υποδομών εστιάζουν κυρίως στα γεωμετρικά, χωρικά και τοπολογικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων. Ωστόσο, πλέον στα συλλεγόμενα δεδομένα συμπεριλαμβάνεται και χρονική πληροφορία. Ως εκ τούτου, τα μοντέλα των Υποδομών Χωρικών Δεδομένων αποτελούν ένα πρόσφορο και επίκαιρο πεδίο για τη μελέτη ενιαίας διαχείρισης χώρο-χρονικών χαρακτηριστικών των γεωγραφικών φαινομένων.

4.1.2. Η Επιλογή του Εννοιολογικού Μοντέλου INSPIRE προς Επέκταση

Έχοντας εδραιώσει τη σημαντικότητα του πεδίου των Υποδομών Χωρικών Δεδομένων για έρευνα σε χώρο-χρονικά ζητήματα, προκύπτει πως το πλέον δόκιμο Μοντέλο βάσης για να αναπτυχθεί η ζητούμενη επέκταση απεικόνισης των χρονικών χαρακτηριστικών είναι το εφαρμοζόμενο από την Οδηγία INSPIRE. Από την έναρξη των διαδικασιών σύνταξης των τεχνικών προδιαγραφών το 2005, το INSPIRE πρωτοπορεί σε θέματα έρευνας, ανάπτυξης και υλοποίησης ενός εννοιολογικού και φυσικού πλαισίου για τη θέσπιση συνιστωσών μιας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων (SDI). Η εμπειρία της συνεχούς εξέλιξης των τεχνικών προδιαγραφών του INSPIRE μέχρι και σήμερα, κατέληξε σε ένα εύρωστο εννοιολογικό πλαίσιο, κατάλληλο για τη διασφάλιση διαλειτουργικότητας μεταξύ των πολυποίκιλων 34 επιμέρους τεχνικών προδιαγραφών οι οποίες αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του SDI.

Πρέπει να σημειωθεί, πως καθώς το Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE είναι ανεξάρτητο τόσο από ειδικό λογισμικό όσο και από τις ειδικές απαιτήσεις των 34 Θεματικών Περιοχών, επιτρέπει τη διαχείριση διαφορετικών πολιτισμικών και κοινωνικών προσεγγίσεων που εμφανίζονται μεταξύ τόσων Κρατών-μελών. Στον τομέα αυτό βοήθησε η εξ αρχής προσπάθεια των επιτροπών εμπειρογνομόνων να

στηριχθούν οι τεχνικές προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Υποδομής στις διαδεδομένες και βέλτιστες πρακτικές που εφαρμόζονται σε κράτη-μέλη, στους Ευρωπαϊκούς Φορείς, αλλά και διεθνώς. Οι επιλογές αυτές έχουν αναγάγει το εννοιολογικό και φυσικό πλαίσιο του INSPIRE, από «απλώς» την προσέγγιση που εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή Υποδομή, σε προτεινόμενη λύση για μελλοντικές προσπάθειες ανάπτυξης άλλων SDIs σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Το INSPIRE αποτελεί ίσως το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα Υποδομής Χωρικών Δεδομένων η οποία επιβάλλεται μέσω ενός νομικού πλαισίου, αφού τα Κράτη-μέλη και όλη η Ευρωπαϊκή Ένωση υποχρεούνται να εφαρμόσουν την Οδηγία 2007/2/EC. Ωστόσο, το INSPIRE διέπεται από κάποια χαρακτηριστικά (Craglia, 2010) τα οποία καθιστούν τις τεχνικές προδιαγραφές του ξεχωριστές:

- Πρόκειται για μια Υποδομή που καλείται να αντιμετωπίσει έντονα ζητήματα πολύ-πολιτισμικότητας: αφορά σε 27 Κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στα οποία χρησιμοποιούνται 23 διαφορετικές γλώσσες. Η απαίτηση αυτή αφορά στην συνύπαρξη και συνεργασία, μέσω της Υποδομής, πολλών διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων, άλλα και επαγγελματικών & πολιτισμικών πρακτικών.
- Δεδομένης της σύνθετης φύσης αλλά και του υποχρεωτικού χαρακτήρα, οι τεχνικές προδιαγραφές δομήθηκαν με διαδικασίες που αποσκοπούσαν σε κοινή συναίνεση, εμπλέκοντας εκατοντάδες εμπειρογνομόνων και επιστημόνων από όλα τα κράτη – διασφαλίζοντας την εφαρμογή διαδεδομένων και βέλτιστων πρακτικών.
- Οι τεχνικές προδιαγραφές υιοθετήσαν έναν αριθμό υφιστάμενων Προτύπων (Standards), αλλά όσα υιοθετήθηκαν «ως είχαν» έχουν ήδη δοκιμαστεί υπό συνθήκες μη-κοινής γλώσσας και κατανεμημένων δεδομένων.
- Πολλά από τα Πρότυπα που υιοθετήθηκαν έδιναν τη δυνατότητα πολλαπλών και διαφορετικών ερμηνειών. Αυτά τα πρότυπα έγινε προσπάθεια να τελειοποιηθούν, ώστε να μην ανακλύουν προβλήματα λόγω του νομικά υποχρεωτικού χαρακτήρα υλοποίησης της Υποδομής.
- Υπήρχαν τεχνικές και επιστημονικές απαιτήσεις στη βασική Οδηγία οι οποίες δεν καλύπτονταν από κανένα διεθνές Πρότυπο, και ως εκ τούτου, οι τεχνικές προδιαγραφές συντάχθηκαν εξ αρχής.
- Το ευρύ φάσμα των 34 διαφορετικών Θεματικών Επιπέδων, που χωρίζονται στα 3 Παραρτήματα, εισάγει ένα εκτενέστατο ζήτημα ασυμφωνιών και ασυμβατότητας μεταξύ δεδομένων και μεταδεδομένων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία άνευ προηγουμένου πρόκληση στην επίτευξη της επιζητούμενης διαλειτουργικότητας.

Αλλά ίσως το πλέον ενδιαφέρον χαρακτηριστικό, το οποίο διαφοροποιεί το INSPIRE από κάθε άλλη τρέχουσα προσπάθεια για SDI, είναι πως το INSPIRE δεν αποτελεί ακόμη την Υποδομή Χωρικών Δεδομένων την οποία προβλέπει και οραματίζεται η Οδηγία. Η διαδικασία υλοποίησης του INSPIRE εξελίσσεται συνεχώς, ψηφίζοντας Εκτελεστικές Διατάξεις και σχετικές Τεχνικές Οδηγίες, με στόχο τη διαρκή βελτίωση της διαλειτουργικότητας. Εν ολίγοις, το INSPIRE αποτελεί –και θα αποτελεί για καιρό– το *state of the art* σε θέματα διαχείρισης δεδομένων εντός ενός SDI.

Ωστόσο, αν και οι τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE εν προκειμένω λειτουργούν ως η βάση στην οποία στηρίζονται για το σχεδιασμό και υλοποίησή τους πολλά άλλα SDIs, παρουσιάζουν κάποιες ελλείψεις – όπως στο θέμα του εκτενούς μοντέλου για τα χρονικά χαρακτηριστικά. Το INSPIRE εστιάζει σε χωρικά δεδομένα, όχι κάθε είδους θεματικά ή περιγραφικά δεδομένα. Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (Generic Conceptual Model – GCM) του INSPIRE παρέχει ενιαίο πλαίσιο χωρικής και χρονικής αναφοράς, όπως και χωρικά αντικείμενα, για να χρησιμοποιηθούν σε περιβαλλοντικές εφαρμογές που αξιοποιούν χωρικές και χρονικές θέσεις (βλ. Κεφάλαιο 3). Αλλά δεν εστιάζει στα χρονικά χαρακτηριστικά



Σχήμα 4.1 Ταξινόμηση αντικειμένων εντός και εκτός εύρους ενασχόλησης στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE

των αντικειμένων της κάθε εφαρμογής, ούτε προδιαγράφει κάποιο ειδικό επιμέρους μοντέλο.

Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο προσπαθεί να εντοπίσει τα κοινά στοιχεία τα οποία διέπουν την πλειοψηφία των διαφορετικών «όψεων» του πραγματικού κόσμου, αναλόγως των αναγκών του κάθε πεδίου εφαρμογών. Για παράδειγμα, προτείνει ενιαίο τρόπο αναφοράς των αντικειμένων, για όλα τα Θεματικά Επίπεδα. Η αναφορά αυτή μπορεί να είναι είτε χωρική, δηλαδή πληροφορία θέσης, είτε σχετική, δηλαδή αναφορά ως προς άλλα αντικείμενα εντός της Υποδομής, όπως Δημογραφικά Στοιχεία τα οποία αναφέρονται ως προς τις Διοικητικές Ενότητες.

Στην προσπάθεια εντοπισμού των απολύτως κοινών στοιχείων που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα σε πολλαπλά application schemas, το INSPIRE έχει περιορίσει το εύρος (*Scope*) των αντικειμένων που αντιμετωπίζονται μέσω του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 4.1, μια Θεματική Χωρική Υποδομή όπως το INSPIRE εστιάζει περισσότερο σε ενιαία συστήματα αναφοράς, ή χωρικά αντικείμενα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως από πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, αντικείμενα όπως οι δρόμοι ή τα ποτάμια, χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές (εκτός των βασικών εφαρμογών Μεταφορών ή Υδρογραφίας) ως δευτερεύουσες οντότητες ή ως αντικείμενα αναφοράς. Αντικείμενα τα οποία είναι περισσότερο εξειδικευμένα ανά θεματικό επίπεδο και εφαρμογή, δεν ανήκουν στο εύρος του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου, και το INSPIRE θεωρεί πως θα αποδοθούν με ειδικά application schemas. Με την ίδια φιλοσοφία, το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο δεν επεκτείνεται περισσότερο από όσο θεωρείται απολύτως απαραίτητο ως προς τη χρονική διάσταση των

αντικειμένων.

4.1.3. Πλεονεκτήματα και διαθέσιμες Δυνατότητες

Η επέκταση του Εννοιολογικού Μοντέλου του INSPIRE (Γενικευμένου και Εξειδικευμένων), έτσι ώστε να συμπεριλάβει και να αποδώσει αποτελεσματικά τη χώρο-χρονική συμπεριφορά των οντοτήτων, μπορεί να αξιοποιήσει μια σειρά ειδικών χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων που διαθέτει η βασική σχεδίαση της Χωρικής Υποδομής. Καταρχάς, το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (ΓΕΜ) προσφέρει μια σειρά από εργαλεία και συνθήκες τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- ✓ Το ΓΕΜ εστιάζει στον εντοπισμό κοινών στοιχείων που συναντώνται και χρησιμοποιούνται σε πολλαπλά εξειδικευμένα application schemas, ώστε να τα συμπεριλάβει στις γενικές τεχνικές προδιαγραφές και να εφαρμοστούν σε όλα τα επιμέρους μοντέλα. Η φιλοσοφία αυτή είναι χρήσιμη και ακολουθείται στην παρούσα εργασία, προτείνοντας στοιχεία που μπορούν να «συμπληρώσουν» το ΓΕΜ και, κατά όμοιο τρόπο, να αποτελέσουν «κοινό τόπο» για τις τεχνικές προδιαγραφές των επιμέρους Θεματικών Επιπέδων.
- ✓ Το Εννοιολογικό Μοντέλο εστιάζει στην επίτευξη της διαλειτουργικότητας, και η προτεινόμενη επέκταση ακολουθεί το ίδιο πνεύμα. Το ΓΕΜ λειτουργεί ως τυποποιημένη γενική Οντολογία, καθορίζοντας κοινά αποδεκτούς από όλες τις Εφαρμογές στόχους διαλειτουργικότητας. Οι στόχοι αυτοί έπειτα τυποποιούνται και εξειδικεύονται για κάθε Θεματικό Επίπεδο, ώστε να είναι κατανοητοί και προσπελάσιμοι τόσο από χρήστες όσο και από λογισμικά (με γλώσσα UML).
- ✓ Αν και δεν επιβάλει συγκεκριμένες Οντολογίες, το ΓΕΜ επιτρέπει και προβλέπει τη χρήση τους, όπως μέσω των τεχνολογιών του Semantic Web
- ✓ Προβλέπεται η σύνταξη και τήρηση Registries, όπως για παράδειγμα το Λεξικό των Θεματικών Επιπέδων και των προβλεπόμενων Οντοτήτων (Feature Catalogue Register). Η δυνατότητα δημιουργίας Registry επιτρέπει την κεντρική τήρηση ειδικών κανόνων ανά Θεματικό επίπεδο, δυνατότητα η οποία είναι απαραίτητη στην παρούσα εργασία – όπως για τη διατύπωση κανόνων ανά οντότητα για το είδος των Ουσιωδών και Επουσιωδών Μεταβολών.
- ✓ Ειδική περίπτωση Registry αποτελεί το Ενοποιημένο Αρχείο Μοντέλων (Consolidated Model Repository), το οποίο δίνει τη δυνατότητα να είναι συγκεντρωμένα στο ίδιο μέρος όλα τα στοιχεία του ΓΕΜ και των application schemas, αλλά και τα βασικά πρότυπα αναφοράς (όπως η σειρά προτύπων ISO 19100). Το Repository επιτρέπει στην παρούσα εργασία την πρόσβαση και επέκταση των μοντέλων υπό μελέτη, με ενιαίο και αποτελεσματικό τρόπο.
- ✓ Το ΓΕΜ προβλέπει τη δημιουργία Βασικών Μοντέλων (Base Models – βλ. §3.3.2), δηλαδή συνοπτικότερων γενικευμένων μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία στα μοντέλα των οντοτήτων των εξειδικευμένων application schemas. Παράδειγμα ενός Base Model αποτελεί το μοντέλο για δίκτυα οντοτήτων (Network model) που περιγράφεται στο ΓΕΜ και υιοθετείται τόσο από το μοντέλο της Υδρογραφίας, όσο και στα Δίκτυα Μεταφορών. Η εργασία κάνει χρήση της φιλοσοφίας αυτής, ουσιαστικά προτείνοντας νέο Base Model για την περιγραφή των Χώρο-Χρονικών Μονάδων των Αντικειμένων (STUs).
- ✓ Το Εννοιολογικό Μοντέλο κάνει βασική πρόβλεψη για τη χρονική αναφορά των αντικειμένων, υιοθετώντας τα όσα προτείνει το ISO 19108, και προδιαγράφοντας δύο σημαντικά Στερεότυπα στη UML περιγραφή (βλ. §3.3.4): τα *lifeCycleInfo* και *version*. Τα στερεότυπα αυτά χρησιμοποιούνται

τόσο σε συγκεκριμένα application schemas, όσο και για τον ορισμό των STUs στη μελέτη αυτή.

- ✓ Η δυνατότητα τήρησης ξεχωριστών εκδόσεων του ίδιου αντικειμένου μεταφράζεται στο ΓΕΜ στον ειδικό κωδικό αναγνώρισης έκδοσης, επιπλέον του προβλεπόμενου κωδικού Inspire ID. Είναι ιδιαίτερως χρήσιμη η υποστήριξη και προώθηση στις τελευταίες εκδόσεις του ΓΕΜ (Portele, 2013a) η χρήση τυποποιημένων URIs (κωδικοί όμοιοι με τα μοναδικά URLs) ως Identifiers. Στα URIs προβλέπεται tag (στο τέλος) για πολλαπλές εκδόσεις.

Εκτός των δυνατοτήτων και προσεγγίσεων τις οποίες διαθέτει το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο, το INSPIRE πλεονεκτεί ως προς τις απαιτήσεις της έρευνας για χρονικά μοντέλα στο ότι περιλαμβάνει εξειδικευμένα applications schemas για κάθε μία από τις Θεματικές Περιοχές του. Έτσι επιτρέπει στη διατύπωση συγκεκριμένων Οντολογιών, και κανόνων διαχείρισης της Μεταβολής και της Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης εξειδικευμένων στις απαιτήσεις κάθε πεδίου Εφαρμογών.

Τέλος, το μεγαλύτερο ίσως πλεονέκτημα της επέκτασης του μοντέλου του INSPIRE ως προς το χρονικό μοντέλο, έγκειται στη δυνατότητα διαρκούς συντήρησης, ενημέρωσης και επεκτασιμότητας που προβλέπει η Οδηγία για τις τεχνικές προδιαγραφές της (Tóth et al., 2012). Οι τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE δεν αποτελούν ένα «νεκρό» κείμενο κανόνων, αλλά ένα ζωντανό σώμα που εξελίσσεται. Υπό κατάλληλες συνθήκες, προτεινόμενες αλλαγές, βελτιώσεις και επεκτάσεις, έχουν τη δυνατότητα να γίνουν αποδεκτές. Αποτελέσματα ερευνών -όπως η παρούσα- δύνανται να ενεργοποιήσουν τη διαδικασία αναθεώρησης (revision) των τεχνικών προδιαγραφών, καθώς και των συνδεόμενων με αυτές Registries, κειμένων και εργαλείων προγραμματισμού.

4.2. Δυνατότητες Επίλυσης Απαιτήσεων στα πλαίσια του INSPIRE

Σε πρώτο στάδιο μελετάται η δυνατότητα κάλυψης των απαιτήσεων χρονικής ανάλυσης που εντοπίζονται στο τέλος του προηγούμενου Κεφαλαίου με Προτάσεις οι οποίες στηρίζονται στους μηχανισμούς και τα στερεότυπα που προσφέρει εγγενώς το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο, τυποποιημένο σε UML. Τα τέσσερα (4) βασικά είδη απαιτήσεων τα οποία εντοπίστηκαν στην §3.4.7 αφορούν σε απόδοση χρονικών μεταβολών σε ενιαία φαινόμενα (*coverage*), τον εντοπισμό της Μεταβολής, τη δυνατότητα καταγραφής μεταβολών συνένωσης/διάσπασης, και την ανάγκη ειδικών χρονικών χαρακτηριστικών σε οντότητες συγκεκριμένων Θεματικών Επιπέδων. Οι απαιτήσεις αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν ως εξής:

4.2.1. Απαίτηση 1: Πολλαπλά στιγμιότυπα

Κάποια Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE, ειδικά στα Παραρτήματα II και III, απαιτούν την απεικόνιση πολλαπλών «αποδόσεων» του φαινομένου σε διάφορες χρονικές στιγμές. Στις περισσότερες περιπτώσεις το φαινόμενο αποδίδεται ως ενιαία Κάλυψη (*coverage*) σε όλη τη γεωγραφική περιοχή που εξελίσσεται, με ανά τόπους τιμές - συνήθως ως μωσαϊκό πολυγώνων.

Προσέγγιση 1η : Τήρηση πολλαπλών εκδόσεων του coverage

Ουσιαστικά η οντότητα απεικονίζεται με ολόκληρο το *coverage*, και στην περίπτωση αυτή μπορεί να δοθεί το *inspireId* (τον μοναδικό κωδικό αναγνώρισης κατά INSPIRE) σε όλο το *coverage*. Επιπλέον,

μπορεί να δοθεί συμπληρωματικός αριθμός Έκδοσης (version) ανά έκδοση του ίδιου coverage, όπως προβλέπει το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό, κάθε Έκδοση αποτελεί και ένα Στιγμιότυπο (snapshot) του εν λόγω Coverage, που αποδίδει τι ίσχυε σε μια συγκεκριμένη (περιορισμένη) χρονική περίοδο/στιγμή.

Η προσέγγιση αυτή αφορά κυρίως φαινόμενα και coverages στα οποία η όποια μεταβολή αφορά στο συνολικό γεωγραφικό εύρος τους, δηλαδή οι μεταβολές μεταξύ δύο στιγμιότυπων δεν συμβαίνουν τοπικά αλλά σε πολλά διαφορετικά σημεία επί του μωσαϊκού του coverage. Ουσιαστικά πρόκειται για φαινόμενα τα οποία λογίζονται ως Συνεχή στον γεωγραφικό χώρο, όπως αυτά των Εφαρμογών 1, 4, 5, 6 και 7 (βλ. §3.4.7).

Προσέγγιση 2η : Τήρηση πολλαπλών εκδόσεων των επιμέρους οντοτήτων ενός coverage

Στις περιπτώσεις όπου το coverage αποτελείται από διακριτές οντότητες (και δεν απεικονίζει ένα ενιαίο στο χώρο φαινόμενο), οι τυχόν μεταβολές λαμβάνουν χώρα τοπικά και όχι σε όλο του το εύρος. Οι μεταβολές αυτές αφορούν συγκεκριμένες οντότητες εντός του coverage, όπως στις Εφαρμογές 2, 3 και 8. Σε αυτή την περίπτωση, η λύση των στιγμιότυπων δεν είναι αποτελεσματική. Είναι αποτελεσματικότερο να δοθεί διαφορετικός κωδικός Έκδοσης (versionId) στις εκδόσεις των επιμέρους οντοτήτων που απαρτίζουν το σύνολο του dataset, και οι οποίες υπόκεινται σε μεταβολή.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση Κάλυψης γης, οι μεταβολές αφορούν συγκεκριμένα πολύγωνα τα οποία μετέχουν στο μωσαϊκό, και αυτά αλλάζουν εκδόσεις.

4.2.2. Απαίτηση 2: Απεικόνιση της Μεταβολής

Οι διαδικασίες Χώρο-χρονικής Ανάλυσης συχνά στηρίζονται στη σύγκριση μεταξύ δύο εκδόσεων της ίδιας οντότητας σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Σε πολλές από τούτες τις περιπτώσεις δεν αρκεί η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών καταστάσεων της οντότητας, αλλά απαιτείται η σαφής απόδοση των ίδιων των μεταβολών, όπως αυτές έλαβαν χώρα μεταξύ των δύο ημερομηνιών των data sets.

Βάσει των Εφαρμογών οι οποίες περιγράφηκαν παραπάνω, μπορούν να θεωρηθούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις οι (Gaffuri, 2011):

- Οι Μεταβολές των datasets οι οποίες αποδίδονται ως διακριτές οντότητες (Εφαρμογή 9 – Μεταβολές στον αστικό ιστό/κτίρια)
- Η διακύμανση των τιμών σε συνεχή φαινόμενα (Εφαρμογή 1 – Μεταβολές αναγλύφου)
- Η διακύμανση των τιμών εντός καθορισμένου εύρους σε διακριτά φαινόμενα (Εφαρμογή 5 – Μεταβολή πληθυσμού)
- Η διακύμανση των τιμών από συγκεκριμένο πεδίο τιμών σε διακριτά φαινόμενα (Εφαρμογές 2, 3 και 8 – Μεταβολές κάλυψης γης, χρήσης γης και σε διοικητικά όρια).

Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE δεν προσφέρει κάποιον μηχανισμό για τον εντοπισμό και αναγνώριση της κάθε Μεταβολής, ώστε να καθορίζεται η ακριβής φύση της. Η Απαίτηση αυτή δεν είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί αποκλειστικά με τα όσα προδιαγράφει το UML Μοντέλο, και καθίσταται απαραίτητη η επέκτασή του μέσω της παρούσης, για να είναι δυνατή η Ανάλυση των μεταβολών των φαινομένων.



Σχήμα 4.2 Συνένωση/Συγχώνευση και Διαίρεση/Διάσπαση

4.2.3. Απαίτηση 3: Συνθέσεις και Διαίρεσεις (Aggregations/Splittings)

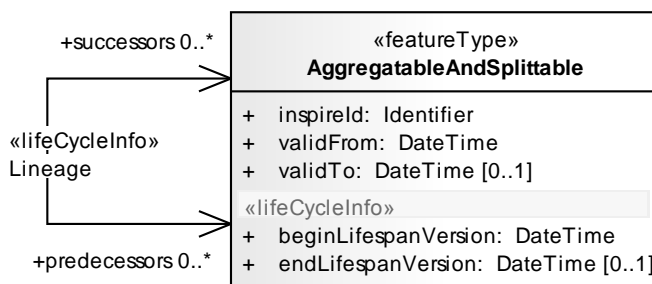
Σε κάποια από τα Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE, όπως Γεωτεμάχια, Διοικητικά Όρια, Στατιστικές Μονάδες, Κάλυψης Γης κ.α., απαιτείται η απεικόνιση των συνενώσεων ή/και των διαχωρισμών τις οποίες υφίστανται τα χωρικά αντικείμενα. Ως **Σύνθεση** (*Aggregation* ή *Fusion*) λογίζεται η ένωση δύο ή περισσότερων αντικειμένων σε μόνο ένα, ενώ η **Διαίρεση** (*Splitting* ή *Fission*) συμβαίνει όταν ένα χωρικό αντικείμενο χωρίζεται σε δύο ή παραπάνω αντικείμενα.

Επισημαίνεται ότι στις βασικές παραδοχές για τις Ιδιότητες της Μεταβολής στην §2.3.2, οι μεταβολές σύνθεσης και διαίρεσης προβλέπεται ότι μπορεί να αντιστοιχούν είτε σε Ουσιώδη Μεταβολή, είτε σε Επουσιώδη. Οι Επουσιώδεις (non-Essential) Μεταβολές, αντιστοιχούν στους τελεστές *Aggregate* (Συνένωση) και *Disaggregate* (Διαίρεση). Εάν πρόκειται για Ουσιώδεις Μεταβολές, τότε χαρακτηρίζονται ως *Fusion* (Συγχώνευση) και *Fission* (Διάσπαση) αντιστοίχως (Σχήμα 4.2).

Όταν λαμβάνουν χώρα οι Μεταβολές αυτές, υπάρχει η ανάγκη να διατηρείται κατ' ελάχιστο η πληροφορία για τους «διαδόχους» και τους «προκατόχους» των αρχικών και τελικών χωρικών αντικειμένων, ώστε να δίνεται η δυνατότητα διατήρησης της «Ιστορικότητας» των πληροφοριών.

1^η Προσέγγιση: Αξιοποίηση στερεότυπου *lifeCycleInfo*

Οι μεταβολές που συνεπάγονται Σύνθεση ή/και Διαίρεση μπορούν να αποδοθούν με το Διάγραμμα UML (Unified Model Language) του Σχήματος 4.3, σύμφωνα με τα όσα ορίζει το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE. Ορίζεται τύπος αντικειμένου **AggregatableAndSplittable**, για το οποίο η «γενεαλογία» αντικειμένων που διαχωρίστηκαν ή/και ενώθηκαν αποδίδεται κάνοντας χρήση μιας συσχέτισης *Lineage* μεταξύ των αντικειμένων που έχουν ρόλο «διαδόχου» (successor) και «προκατόχου» (predecessor).

Σχήμα 4.3 Τύπος αντικειμένου *AggregatableAndSplittable* σε διάγραμμα UML

Βάσει του προτεινόμενου μοντέλου, οι Μεταβολές που εμπεριέχουν Σύνθεση ή Διαίρεση ουσιαστικά αποδίδονται ως Διαγραφή του αρχικού αντικειμένου(ων), η οποία ακολουθείται από τη Δημιουργία νέου (νέων). Στο μοντέλο μπορούν να περιγραφούν κάνοντας χρήση των χρονικών χαρακτηριστικών *versionId*, *beginLifespanVersion*, *endLifespanVersion*, *validFrom* και *validTo* όπως προβλέπονται στο Generic Conceptual Model (section 9.7, recommendation 12 – Portele, 2013a) και περιγράφηκαν στην §3.3.4. Επίσης, οι «διάδοχοι» και «προκάτοχοι» (*successors/predecessors*) ενώνονται με το νέο αντικείμενο βάσει των συσχετίσεων *Lineage* που προβλέπει το μοντέλο.

Παραδείγματα εφαρμογής μοντέλου *Lineage*

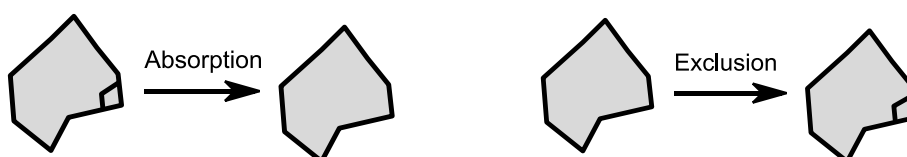
1. Συγχώνευση (Fusion): Θεωρώντας δύο αντικείμενα στο dataset τα οποία δημιουργήθηκαν τον 2/2010 και καταγράφηκαν στη Βάση τον 3/2010.

Id - VersionId	validFrom	validTo	beginLifespan Version	endLifespan Version	predecessors	successors
169 - 4	31-02-2010		22-03-2010			
182 - 2	12-02-2012		20-03-2012			

Ακολουθεί Συγχώνευση των δύο αυτών αντικειμένων σε ένα νέο Αντικείμενο με Κωδικό (και κωδ. έκδοσης) 216 - 1, συνένωση η οποία ήταν προγραμματισμένη (για τις 01-01-2012) οπότε και καταγράφηκε στη Βάση ενωρίτερα (25-12-2011). Στον πίνακα περιγράφεται η φυσική απόδοση της Ουσιώδους Μεταβολής *Fusion*, όπου καταργούνται τα 2 αντικείμενα και δημιουργείται νέο.

Id - VersionId	validFrom	validTo	beginLifespan Version	endLifespan Version	predecessors	successors
169 - 4	31-02-2010	01-01-2012	22-03-2010	25-12-2011		216
182 - 2	12-02-2012	01-01-2012	20-03-2012	25-12-2011		216
216 - 1	01-01-2012		25-12-2011		169, 182	

2. «Απορρόφηση» (Absorption): Ειδική περίπτωση Σύνθεσης είναι η «απορρόφηση» του ενός από τα δύο Αντικείμενα από το άλλο. Στην περίπτωση αυτή δυνητικά δεν παύει ο κύκλος ζωής του αντικειμένου που απορροφά, αλλά απλά δημιουργείται νέα έκδοσή του. Έτσι, εάν για παράδειγμα, το αντικείμενο 182 απορροφά το 169, η Μεταβολή αποδίδεται στη Βάση ως Διαγραφή του απορροφηθέντος



Σχήμα 4.4 Συνδυασμός Επουσιώδους/Ουσιώδους Μεταβολής

αντικειμένου και ως νέα έκδοση του Αντικειμένου το οποίο απορροφά. Ουσιαστικά, πρόκειται για την προβλεπόμενη Επουσιώδη Μεταβολή *Aggregate* για το 182, και την Ουσιώδη *Fusion* για το 169.

Id - VersionId	validFrom	validTo	beginLifespan Version	endLifespan Version	predecessors	successors
169 – 4	31-02-2010	01-01-2012	22-03-2010	25-12-2011		182
182 – 2	12-02-2012	01-01-2012	20-03-2012	25-12-2011		
182 – 3	01-01-2012		25-12-2011		169	

3. Διάσπαση (Fission): Στην περίπτωση του Αντικειμένου με κωδικό και έκδοση 179 – 3, θεωρείται πως διασπάται σε δύο νέα αντικείμενα με κωδικούς 217 και 218. Η μεταβολή στο φαινόμενο λαμβάνει χώρα στις 1/1/2012 και καταγράφεται στη Βάση στις 20/3/2012. Στον πίνακα περιγράφεται η φυσική απόδοση της Ουσιώδους Μεταβολής *Fission*.

Id - VersionId	validFrom	validTo	beginLifespan Version	endLifespan Version	predecessors	successors
179 – 3	31-02-2010	01-01-2012	22-04-2010	20-03-2012		217, 218
217 – 1	01-01-2012		20-03-2012		179	
218 – 1	01-01-2012		20-03-2012		179	

Με την ανωτέρω μέθοδο ουσιαστικά περιγράφεται η διαγραφή του αρχικού αντικειμένου και η δημιουργία νέων. Αν και στο παράδειγμα το αρχικό αντικείμενο διαχωρίζεται σε δύο καινούργια, η προσέγγιση θα ήταν ίδια ακόμη και αν η διαίρεση κατέληγε σε περισσότερα νέα.

Η χρήση των δύο Ρόλων *predecessors* και *successors* μέσω της Συσχέτισης *Lineage* επιτρέπει την καταγραφή της επιπλέον αυτής πληροφορίας.

4. «Εξαιρέση» (Exclusion): Πρόκειται για «ανάστροφη» περίπτωση της Απορρόφησης, όπου από ένα αρχικό φαινόμενο αποσπάται ένα τμήμα, το οποίο καταλήγει σε νέο φαινόμενο/αντικείμενο – Ωστόσο, και στην περίπτωση αυτή δυνητικά δεν παύει ο κύκλος ζωής του αρχικού αντικειμένου το οποίο διασπάται, αλλά απλά δημιουργείται νέα έκδοσή του και «εξαιρείται» ένα τμήμα του. Έτσι, εάν για παράδειγμα, από το αντικείμενο 179 αποσπάται το 217, η Μεταβολή αποδίδεται στη Βάση ως Δημιουργία του εξαιρουμένου αντικειμένου και ως νέα έκδοση του Αντικειμένου το οποίο εξαιρεί. Ουσιαστικά, πρόκειται για την προβλεπόμενη Επουσιώδη Μεταβολή *Spawn* για το 179, και την Ουσιώδη *Fission* για το 217.

Id - VersionId	validFrom	validTo	beginLifespan Version	endLifespan Version	predecessors	successors
179 – 3	31-02-2010	01-01-2012	22-04-2010	20-03-2012		
179 – 4	01-01-2012		20-03-2012			217
217 – 1	01-01-2012		20-03-2012		179	

4.2.4. Απαίτηση 4: Συγκεκριμένα Χρονικά Χαρακτηριστικά

Καθώς συντάσσονται οι τεχνικές προδιαγραφές για τα Θεματικά Επίπεδα των Παραρτημάτων II και III της Οδηγίας INSPIRE, προκύπτει η ανάγκη καθορισμού εξειδικευμένων χρονικών χαρακτηριστικών (temporal attributes) για τις Οντότητες Θεματικών Επιπέδων με ειδικές απαιτήσεις χώρο-χρονικής ανάλυσης (Gaffuri, 2011). Συγκεκριμένα, ανά Θεματικό Επίπεδο μπορούν να εντοπιστούν οι εξής απαιτήσεις:

- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Εγκαταστάσεις παραγωγής και βιομηχανικές εγκαταστάσεις»** (Production and industrial facilities): Κάποιες Εγκαταστάσεις εκτελούν λειτουργίες περιοδικά και ανά τακτά διαστήματα. Η πληροφορία για το χρονικό πλαίσιο λειτουργίας τους καταγράφεται στο Χαρακτηριστικό *TimePeriodID*, το οποίο μπορεί να λάβει τιμές *Daily*, *Weekly*, *Monthly* και *Yearly* (ημερησίως, εβδομαδιαίως, μηνιαίως, ετησίως).
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Επιχειρήσεις κοινής ωφελείας και κρατικές υπηρεσίες»** (Utility and governmental services): Για τις Κρατικές Υπηρεσίες και για τα σημεία Διαχείρισης Απορριμμάτων προβλέπεται το Χαρακτηριστικό *serviceHours* (ώρες εξυπηρέτησης) το οποίο λαμβάνει τιμές από το *DayTimeType* (ημέρες λειτουργίας και ώρα έναρξης). Επίσης, για το αντικείμενο *UtilityObject* προβλέπεται και το γενικό Χαρακτηριστικό *reconstructionDate* για την ημερομηνία επαναλειτουργίας.
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Κτίρια»** (Buildings): Για τις οντότητες κατηγορίας *Construction* (υπό κατασκευή) καθορίζονται συγκεκριμένα χρονικά χαρακτηριστικά τα οποία καταγράφουν ημερομηνία έναρξης κατασκευής, ημερομηνία κατεδάφισης, ημερομηνία ανακαίνισης, και ημερομηνία λειτουργίας.
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Χρήσεις Γης»** (Land Use): απαιτείται εξειδικευμένο application schema για τις Προβλεπόμενες (*Planned*) μελλοντικές Χρήσεις Γης.
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Γεωλογία»** (Geology): Τα Γεωλογικά Συμβάντα και η Γεωλογική Ηλικία αναπαριστούνται στο Μοντέλο με συγκεκριμένα στοιχεία. Σε αυτό το θεματικό επίπεδο η Χρονική Κλίμακα είναι πάρα πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να μην έχει ουσία η ημερομηνία δημιουργίας των γεωλογικών σωμάτων, και η ηλικία τους να θεωρείται αμετάβλητη.
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Ζώνες Φυσικών Κινδύνων»** (Natural Risk Zones): Το μοντέλο περιλαμβάνει ειδική Κλάση με όνομα *MomentOfHazard* (στιγμή κινδύνου) με σκοπό να απεικονίσει την χρονική περίοδο κατά την οποία εκδηλώνεται/εξελίσσεται ένας φυσικό κίνδυνος. Επίσης η οντότητα *InundatedLand* (πλημμυρισμένη γη) περιλαμβάνει ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, για την ημερομηνία καταγραφής του φαινομένου.
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Ορυκτοί Πόροι»** (Mineral Resources): Η Κλάση *Mine* (Ορυχείο) περιλαμβάνει ως χαρακτηριστικά τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης εξόρυξης.
- ⌚ Θεματικό Επίπεδο **«Ενεργειακοί Πόροι»** (Energy Resources): Η οντότητα *EnergyResourceDeposit* διαθέτει συγκεκριμένο Κύκλο Ζωής (lifecycle) ο οποίος αντιπροσωπεύεται από το ειδικό χρονικό χαρακτηριστικό *ConditionOfUtilisation*. Το χαρακτηριστικό ορίζεται ως «η κατάσταση της χρήσης του ενεργειακού πόρου, δεδομένης της ύπαρξης και εξέλιξης εκμετάλλευσης». Η λίστα δυνατών τιμών του χαρακτηριστικού περιλαμβάνει: *noExploitation*, *exploitationInPreparation*, *ongoingExploitation*, *exploited*, *complex-Exploitation*, και *depletedDeposit* (άνευ εκμετάλλευσης, εκμετάλλευση υπό προετοιμασία, εκμετάλλευση εν εξέλιξη, σύνθετη εκμετάλλευση και εξαντλημένος πόρος).

- ⌚ Θεματικό Επίπεδο «**Ορθοφωτογραφία**» (Orthoimagery): ορίζεται ως χαρακτηριστικό ο *Χρόνος Λήψης*, ως αρχή και τέλος περιόδου λήψης.

Ωστόσο σε κανένα από τα Θεματικά Επίπεδα δεν προβλέπονται Χρονικά Χαρακτηριστικά τα οποία θα εξυπηρετήσουν σενάρια μελλοντικού προγραμματισμού ή μοντέλα προβλέψεων. Συγκεκριμένα, τα εξειδικευμένα μοντέλα ανά Θεματικό Επίπεδο δεν προδιαγράφουν Οντότητες για φαινόμενα τα οποία προβλέπονται ή/και έχουν σχεδιαστεί για μελλοντική δράση (όπως στην περίπτωση των Προβλεπόμενων Χρήσεων Γης) ή Οντότητες προσομοίωσης (όπως χρησιμοποιούνται στην Μετεωρολογία). Η εν λόγω Απαιτήση επισημαίνεται και στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (GCM section 10.1 example 2).

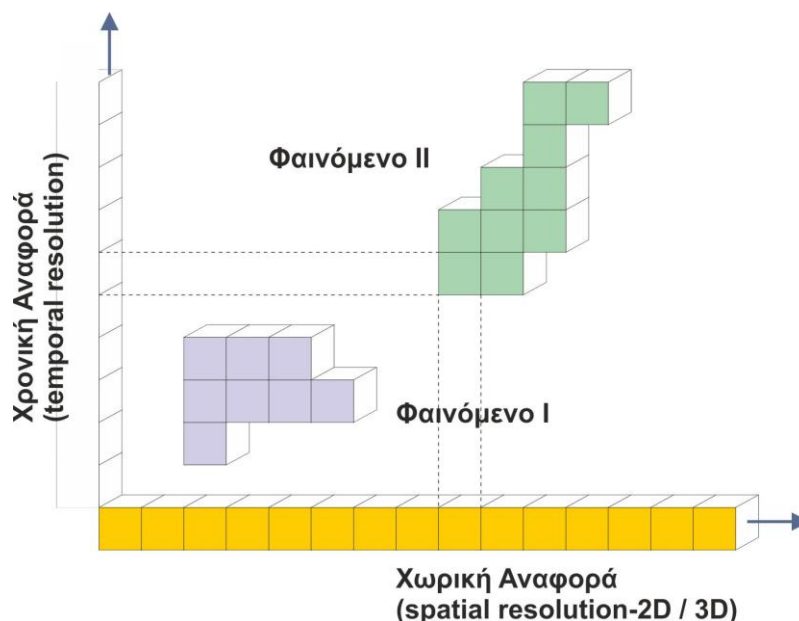
Τέλος, δεν γίνεται πρόβλεψη για μοντελοποίηση φαινομένων τα οποία καταγράφουν τροχιά, μέσω των κινούμενων αντικειμένων (moving objects). Εν τούτοις, ίσως υπάρχουν εφαρμογές σε κάποια Θεματικά Επίπεδα με τέτοιους είδους απαιτήσεις, όπως –για παράδειγμα– η κίνηση κοπαδιών ζώων στο Θεματικό Επίπεδο «Κατανομή Ειδών», η κίνηση Ρευμάτων στα «Ωκεανογραφικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά», η κίνηση βαρυμετρικών και καταιγίδων στα «Μετεωρολογικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά» κ.ο.κ.

4.3. Χώρο-Χρονικές Μονάδες (STUs)

4.3.1. Μοντέλο και Βασική Οντολογία

Θεμέλιο της παρούσας έρευνας αποτελεί η ανάπτυξη ενός κατάλληλου χώρο-χρονικού μοντέλου, του οποίου οι βασικές Παραδοχές παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 (§2.3). Το προτεινόμενο μοντέλο περιγράφει τη ζωή και τις μεταβολές κάθε οντότητας σε ένα εννοιολογικό επίπεδο, λειτουργώντας επικουρικά στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (ΓΕΜ/GCM) του INSPIRE. Η ταξινόμηση του περιβάλλοντος χώρου σε συγκεκριμένες οντότητες αποτελεί προαπαιτούμενο για ένα μοντέλο που επιτυγχάνει τη διαλειτουργικότητα. Καθώς η ταξινόμηση των οντοτήτων δεν είναι εκ των προτέρων απόλυτη, αλλά εξαρτάται από κριτήρια όπως τις απαιτήσεις, τις γνώσεις, το πολιτισμικό υπόβαθρο, και την άποψη για το χώρο-χρόνο των Χρηστών, το μοντέλο στοχεύει σε ένα εννοιολογικό σχεδιασμό που θα επιτρέψει εννοιολογική διαλειτουργικότητα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το INSPIRE επιχειρεί να επιτύχει εναρμόνιση μεταξύ της ετερογένειας χρηστών και εφαρμογών μέσω της ακριβούς και αυστηρής του προτυποποίησης, ουσιαστικά καθορίζοντας ένα εννοιολογικό μοντέλο αποδεκτό από πολλούς (Duce and Janowicz, 2010). Αυτή την προσέγγιση ακολουθεί και το υπό δοκιμή μοντέλο. Το μοντέλο επεκτείνει το βασικό *General Feature Model* το οποίο προβλέπουν οι Τεχνικές Προδιαγραφές της Οδηγίας (έχει περιγραφεί στο Σχήμα 3.9), επιχειρώντας να συμπληρώσει τον διαχωρισμό των οντοτήτων αυτών.

Για το προτεινόμενο μοντέλο, βασική παραδοχή αποτελεί η αντιμετώπιση χώρου και χρόνου ως ένα ενιαίο Σώμα, τεσσάρων διαστάσεων (4D), όπου τα φαινόμενα «υπάρχουν» και «βιώνουν», δίχως να ορίζεται παρελθόν, παρόν και μέλλον, άλλα όπου κάθε χώρο-χρονική θέση είναι ισοδύναμη. Υιοθετώντας μια πλήρως 4διάστατη οπτική, οι οντότητες αλλά και τα συμβάντα θεωρείται, όπως περιγράφει και ο Galton (2003), πως λαμβάνουν χώρα και στις τέσσερις διαστάσεις, ουσιαστικά καταλαμβάνοντας μια χώρο-χρονική περιοχή (spatiotemporal extent). Τα φαινόμενα σε αυτή τη προσέγγιση λογίζονται στο μοντέλο ότι καταλαμβάνουν «κομμάτια» από τον 4διάστατο χώρο-χρόνο. Τα φαινόμενα (Οντότητες στο μοντέλο) «ζουν» και εξελίσσονται, οπότε οι τομές του φαινομένου ως προς τον άξονα του Χρόνου περιγράφουν τα διαδοχικά στάδια του Βίου τους, ενώ η έκταση που καταλαμβάνει το φαινόμενο στον



Σχήμα 4.5 Φαινόμενα που καταλαμβάνουν μια χώρο-χρονική έκταση, και επιμερισμός σε STUs

άξονα του Χρόνου περιγράφει την Ιστορία του, όπως την αντιλαμβανόμαστε (Σχήμα 4.5). Για να τυποποιηθούν οι έννοιες αυτές στο Μοντέλο, ορίζονται τα εξής:

- Οι **Οντότητες** κατά το Μοντέλο ταυτίζονται με τις Οντότητες (*Entities*) όπως ορίζονται από το INSPIRE: αποτελούν περιγραφές των Φαινομένων που εξελίσσονται στον Πραγματικό Κόσμο. Μια Οντότητα θεωρείται ότι υπάρχει διαρκώς, και από την αρχή του χρόνου, ακόμη και αν δεν αντιστοιχεί σε αυτήν φυσική απεικόνιση εντός του χώρο-χρονικού Σώματος.
- Τα **Αντικείμενα** του Μοντέλου υιοθετούν και επεκτείνουν την έννοια του *Spatial Object* όπως καθορίζεται στο INSPIRE (ή *Feature* κατά ISO 191xx). Ως **Χώρο-Χρονικό Αντικείμενο** ορίζεται η αφαιρετική απόδοση μιας Οντότητας, αντιστοιχούμενη σε μια συγκεκριμένη θέση ή έκταση – αλλά όχι μόνο στον γεωγραφικό χώρο, αλλά και στον χρόνο. Τα χώρο-χρονικά Αντικείμενα εκφράζουν τα *spatiotemporal extents* της Οντότητας, όταν αυτή αποκτάει φυσική υπόσταση στον 4διάστατο χώρο-χρόνο. Ουσιαστικά, κάθε Αντικείμενο αντιστοιχεί σε ένα *Επεισόδιο* μιας Οντότητας.

Οι Οντότητες, όπως εκφράζονται στο μοντέλο, περιγράφουν τόσο τη φυσική ύπαρξη, όσο και την πορεία των φαινομένων. Αυτό το δίπτυχο όψεων του φαινομένου (*dual-aspect*) δεν είναι απευθείας ξεκάθαρο, αλλά έγκειται στο Χρήστη να κρίνει και να επιλέξει την άποψη που εκφράζει η κάθε Οντότητα, στηριζόμενος/η στο τελικό πεδίο εφαρμογής. Για το προτεινόμενο μοντέλο, ο 4διάστατος κόσμος αποτελείται από τέτοια δίπτυχα τμήματα «ύλης», που στη βιβλιογραφία συναντώνται ως *Hyperobjects* (Galton, 2005). Όπως είχε αναφερθεί και στις βασικές παραδοχές, κάθε οντότητα και αντικείμενο συμπεριλαμβάνει χαρακτηριστικά, και οι ιδιότητες αυτές χωρίζονται σε τρεις διακριτές περιγραφικές περιοχές, ή τρεις (3) *Τομείς*: *Χωρικό (S)*, *Χρονικό (T)* και *Θεματικό/Ταυτότητας (C)*.

Επεκτείνοντας τις βασικές αρχές των Stell and West (2004), οι αρχές της Οντολογίας του 4διάστατου μοντέλου είναι:

1. Κάθε Οντότητα υφίσταται σε ένα πλέγμα τεσσάρων διαστάσεων, τρεις για τον χώρο και μία για τον χρόνο. Ως εκ τούτου, κάθε οντότητα θεωρείται υπαρκτή και ενεργή, είτε χρονικά την

τοποθετούμε στο παρόν, είτε στο παρελθόν, είτε στο μέλλον.

2. Η χρονική έκταση που καταλαμβάνει μια Οντότητα παρατηρείται σε απόλυτο σύστημα αναφοράς και όχι σε σχέση με την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα.
3. Οι Οντότητες εκτείνονται τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο, και αποτελούνται από χωρικά, χρονικά και θεματικά στοιχεία.
4. Στην περίπτωση που 2 Οντότητες καταλαμβάνουν την ίδια χώρο-χρονική έκταση και χαρακτηρίζονται από πανομοιότυπα θεματικά στοιχεία, θεωρούνται πως είναι η ίδια Οντότητα³
5. Η Οντότητα θεωρείται σημαντική για όλη της την Ύπαρξη.
6. Η ύπαρξη μιας Οντότητας ξεκινάει από την αρχή του απόλυτου χρόνου αναφοράς (*continuant*).
7. Η Οντότητα επιμερίζεται σε στοιχειώδεις «Μονάδες», οι οποίες περιγράφουν τη συμπεριφορά της στους χωρικούς, χρονικούς και θεματικούς Τομείς.

Σύμφωνα με την οντολογία, οι 4διάστατες Οντότητες δεν είναι απαραίτητα συνεχώς παρούσες σε ένα σημείο του χρόνου. Το σύνολο της έκτασής τους στο χώρο και το χρόνο περιγράφεται από τα Αντικείμενα. Ένα Αντικείμενο σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή θεωρείται χρονικό μέρος του Όλου της οντότητας.

Η χρονική αναφορά στις τέσσερις διαστάσεις στηρίζεται στην παραδοχή του Time-Stamping (βλ. §2.2.1), η οποία προδιαγράφεται και από το INSPIRE, και βάσει της οποίας η αναφορά γίνεται βάσει ενός ζεύγους χρονικών στιγμών (αρχής και τέλους). Ωστόσο, η προσέγγιση του προτεινόμενου μοντέλου είναι σαφώς αντικειμενοστρεφής, ακολουθώντας την πρόταση των Ramachandran et al. (1994) για ορισμό *Temporal Change Objects*, δηλαδή αντικείμενα με αναφορά σε προηγούμενες και επόμενες Εκδόσεις. Η εφαρμογή time-stamping επιτρέπει δυνητικά την επίτευξη *Χρονικής Ευθυγράμμισης* (Temporal Alignment) μεταξύ των Αντικειμένων (Dignös, Böhlen and Gamper, 2012), καθώς διευκολύνει την ανάπτυξη τελεστών χώρο-χρονικής Ανάλυσης όπως

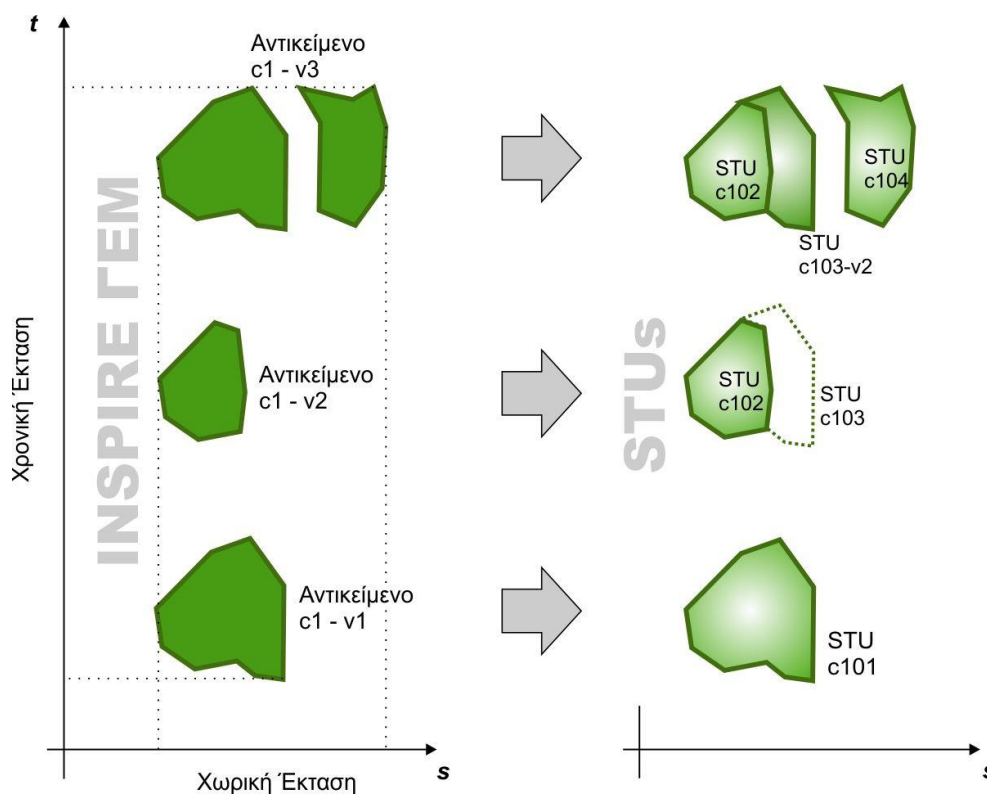
- ✓ Διάδοση Timestamps (Timestamp propagation), ώστε να μειωθεί ο αριθμός των snapshots σε απαραίτητες.
- ✓ Εφαρμογή συσχέτισης Lineage, αξιοποιώντας το στερεότυπο lifeCycleInfo, όπως περιγράφηκε στην §4.2.3.

Το ΓΕΜ του INSPIRE προβλέπει τη σύνταξη συμπληρωματικών Βασικών Μοντέλων (*Base Models*), τα οποία μπορούν να επεκτείνουν τα όσα ορίζει το βασικό UML διάγραμμα του GCM, και να αξιοποιηθούν, αν απαιτείται, από τα εξειδικευμένα application schemas των Θεματικών Περιοχών (Portele et al., 2013a – §9.9). Εν προκειμένω, τέτοια Base Models περιλαμβάνουν μοντέλο για δικτυακές οντότητες, coverages κ.α. Το προτεινόμενο μοντέλο συντάσσεται ως Sub-package δομής Base Model του INSPIRE, δηλαδή εμπεριέχει γενικές οδηγίες σχεδιασμού που μπορούν να αφομοιωθούν από τα application schemas. Επιπλέον, εμπεριέχει σειρά προσεγγίσεων και προτάσεων Σχεδιασμού, συμπληρωματικών των application schemas.

4.3.2. Ορισμός Χώρο-Χρονικών Μονάδων

Το προτεινόμενο μοντέλο επεκτείνει την προσέγγιση περί Οντοτήτων και Αντικειμένων του

³ Αρχή η οποία μπορεί να αναιρεθεί λόγω ειδικών αναγκών στο application schema

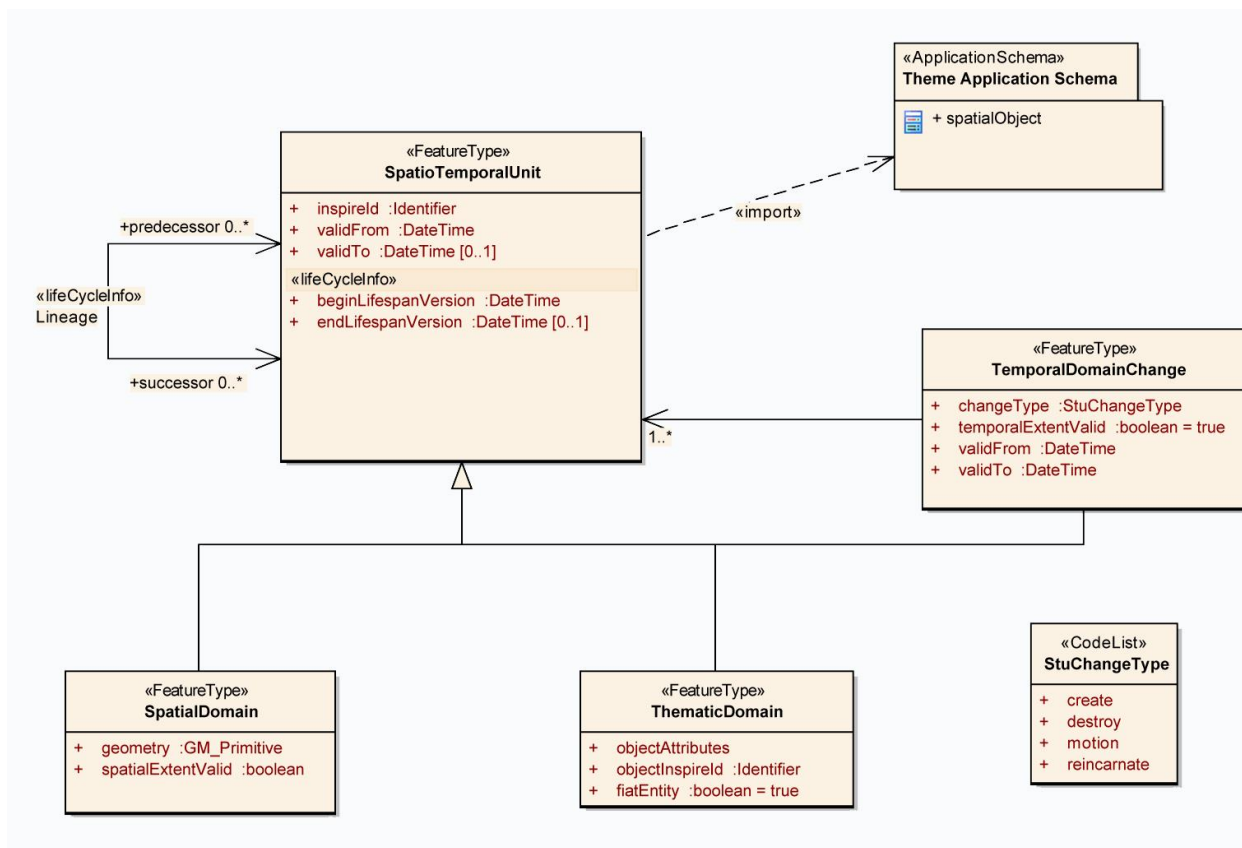


Σχήμα 4.6 Παράδειγμα επιμερισμού Αντικειμένων διαφορετικών Εκδόσεων σε Χώρο-Χρονικές Μονάδες (STUs)

Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου του INSPiRE, αντιμετωπίζοντας τις Οντότητες –και τα αντικείμενα που τις περιγράφουν- ως Σύνολα όμοιων Μονάδων, οι οποίες συμπεριφέρονται με συγχρονισμένο και συλλεκτικό τρόπο. Αυτό δεν σημαίνει πως τα Φαινόμενα απλά ανάγονται σε απόλυτες Συναθροίσεις επιμέρους τμημάτων, αλλά η συλλογική συμπεριφορά εξαρτάται από τα επιμέρους τμήματα, άρα θεωρείται εξίσου σημαντική. Οι βασικές αρχές της προσέγγισης αυτής είναι όμοιες με τη θεωρία του Galton (Galton, 2005 - Dupenois and Galton, 2012) για *Συλλογικά Δυναμικά Φαινόμενα (Dynamic Collectives)*, τα οποία χρησιμοποίησε για να περιγράψει φαινόμενα σύνθετης συμπεριφοράς, όπως σμήνη πουλιών, καταιγίδες, κυκλοφοριακή κίνηση κ.ο.κ. Ο σχεδιασμός των Αντικειμένων βάσει αυτής της φιλοσοφίας επιτρέπει, αναλόγως των αναγκών και της προσέγγισης της εκάστοτε εφαρμογής, η κάθε Οντότητα να περιγράφεται και να αξιοποιείται είτε ως φυσική ύπαρξη είτε ως συμβάν το οποίο εξελίσσεται.

Το μοντέλο περιγράφει το Βίο, τη Συμπεριφορά και τις Μεταβολές των Οντοτήτων καθορίζοντας την βασική έννοια της **Χώρο-Χρονικής Μονάδας (Spatiotemporal Unit – STU)**. Ως Χώρο-Χρονικές Μονάδες ορίζονται οι επιμέρους στοιχειώδεις συνιστώσες των Οντοτήτων του μοντέλου, οι οποίες περιγράφουν τμηματικά τα χωρικά, χρονικά και θεματικά χαρακτηριστικά του συνόλου της χώρο-χρονικής έκτασης των οντοτήτων. Τα Αντικείμενα με τα οποία αποδίδονται οι Οντότητες στην εφαρμογή του μοντέλου, καταταμούνται σε επιπλέον 4διάστατα «κομμάτια», τα οποία όταν συνδυάζονται περιγράφουν τη ζωή, κίνηση και συμπεριφορά της οντότητας (Σχήμα 4.6).

Μια Χώρο-Χρονική Μονάδα αποτελεί την απλούστερη δυνατή απόδοση (μέγιστη κατάτμηση) των χωρικών, χρονικών και θεματικών στοιχείων μιας οντότητας σε μία χώρο-χρονική θέση, για όλη την χώρο-χρονική έκταση της Οντότητας. Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες αποτελούν αφαιρετικές έννοιες, οι



Σχήμα 4.7 Διάγραμμα UML του προτεινόμενου Βασικού Μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (STUs)

οποίες ιδρύονται για τις ανάγκες του μοντέλου.

Εάν, βάσει του μοντέλου των τριών τομέων, ορίσουμε τα χωρικά χαρακτηριστικά $s \in S$, τα χρονικά χαρακτηριστικά $t \in T$ και τα θεματικά χαρακτηριστικά $c \in C$, τότε η θέση της κάθε Χώρο-Χρονικής Μονάδας STU στη χώρο-χρονική έκταση της Οντότητας καταγράφεται ως $STU \equiv pos : C \times T \rightarrow 2^S$

Η συνάρτηση pos εκφράζει τις χώρο-χρονικές μονάδες, καθώς $pos(c,t) = s$, δηλαδή η χωρική θέση s μιας STU είναι συνάρτηση των θεματικών της στοιχείων c σε μια δεδομένη χρονική στιγμή t . Με τη συνάρτηση αυτή διασφαλίζεται πως μία STU δεν θα βρίσκεται σε παραπάνω από ένα μέρος σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή. Η pos απεικονίζει ένα σύνολο χώρο-χρονικών θέσεων, για τις οποίες ισχύει ότι $pos(c,t) = \emptyset$ εάν τα χαρακτηριστικά c δεν υφίστανται σε χρονική στιγμή t . Ένα Αντικείμενο O μπορεί να απαρτίζεται από μία ή περισσότερες $STUs$ ($STU \subseteq O$). Εάν μία Οντότητα E δεν εκτείνεται σε συγκεκριμένες χώρο-χρονικές θέσεις, τότε $pos(c,t) = \emptyset$ άρα το O δεν υπάρχει. Σε περίπτωση που μία STU καταλαμβάνει ακριβώς τις ίδιες pos με μία STU' , τότε θεωρούνται $STU = STU'$.

Σε εννοιολογικό επίπεδο, οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες χρησιμοποιούνται ως επιμέρους κλάσεις των Αντικειμένων, με τα οποία συνδέονται με συσχέτιση aggregate, κατά την οποία τα $STUs$ συμμετέχουν (*participate*) στα Αντικείμενα. Το Αντικείμενο λειτουργεί ως Συλλογή από $STUs$, τα οποία περιγράφουν τη συμπεριφορά του. Τα $STUs$ ουσιαστικά συμπληρώνουν τις Εκδόσεις (Versions) των Αντικειμένων όπως τις προδιαγράφει το INSPIRE, και πλέον καταγράφονται Εκδόσεις των $STUs$. Πρέπει να διευκρινιστεί πως τα $STUs$ δεν είναι απλά «εκδόσεις» των Αντικειμένων: μία «έκδοση» Αντικειμένου για συγκεκριμένη χρονική στιγμή μπορεί να περιγράφεται από δύο ή περισσότερα $STUs$, σε όσα έχει καταταμηθεί η Οντότητα σε ολόκληρη τη χώρο-χρονική έκτασή της.

Στα STUs αποδίδεται τύπος αντικειμένου `SpatioTemporalUnit`, για το οποίο η «γενεαλογία» των STUs που διαχωρίστηκαν ή/και ενώθηκαν αποδίδεται κάνοντας χρήση μιας συσχέτισης *Lineage* μεταξύ των STUs που έχουν ρόλο «διαδόχου» (*successor*) και «προκατόχου» (*predecessor*), όπως προβλέπει το στερεότυπο *lifeCycleInfo* - δηλαδή υιοθετείται η προσέγγιση που παρουσιάστηκε στην §4.2.3. Τα STUs με τη σειρά τους συνδέονται με *aggregate* συσχετίσεις με κλάσεις που περιγράφουν:

- 🕒 τη Θεματική περιοχή (Thematic domain), στην οποία ανήκουν τα θεματικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου, και τα στοιχεία Ταυτότητάς του. Ειδικά στα STUs στη θεματική περιοχή καταγράφονται τα στοιχεία ταυτότητας της Μονάδας, του Αντικειμένου το οποίο συνθέτει, της τρέχουσας έκδοσης και της έκδοσης Αντικειμένου.
- 🕒 τη Χωρική περιοχή (Spatial domain), όπου περιγράφεται η γεωμετρική απεικόνιση και η θέση του κάθε αντικειμένου. Για να αποδοθεί η διαρκής «ύπαρξη» της STU για όλο το *extent* της Οντότητας, εισάγεται το χαρακτηριστικό `spatialExtentValid`, που δέχεται τιμή *null* για περιόδους που η Μονάδα δεν έχει χωρική αναφορά.
- 🕒 τη Χρονική περιοχή (Temporal domain), η οποία απεικονίζει τη χρονική πληροφορία της οντότητας. Αποτελεί κεντρικό κομμάτι της κλάσης του STU. Εισάγεται το χαρακτηριστικό `temporalExtentValid`, που δέχεται τιμή *null* για περιόδους που η Μονάδα δεν έχει χρονική αναφορά – βλ. συνάρτηση *lifetime* παρακάτω.

Η εφαρμογή των Χώρο-Χρονικών Μονάδων σε Λογικό Επίπεδο αφορά την αφομοίωση του Base Model από συγκεκριμένα Application Schemas. Αναλόγως της Θεματικής Περιοχής του INSPIRE και των τεχνικών προδιαγραφών του schema της, τα STUs προσαρμόζονται ώστε να αποδώσουν τις Οντότητες της Θεματικής Περιοχής. Οι τρεις τομείς προσαρμόζονται αναλόγως – για παράδειγμα, στο χωρικό τομέα τα χαρακτηριστικά γεωμετρίας και θέσης κληρονομούν τα αντίστοιχα των προδιαγραφόμενων Αντικειμένων. Ομοίως προσαρμόζονται οι προβλεπόμενες Μεταβολές και η αλλαγή Ταυτότητας. Τέλος, καθορίζεται το *granularity* (ανάλυση) της χωρικής και χρονικής αναφοράς του κάθε STU. Σε Φυσικό επίπεδο υλοποίησης, τα STUs μπορούν να αποδοθούν με δικό τους πίνακα, συνδεδεμένο βάσει του *InspireId* με τον πίνακα των Αντικειμένων που περιγράφουν. Τα γεωμετρικά στοιχεία δεν συνδέονται πλέον με τα Αντικείμενα, αλλά με τα επιμέρους STU τους.

Η εισαγωγή της έννοιας των STUs εξυπηρετεί στην αναλυτικότερη περιγραφή των τριών τομέων των χαρακτηριστικών και ταυτόχρονα τήρηση της ιστορικότητας. Έτσι, επιτρέπουν την βέλτιστη ανάκτηση των στοιχείων που ενδιαφέρουν, την αξιοποίησή τους μέσω χώρο-χρονικής Ανάλυσης, και προσφέρουν καλύτερες λύσεις σε εξειδικευμένα θέματα χώρο-χρονικής έρευνας, όπως η οπτικοποίηση και η χώρο-χρονική Γενίκευση.

4.3.3. Ανάλυση και Περιορισμοί

Βασικός ρόλος των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (STUs) είναι να αποδίδουν την ύπαρξη και την κίνηση των Αντικειμένων τα οποία απαρτίζουν. Κατά τις διαδικασίες Χωρικής Ανάλυσης, τα φαινόμενα μπορούν να αποδοθούν είτε ως δυναμικά συμβάντα, είτε αντικείμενα με ιστορία. Οι παρακάτω συναρτήσεις *lifeline*, *lifetime* και *epi(sode)* περιγράφουν το Βίο και Κίνηση μιας STU, χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση *pos*:

$$\diamond \text{ Η } lifeline(c) = \{ \langle s, t \rangle \in S \times T \mid s \in pos(c, t) \}.$$

Περιγράφει το σύνολο των χώρο-χρονικών θέσεων που καταλαμβάνει το STU στο χρόνο ζωής του.

$$\diamond \text{ Η } lifetime(c) = \{ t \in T \mid pos(c, t) \neq \emptyset \}.$$

Περιγράφει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το STU υπάρχει, δηλ. καταλαμβάνει μια χώρο-χρονική θέση.

- ❖ Η $ep(c, t_1, t_2) = \{ \langle s, t \rangle \in \text{lifeline}(c) \mid t_1 \leq t \leq t_2 \}$.

Περιγράφει ένα ειδικό επεισόδιο στη *lifeline* ενός STU, θεωρώντας ότι $(t_1, t_2) \subseteq \text{lifetime}(c)$.

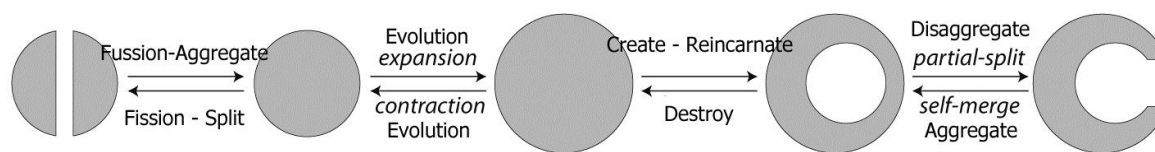
Η συνάρτηση για το Επεισόδιο ουσιαστικά χρησιμοποιείται για να περιγράψει σημαντικά Συμβάντα στη ζωή του STU. Αν θέλουμε να περιγράψουμε ένα φαινόμενο ως Δυναμικό Συμβάν, τότε το εκφράζουμε ως μια Συλλογή C δύο ή περισσότερων τέτοιων Επεισοδίων από τα επιμέρους STUs που το συνθέτουν. Εάν θέλουμε να περιγράψουμε την ιστορία του φαινομένου, τότε αυτή παράγεται από τη συνάθροιση όλων των Συλλογών επεισοδίων C και την εφαρμογή της συνάρτησης *lifeline* – δηλ. $\text{lifeline}(UC)$.

Όπως προκύπτει, με την υιοθέτηση των STUs, το μοντέλο είναι σε θέση να αποδώσει το δίπτυχο της φύσης των γεωγραφικών φαινομένων. Ουσιαστικά λειτουργεί, αναλόγως των αναγκών, είτε ως ένα *event-based model* είτε ως *object-based model*. Ωστόσο, υφίσταται ένας περιορισμός ως προς τη χώρο-χρονική Ανάλυση: το μοντέλο περιγράφει τη Μεταβολή μέσω των αποτελεσμάτων της και όχι ως συγκεκριμένη πληροφορία, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να απαντήσει αποτελεσματικά σε Ερωτήματα για το "τι συνέβη" ή "πότε συνέβη". Παρακάτω ακολουθεί προσέγγιση για να αναιρεθεί ο περιορισμός αυτός.

4.4. Ταυτότητα και Μεταβολή

Το πέρασμα του Χρόνου και οι επιπτώσεις του παρακολουθούνται και καταγράφονται με αφορμή τις Μεταβολές που λαμβάνουν χώρα. Ωστόσο, ο επακριβής ορισμός του πότε θεωρούμε πως κάτι έχει υποστεί μεταβολή ή όχι δεν είναι εύκολος. Στην αντικειμενοστρεφή προσέγγιση, η οποία επιλέγεται για την πλειοψηφία των οντοτήτων στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE, η Μεταβολή λαμβάνει χώρα εάν ένα συμβάν –ή ακολουθία συμβάντων- μεταβάλλει την κατάσταση μίας ή περισσότερων οντοτήτων, όσον αφορά την ταυτότητά τους, τη θέση του και/ή τις ιδιότητές τους. Ωστόσο, υφίστανται οντότητες σε Θεματικά Επίπεδα, οι οποίες προσεγγίζονται καλύτερα μέσω ενός μοντέλου πεδίου (πχ coverages), όπου η Μεταβολή λαμβάνει χώρα όταν ένα συμβάν μεταβάλλει την κατάσταση σε οτιδήποτε βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη θέση. Κρίσιμο σημείο είναι ο καθορισμός του βαθμού Μεταβολής, η οποία αλλάζει τελείως την ταυτότητα του αντικειμένου, με αποτέλεσμα αυτό να τη χάσει και να παύσει να υπάρχει.

Το ερώτημα το οποίο διέπει τον καθορισμό της ακριβούς ταυτότητας ενός αντικειμένου (spatial object) στο INSPIRE είναι το πότε δύο «περιπτώσεις» αντικειμένων ουσιαστικά αποτελούν «περιπτώσεις» του ίδιου αντικειμένου - οπότε και Εκδόσεις του Αντικειμένου, κατά το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο. Ως «περίπτωση» ενός αντικειμένου λογίζεται η «παρατήρηση» του αντικειμένου από συγκεκριμένους χρήστες, και υπό συγκεκριμένες συνθήκες, παρατήρηση η οποία εν τέλει ανάγεται στο πώς αντιλαμβάνονται οι χρήστες ενός πεδίου εφαρμογών τον γύρω κόσμο. Να διευκρινιστεί πως οι «παρατηρήσεις» των «περιπτώσεων» των αντικειμένων γίνονται στον χώρο και στον χρόνο (Galton, 2003). Το ερώτημα για την αλλαγή ταυτότητας αφορούν οι παρατηρήσεις «περιπτώσεων» που γίνονται είτε σε διαφορετικούς χρόνους, είτε σε διαφορετικές χώρο-χρονικές θέσεις.



Σχήμα 4.8 Παράδειγμα των 9 βασικών Μεταβολών (Ουσιωδών και μη), δίχως Κίνηση αντικειμένου

Ο ορισμός της Ταυτότητας έρχεται να απαντήσει στο ερώτημα: «Ποιο είδος συμβάντος δεν θα οδηγούσε απλώς σε μια νέα κατάσταση της οντότητας, αλλά θα σήμαινε την εξαφάνισή της και τη γένεση μιας νέας;» Για να απεικονίσουμε το γεγονός αυτό, ορίστηκαν δύο είδη Μεταβολών (βλ. §2.3.2). Η *Ουσιωδής* Μεταβολή επιδρά στην ταυτότητα και τη ζωή μιας οντότητας. Το αίτιο της Μεταβολής δεν διατηρεί την ταυτότητα της οντότητας, αυτή καταστρέφεται και μία ή περισσότερες νέες δημιουργούνται. Η *Επουσιωδής* Μεταβολή αντιστοιχεί σε εσωτερικές αλλαγές σε κάθε οντότητα, οι οποίες επιδρούν στην «κίνησή» της, στο σχήμα της και στις σχέσεις της με άλλες οντότητες.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, εξαρτάται από την «οπτική» του τελικού χρήστη να ορίσει την ταυτότητα και τη λειτουργία του φαινομένου, εάν δηλαδή απασχολεί η ιστορία του ως οντότητα, ή η κίνησή του ως δυναμική εξέλιξη. Τα φαινόμενα του πραγματικού κόσμου μπορεί να εξελίσσονται συνεχώς. Μια τέτοια συνεχής εξέλιξη αποδίδεται με το μοντέλο των *moving objects* (κινούμενων αντικειμένων). Ωστόσο, στην παρούσα έρευνα, όπου το πεδίο μελέτης εκτείνεται στα πεδία εφαρμογής που αφορούν το INSPIRE, για πολλές οντότητες οι μεταβολές δεν είναι διαρκείς και συνεχείς, αλλά λαμβάνουν χώρα ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Ακόμη και για τις λιγότερες περιπτώσεις όπου περιγράφονται συνεχώς εξελισσόμενα φαινόμενα, το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE δεν προβλέπει μηχανισμούς καταγραφής τροχιάς. Για τις ανάγκες της παρούσης, θεωρείται πως οι Οντότητες μεταβάλλονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, για τα οποία υπάρχει καταγεγραμμένη χρονική πληροφορία. Οι Οντότητες θα αντιμετωπίζονται ως ***Evolving Objects*** (αντί ως *moving* - Mota et al., 2009) και γίνεται η παραδοχή πως η κατάσταση τους μεταξύ δύο *Επεισοδίων* παραμένει αμετάβλητη, και δύνανται να προκύψει από παρεμβολή.

4.4.1. Διαχείριση Ταυτότητας και Μεταβολής στο Εκτεταμένο Μοντέλο

Η ταξινόμηση αυτή των Μεταβολών σε Ουσιωδείς και μη δεν είναι εφικτή, εάν δεν προηγηθεί αυστηρός καθορισμός της ταυτότητας της κάθε οντότητας. Ο καθορισμός αυτός εξαρτάται από την τελική εφαρμογή και τη σημασία της κάθε οντότητας σε αυτήν, ώστε να ξεκαθαριστεί και η σπουδαιότητα της κάθε Μεταβολής. Το προτεινόμενο μοντέλο, για την ακριβέστερη περιγραφή της κάθε Μεταβολής, χρησιμοποιεί μια σειρά τελεστών για να την περιγράψει. Οι τελεστές αυτοί περιλαμβάνουν: *Δημιουργία*, *Διαγραφή*, *Αναγέννηση*, *Συγχώνευση*, *Διάσπαση* και *Εξέλιξη* – μεταμόρφωση για τις Ουσιωδείς Μεταβολές, ενώ οι Επουσιωδείς περιγράφονται από την *Αναπαραγωγή* (νέες οντότητες γεννούνται ενώ οι αρχικές διατηρούνται), *Συνένωση*, *Διαίρεση* και *Κίνηση* (Σχήμα 4.8).

Όπως αναφέρθηκε (§4.3.3), σε ένα μοντέλο στηριζόμενο στο time-stamping, το οποίο είναι καταλληλότερο για Ερωτήματα όπως «η κατάσταση του αντικειμένου το χρονικό διάστημα S», υφίσταται ο εγγενής περιορισμός σε Ερωτήματα εντοπισμού του «τι συνέβη». Το πλεονέκτημα της υιοθέτησης της

έννοιας των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (STUs) είναι πως καθίσταται δυνατή η «αναγνώριση» της Μεταβολής μέσω των μεταβολών και της πορείας των STUs που απαρτίζουν το Αντικείμενο. Το μοντέλο ορίζει τις μορφές των Μεταβολών στις οποίες κάθε αντικείμενο είναι πιθανό να υπόκειται, λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι κάθε Μεταβολή δημιουργεί ένα καινούργιο STU.

Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες συμπεριφέρονται ως επιμέρους σταθερά τμήματα του ευρύτερου Αντικειμένου. Εφαρμόζοντας αρχές όμοιες με αυτές που προδιαγράφουν οι Durpenois και Galton (2012) για τις *τελείες* (dots) που απαρτίζουν δυναμικά μοτίβα κουκίδων, προκύπτει πως είναι τέτοιος ο σχεδιασμός των STUs ώστε μπορούν να υποβληθούν σε τέσσερα (4) μόνο είδη Μεταβολών: *Δημιουργία*, *Διαγραφή*, *Αναγέννηση* και *Μετάθεση* (κίνηση ή αλλαγή θεματικών χαρακτηριστικών). Περιορίζοντας τόσο σημαντικά τον αριθμό των προβλεπόμενων Μεταβολών διευκολύνεται η καταγραφή της κάθε μίας εκ των τεσσάρων μεταβολών. Ελέγχοντας την εξέλιξη των Μεταβολών των επιμέρους STUs, μπορούμε να τυποποιήσουμε τις δέκα (10) προβλεπόμενες Μεταβολές βάσει του τι έχει αλλάξει στην κατάσταση των STUs που απαρτίζουν το αντικείμενο. Με τους βασικούς αυτούς κανόνες, το σύστημα μπορεί να εντοπίσει και να χαρακτηρίσει τις Μεταβολές, σαν να λειτουργούσε ένα δίκτυο ελέγχου με sensors (Shi and Winter, 2010) εντός των αντικειμένων.

Καταμετρώντας τις μεταβολές των STUs, ποσοτικοποιώντας τα αποτελέσματα, και συγκρίνοντάς τα με συγκεκριμένους κανόνες, μπορεί να περιγράψει τι συνέβη κατά την εξέλιξη του Αντικειμένου. Εφαρμόζοντας την προσέγγιση αυτή, προκύπτουν οι εξής κανόνες:

Μεταβολή στο Αντικείμενο	Μεταβολές στα STUs
Ουσιώδεις Μεταβολές	
<i>Create (Δημιουργία)</i>	Το <u>σύνολο</u> των STUs του Αντικειμένου <i>Δημιουργείται</i> : νέα έκδοση των STUs, δίχως predecessor STUs
<i>Destroy (Διαγραφή)</i>	Το <u>σύνολο</u> των STUs του Αντικειμένου <i>Διαγράφεται</i> : νέα έκδοση των STUs, με <code>spatialExtentValid=NULL</code> ή/και <code>temporalExtentValid=NULL</code>
<i>Kill/Reincarnate (Αναγέννηση)</i>	Το <u>σύνολο</u> των STUs του Αντικειμένου <i>Αναγεννιέται</i> : νέα έκδοση των STUs, με predecessor STUs όπου <code>spatialExtentValid=NULL</code> ή/και <code>temporalExtentValid=NULL</code>
<i>Fusion (Συγχώνευση)</i>	Το <u>σύνολο (2 και άνω)</u> των STUs του Αντικειμένου <i>Δημιουργείται</i> . Νέα έκδοση των 2+ STUs, των οποίων οι αμέσως προηγούμενοι predecessor αντιστοιχούν σε 2+ διαφορετικά Αντικείμενα (διαφορετικά inspireId).
<i>Fission (Διάσπαση)</i>	Το <u>σύνολο (2 και άνω)</u> των STUs του Αντικειμένου <i>Διαγράφεται</i> . Οι 2+ successor <i>Δημιουργούνται</i> ή/και <i>Αναγεννιούνται</i> , και αντιστοιχούν σε 2+ διαφορετικά Αντικείμενα (διαφορετικά inspireId).

<i>Evolution (Εξέλιξη – μεταμόρφωση)</i>	Το <u>σύνολο</u> των STUs του Αντικειμένου <i>Διαγράφεται</i> . Οι 1+ successor <i>Δημιουργούνται</i> ή/και <i>Αναγεννιούνται</i> , και αντιστοιχούν σε 1 νέο Αντικείμενο (διαφορετικό inspireId).
Επουσιώδεις Μεταβολές	
<i>Spawn (Αναπαραγωγή – νέες οντότητες γεννούνται ενώ οι αρχικές διατηρούνται)</i>	<u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου παραμένει Αμετάβλητο. <u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου <i>Διαγράφεται</i> . Ο 1+ successor <i>Δημιουργείται</i> ή/και <i>Αναγεννιέται</i> , και αντιστοιχεί σε διαφορετικό Αντικείμενο (διαφορετικό inspireId).
<i>Aggregate (Συνένωση)</i>	<u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου παραμένει Αμετάβλητο. <u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου <i>Δημιουργείται</i> ή <i>Μετατίθεται</i> .
<i>Disaggregate (Διαίρεση)</i>	<u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου παραμένει Αμετάβλητο. <u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου <i>Μετατίθεται</i> .
<i>Motion (αλλαγή γεωμετρίας ή/και θέσης, αλλαγή θεματικών χαρακτηριστικών)</i>	<u>Τουλάχιστον ένα</u> (1+) από τα STUs του Αντικειμένου <i>Μετατίθεται</i> : νέα έκδοση των μετακινούμενων STUs, με predecessor STUs ίδιου inspireId.

4.4.2. Ιδιότητες της Μεταβολής ανά Θεματική Περιοχή

Η προσθήκη των Χώρο-Χρονικών Μονάδων ως Base Model συμπληρωματικά στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE επιτρέπει την υιοθέτηση και αξιοποίηση του Βασικού αυτού Μοντέλου στα εξειδικευμένα application schemas των Θεματικών Επιπέδων. Όπως εφαρμόζεται το Generic Feature Model του ΓΕΜ για να οριστούν οι Οντότητες των Schemas, προτείνεται να δημιουργηθεί ένα *Generic Change Model*, το οποίο ουσιαστικά να προδιαγράφει τους κανόνες της §4.4.1 περί της ταξινόμησης και εντοπισμού των Μεταβολών.

Μπορεί οι κανόνες της §4.4.1 να διευκολύνουν τον χαρακτηρισμό των Μεταβολών, στηρίζοντάς τον στις αριθμητικά λιγότερες και απλούστερες μεταβολές των STUs, ωστόσο ακόμη και αυτές οι μεταβολές πρέπει να χαρακτηριστούν από τον χρήστη. Για παράδειγμα, πότε έχουμε *Αναγέννηση* ενός STU, αντί μιας απλής *Μετάθεση*; Όπως έχει αναφερθεί πολλαπλώς σε αυτή τη διατριβή, η τελική αξιολόγηση μιας Μεταβολής για το αν είναι Ουσιώδης ή όχι, έγκειται στην ερμηνεία και τις ανάγκες των χρηστών του πεδίου εφαρμογής που περιγράφει το application schema.

Η αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού στα πλαίσια των Θεματικών Επιπέδων οφείλει να εκμεταλλευτεί σημαντικά πλεονεκτήματα που δίνει η Οδηγία INSPIRE, όπως η διάθεση Registries και η τυποποιημένη και αυστηρή μορφή που λαμβάνουν οι προδιαγραφές της. Η φύση των προδιαγραφών ευνοεί τον καθορισμό Κανόνων, εξειδικευμένων ανά application schema. Οι Κανόνες καθορισμού των

αποδεκτών Μεταβολών στις Οντότητες ενός Θεματικού Επιπέδου μπορούν να είναι δύο ειδών (Mota et al., 2009):

- *Κανόνες Περιγραφής* των Οντοτήτων και των συσχετίσεών τους, ως προς τις πιθανές αλλαγές. Ουσιαστικά αυτοί οι *description rules* αποδίδονται με το Application Schema καθαυτό, ή έστω σε επιμέρους Views του schema. Ωστόσο, συμπληρωματικά θα πρέπει να καθορίζουν τα semantics των Αντικειμένων, και ειδικά το θέμα της Ταυτότητάς του, και τι ακριβώς την ορίζει (άρα πότε αλλάζει). Ειδική περίπτωση είναι ο καθορισμός της θεματικής περιοχής των STUs, και το πότε ένα STU αλλάζει ταυτότητα.
- *Κανόνες Εξέλιξης* των Οντοτήτων, που να περιγράφουν όλες τις επιτρεπόμενες Μεταβολές των Οντοτήτων που εμφανίζονται στο Schema και να τις ταξινομούν σε Ουσιώδεις και Επουσιώδεις. Αυτοί οι Evolution rules οφείλουν να διευκρινίζουν τις περιπτώσεις όπου συνενώσεις και διαχωρισμοί οδηγούν σε εντελώς νέα Αντικείμενα, ή απλώς νέες Εκδόσεις των προηγούμενων.

Συντάσσοντας τους Κανόνες αυτούς με τη βοήθεια εμπειρογνομόνων επί του Θεματικού Επιπέδου, το INSPIRE επιτρέπει τη σύνταξη και δημοσίευση σχετικού registry, ενός *Approved Change Catalogue*, το οποίο θα καθορίζει το σύνολο των κανόνων για όσα application schemas το χρησιμοποιούν. Συμπληρωματικά, μπορεί να προδιαγραφεί *Υπηρεσία (INSPIRE Service)*, η οποία να εξετάζει τα STUs, να διευκρινίζει το είδος της μεταβολής τους, να τα αθροίζει, και να είναι σε θέση να εντοπίσει τη Μεταβολή των Αντικειμένων ενός data set με μηχανισμούς Case-based Reasoning.

5. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ

5.1. Αξιοποίηση των Χρονικών Ιδιοτήτων του Μοντέλου εντός ενός SDI

5.1.1. Το Προτεινόμενο Μοντέλο στη Χώρο-Χρονική Ανάλυση

Η Ανάλυση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που οδήγησαν στη σύνταξη της Οδηγίας INSPIRE, θέτοντας ως στόχο την υλοποίηση με δομημένο τρόπο μιας ενιαίας Ευρωπαϊκής Υποδομής που θα διευκόλυνε διεργασίες ανάλυσης σε Πανευρωπαϊκό επίπεδο, συνδυάζοντας δεδομένα από 34 διαφορετικές Θεματικές Περιοχές. Το Γενικευμένο Μοντέλο του INSPIRE και, κατ' επέκταση, το προτεινόμενο μοντέλο των STUs, προσφέρουν μέσω τεχνικών προδιαγραφών μια αυστηρά τυποποιημένη μεθοδολογία οργάνωσης και διαχείρισης των δεδομένων – ωστόσο, δεν είναι στη φιλοσοφία τους να τυποποιήσουν τις αναλυτικές μεθόδους και ερωτήματα που μπορεί να προκύψουν σε κάθε εφαρμογή ή χρήση. Το μοντέλο που παρουσιάστηκε στη διατριβή προσφέρει ένα πλαίσιο καλύτερης περιγραφής των χωρικών και χρονικών στοιχείων των φαινομένων, σε ένα ενιαίο πλαίσιο, ώστε να διευκολυνθεί η διατύπωση ερωτημάτων, και να εφαρμοστούν μέθοδοι χώρο-χρονικής Ανάλυσης. Στο Κεφάλαιο αυτό θα εξεταστεί πώς μπορεί να εξυπηρετήσει σε μια τέτοια διαδικασία.

Ο βασικότερος ορισμός της Ανάλυσης την περιγράφει ως την προσπάθεια να εξάγει κανείς επιπρόσθετη πληροφορία, αξιοποιώντας υφιστάμενα δεδομένα. Ο γενικός αυτός όρος προφανώς συμπεριλαμβάνει πολλαπλές επιμέρους διεργασίες, άλλες πολύπλοκες και άλλες λιγότερο σύνθετες, που στοχεύουν στη διαχείριση των δεδομένων μέχρι να επιτευχθεί ο στόχος. Στον τομέα της Γεωπληροφορικής, η Χωρική Ανάλυση στηρίζεται στην ακριβή περιγραφή των γεγονότων στο γεωγραφικό χώρο, και επιδιώκει τη συστηματική διερεύνηση των χωρικών προτύπων των γεγονότων αυτών, καθώς και το πώς συσχετίζονται στο χώρο. Στόχος είναι να γίνουν πιο κατανοητές οι διαδικασίες που είναι υπεύθυνες για τη κατανομή αυτών των γεγονότων, καθιστώντας δυνατή τη λήψη μελλοντικών αποφάσεων, καθώς και πρόβλεψη αλλά και έλεγχο των γεγονότων που θα προκύπτουν στο γεωγραφικό χώρο. Προσθέτοντας την έννοια του Χρόνου στις επιδιώξεις που μόλις αναφέρθηκαν, επεκτείνεται ο ορισμός ώστε να περιγραφεί η *Χώρο-Χρονική Ανάλυση*. Στη χώρο-χρονική οπτική, αποκτάει ιδιαίτερη σημασία η έννοια του *γεγονότου*: μια πορεία από γεγονότα περιγράφει την ιστορία μιας Οντότητας στο χώρο-χρόνο, και την κίνησή της ως ένα δυναμικό σώμα.

Η Χώρο-Χρονική Ανάλυση είναι μια επαναληπτική διαδικασία, η οποία, σύμφωνα με τους Andrienko (Andrienko and Andrienko, 2006), περιλαμβάνει μια σειρά διεργασιών, όπως: η διατύπωση Ερωτημάτων, η Επιλογή Αναλυτικών Μεθόδων, η Προετοιμασία των δεδομένων ώστε να υποβληθούν στις Μεθόδους αυτές, η Εφαρμογή των Μεθόδων, και τέλος, η Εκτίμηση, Ερμηνεία και Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παράγονται. Ειδικά για τα χώρο-χρονικά δεδομένα, η χώρο-χρονική ανάλυση διαφοροποιείται από μια στατιστική επεξεργασία, στο είδος των εμπλεκόμενων δεδομένων και στις μεθόδους που διατίθενται. Ωστόσο, το κρίσιμο ζήτημα παραμένει η «διατύπωση» των Ερωτημάτων. Δηλαδή, σε τι είδους ερώτηση θέλει ο χρήστης να απαντήσει, ώστε να εξάγει συμπεράσματα για τα φαινόμενα που παρακολουθεί.

Σύμφωνα με τη Langran (1992), οι βασικότερες χώρο-χρονικές ερωτήσεις, οι οποίες μπορούν να υποστηριχθούν από ένα temporal GIS, εντάσσονται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

- 🕒 Απλές χρονικές ερωτήσεις, π.χ. η θέση ενός αντικειμένου σε δοθείσα χρονική στιγμή t .
- 🕒 Ερωτήσεις χρονικού εύρους, π.χ. η πορεία ενός αντικειμένου σε δοθέν χρονικό διάστημα t_0-t_1 .

- 🕒 Βασικές χώρο-χρονικές ερωτήσεις, π.χ. το στιγμιότυπο ενός συνόλου πολυγώνων.
- 🕒 Ερωτήσεις χώρο-χρονικού εύρους, π.χ. η μεταβολές ενός συνόλου πολυγώνων σε δοθέν χρονικό διάστημα t_0-t_1 .

Το μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων σχεδιάστηκε έχοντας υπόψη την περιγραφή των Οντοτήτων ανεξαρτήτως της τελικής ανάλυσης στην οποία θα υποβληθούν. Μια Οντότητα αντιμετωπίζεται είτε ως αντικείμενο με ιστορική πορεία, είτε ως δυναμικό φαινόμενο, και η Ανάλυση μπορεί να επιλέξει όποια πλευρά απαιτείται σε αυτό το δίπτυχο. Τα παραπάνω ερωτήματα στηρίζονται σε στοιχειώδη διαδικασία Ανάκτησης των δεδομένων. Στο INSPIRE τέτοιου είδους λειτουργίες κανονικά καλύπτονται μόνο από τα metadata. Τα χρονικά ερωτήματα θα μπορούσαν να εξυπηρετηθούν από τα αντίστοιχα metadata του data set (βλ §3.3.4), αλλά η απάντηση θα αφορά όλο το σετ και θα περιορίζεται από τα μεταδεδομένα.

Απευθείας ερωτήσεις στη Βάση θα πρέπει να παρακάμψουν τις Υπηρεσίες του geoPortal του INSPIRE, και να διατυπωθούν απευθείας σε επίπεδο DBMS. Η διατύπωση χρονικών queries με τη βοήθεια SQL δεν αποτελεί πρόβλημα σε ένα application schema που έχει υιοθετήσει τα STUs, καθώς εφαρμόζουν το ίδιο στερεότυπο *lifeCycleInfo* το οποίο προδιαγράφει και το INSPIRE. Όσο οι τύποι δεδομένων ακολουθούν το ISO 8601, τα δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν σε ένα αντικειμενοστρεφές DBMS με temporal extension, όπως π.χ. η *PostgreSQL*, η οποία διαθέτει κατάλληλα data types από το 2007 (Davis, 2012). Εκεί που πραγματικά μπορεί να βοηθήσει το μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων είναι η αναζήτηση βάσει Μεταβολών, ή ακριβέστερα, η ανάκτηση των ίδιων των Μεταβολών. Το μοντέλο επιτρέπει τη σύγκριση των Μεταβολών αναλόγως σημαντικότητας, και την ανάκτηση όλων των συνδεδεμένων με αυτές STUs και Αντικειμένων. Η καταχώρηση των τυποποιημένων Μεταβολών μέσω του application schema στο Χρονικό Τομέα διευκολύνει οποιαδήποτε επιπλέον χρονική διαχείριση.

Η περαιτέρω εξέταση της επάρκειας του προτεινόμενου μοντέλου ως προς τη χώρο-χρονική Ανάλυση εξαρτάται σημαντικά από το πεδίο της εφαρμογής και τις ανάγκες που εξυπηρετεί η Ανάλυση αυτή. Η πλήρης δοκιμή του πως συμπεριφέρονται τα STUs ως προς τις ανάγκες ανάλυσης όλων των εφαρμογών και των 34 Θεματικών Επιπέδων του INSPIRE δεν ήταν στους στόχους και στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής. Εν τούτοις, εξετάζονται οι δυνατότητές του σε κάποια case studies στο επόμενο Κεφάλαιο, ενώ παρακάτω ελέγχεται η συμπεριφορά και χρησιμότητα των Χώρο-Χρονικών Μονάδων σε θέματα Ανάλυσης όπως είναι η Κλίμακα, η Οπτικοποίηση της χώρο-χρονικής πληροφορίας, και η χώρο-χρονική Γενίκευση.

5.1.2. Κλίμακα και Ακρίβεια

Η αξιοποίηση των δεδομένων, είτε βάσει των κλασικών χωρικών χαρακτηριστικών είτε σε χώρο-χρονικό πλαίσιο, εξαρτάται από δύο βασικές έννοιες, οι οποίες διαδραματίζουν βασικό ρόλο στο χαρακτήρα των διαδικασιών που μπορούν να εφαρμοστούν: το **Εύρος** το οποίο καταλαμβάνουν τα δεδομένα (*Extent*), και ο βαθμός **Ανάλυσης** των δεδομένων (*Resolution*).

Το Εύρος των δεδομένων αφορά ουσιαστικά στο μέγεθός τους και στην απόλυτη θέση τους. Χωρικά αυτό σημαίνει το μέγεθος και θέση σε ένα 2D/3D σύστημα αναφοράς (*Spatial Extend*), ενώ Χρονικά σημαίνει το χρονικό διάστημα για το οποίο υφίσταται ένα φαινόμενο (*Temporal Extend*). Τόσο το χωρικό, όσο και το χρονικό εύρος των φαινομένων μπορεί να θεωρηθεί ένα απόλυτο μέγεθος, καθώς –για τις συνθήκες της παρούσης μελέτης και του Ευρωπαϊκού SDI– μετρώνται σε σχέση με απόλυτα και καθορισμένα συστήματα αναφοράς.

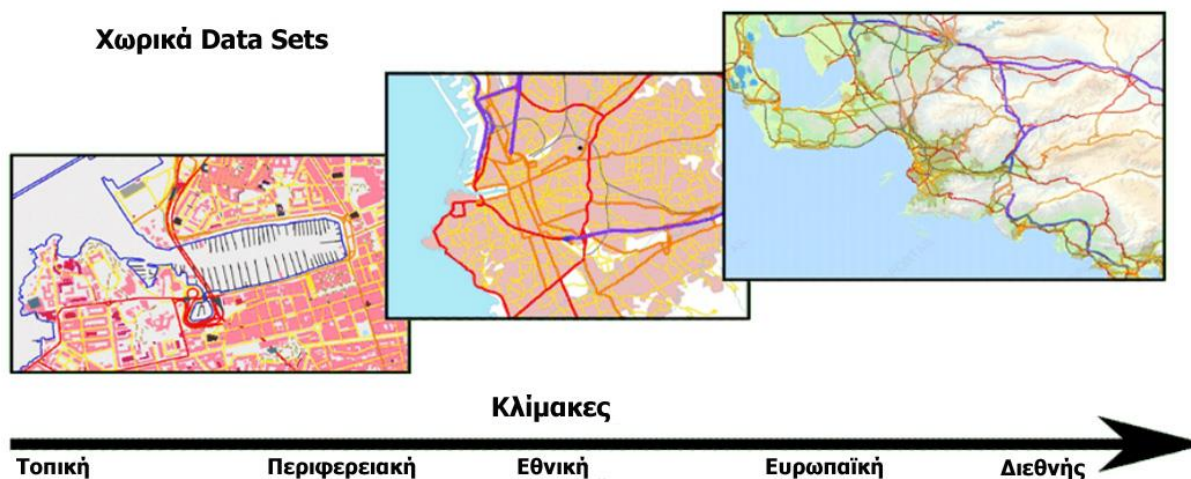
Η Ανάλυση των φαινομένων θεωρείται σχετικό μέγεθος, καθώς δεν είναι κάτι που μετράται σε σχέση

με ένα σύστημα αναφοράς, αλλά ουσιαστικά περιγράφει το βαθμό λεπτομέρειας στον οποίο βρίσκονται τα εξεταζόμενα δεδομένα. Για παράδειγμα, σε δεδομένα δομής coverage η χωρική ανάλυσή τους συχνά αντιστοιχίζεται με το μέγεθος του φατνίου (pixel), για να περιγραφεί η λεπτομέρεια της απεικονιζόμενου φαινομένου. Χωρικά, αυτός ο βαθμός λεπτομέρειας ανταποκρίνεται στην ακρίβεια και ευκρίνεια με την οποία παρατηρείται, μετράται και συλλέγεται η χωρική πληροφορία (*Spatial Resolution*). Χρονικά, αντιστοιχεί στη συχνότητα με την οποία παρατηρείται η συμπεριφορά και κίνηση ενός φαινομένου (*Temporal Resolution*). Ο βαθμός ανάλυσης βάσει του οποίου παρατηρείται ένα φαινόμενο (είτε χωρικά, είτε χρονικά) αναφέρεται συχνά στη βιβλιογραφία και ως «μέγεθος κόκκου- Grain» ή *Granularity* (Reitsma and Bittner, 2003).

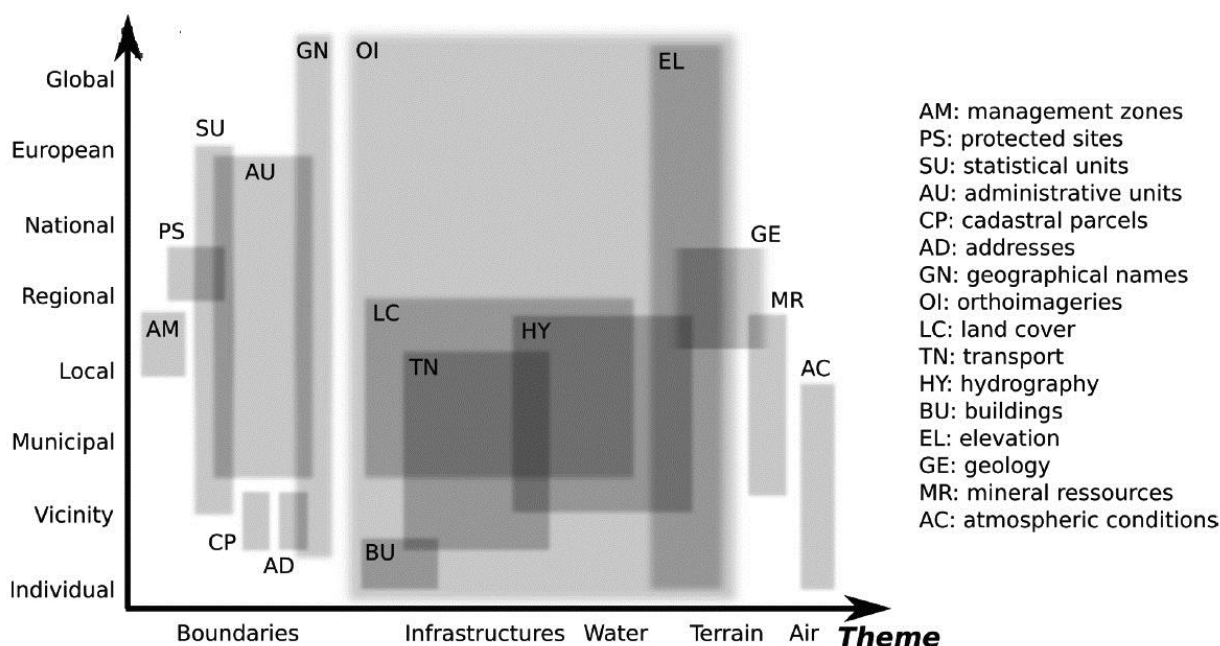
Εύρος και βαθμός λεπτομέρειας είναι αλληλένδετα: η επιλογή του βαθμού ανάλυσης που πρέπει να έχουν κάποια δεδομένα σε χώρο-χρονικό επίπεδο εξαρτάται άμεσα και από το χώρο-χρονικό εύρος που καλύπτουν τα δεδομένα αυτά – και αντίστροφα. Γενικότερα, στα χώρο-χωρικά δεδομένα το εύρος και ο βαθμός της λεπτομέρειάς τους συχνά αντιστοιχίζεται με την **Κλίμακά** τους, η οποία «περιγράφει» την προσοχή που αποδόθηκε κατά την παρατήρηση του φαινομένου και τη συλλογή των δεδομένων. Με τον όρο Κλίμακα στη χώρο-χρονική ανάλυση, δεν περιοριζόμαστε στην κλασική έννοια της χαρτογραφικής κλίμακας απόδοσης, αλλά αποδίδονται το Εύρος και η Ανάλυση των φαινομένων, τόσο χωρικά όσο και χρονικά (Κανουρας, 2001). Ο καθορισμός της κατάλληλης Κλίμακας στην οποία θα πραγματοποιηθούν οι διαδικασίες Ανάλυσης αποτελεί θεμελιώδες προαπαιτούμενο για την επίτευξη χώρο-χρονικής Ανάλυσης όλων των γεωγραφικών φαινομένων. Η επιλογή Κλίμακας εξαρτάται τόσο από την εγγενή κλίμακα των ίδιων των δεδομένων, όσο και από την κλίμακα (δηλ. εύρος και λεπτομέρεια) που απαιτούν οι τελικοί στόχοι της Ανάλυσης.

Οι τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE δίνουν έμφαση –όπως είναι αναμενόμενο- στη χωρική κλίμακα των data sets. Γενικά όμως, το θέμα κλίμακας και ακρίβειας δεν αντιμετωπίζεται, ούτε καν στα application schemas της κάθε Θεματικής Περιοχής, αλλά θεωρείται ευθύνη του παραγωγού των δεδομένων. Η κλίμακα καταγράφεται για το σύνολο του data set, ως πληροφορία metadata. Ακόμη και σε αυτή την περίπτωση, στα μεταδεδομένα προβλέπεται να περιληφθεί μόνο η χωρική κλίμακα, ενώ δεν αναφέρεται πουθενά το χρονικό granularity, παρά μόνο η χρονική έκταση που καταλαμβάνουν τα data.

Κατά τη σύνταξη των τεχνικών προδιαγραφών του INSPIRE, τα application schemas έπρεπε να αντιμετωπιστούν ως προς το επίπεδο (χωρικής) λεπτομέρειας που καταλαμβάνει. Με τη φιλοσοφία αυτή,



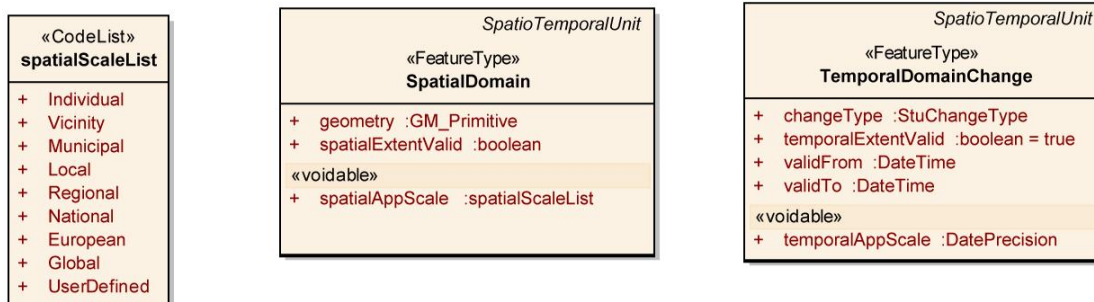
Σχήμα 5.1 Διακύμανση ονομαστικών χωρικών κλιμάκων κατά INSPIRE



Σχήμα 5.2 Αλληλοεπικάλυψη των χωρικών κλιμάκων μεταξύ Θεματικών Επιπέδων INSPIRE (Gaffuri and Lutz, 2013)

και επειδή εντός ενός Θεματικού Επιπέδου τα σετ δεδομένων μπορεί να κυμαίνονται σε διαφορετικές μεταξύ τους κλίμακες, ορίστηκαν ονομαστικές κατηγορίες κλιμάκων, βάσει του βαθμού λεπτομέρειας και της ανάλυσης του χάρτη που συνήθως χρησιμοποιούνται (Σχήμα 5.1). Έτσι καθορίστηκαν τα εξής γενικά επίπεδα χωρικής κλίμακας, από τις μεγαλύτερες στις μικρότερες: *Individual* (ατομική) > *Vicinity* (έγγειες περιοχές) > *Municipal* (δημοτική) > *Local* (τοπική) > *Regional* (περιφερειακή) > *National* (εθνική) > *European* (ευρωπαϊκή) > *Global* (διεθνής).

Η ταξινόμηση αυτή βοήθησε να χαρακτηριστούν οι χρησιμοποιούμενες κλίμακες στα διάφορα Θεματικά Επίπεδα, ειδικά εξαιτίας των διαφορετικών κλιμάκων που χρησιμοποιούνται για το ίδιο πεδίο εφαρμογής μεταξύ των Φορέων των Ευρωπαϊκών Κρατών. Στο Σχήμα 5.2 καταγράφονται οι ονομαστικές κατηγορίες χωρικής κλίμακας στις οποίες κυμαίνονται τα δεδομένα από 17 Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE τα οποία περιλαμβάνουν εκτενή χωρικά δεδομένα. Η αντιστοίχιση και η επικάλυψη μεταξύ Θεματικών



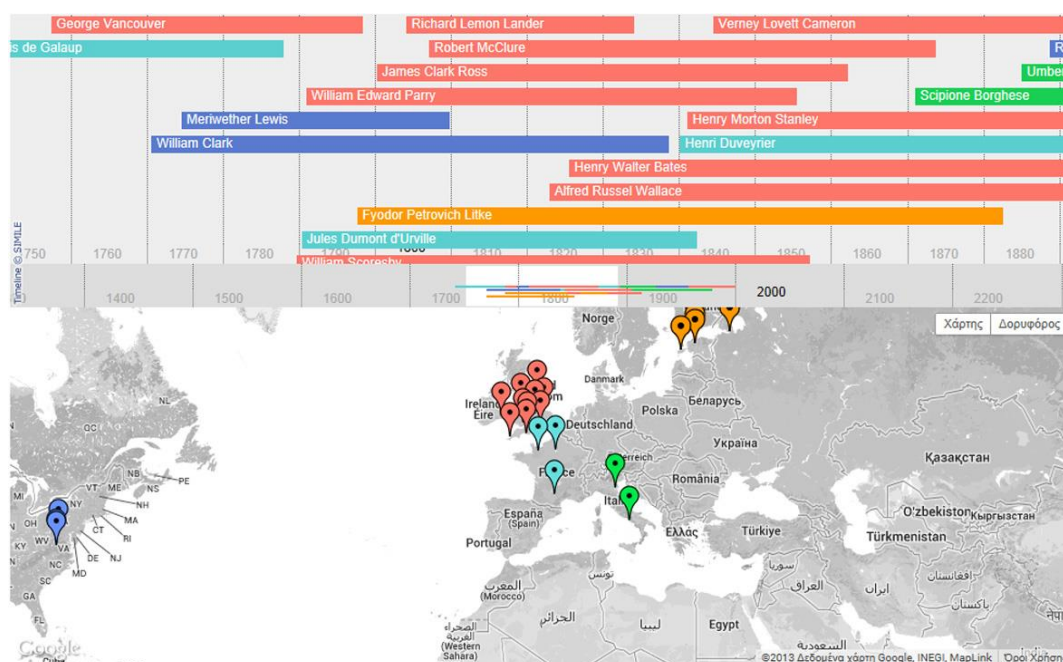
Σχήμα 5.3 Επέκταση του προτεινόμενου μοντέλου Χώρο-Χρονικών Μονάδων με τα χαρακτηριστικά *spatialAppScale* και *temporalAppScale*

Επιπέδων και κατηγοριών κλιμάκων του σχήματος βοηθάει στο να εντοπιστεί ο βαθμός λεπτομέρειας, αλλά και να ελεγχθεί εάν έχει ουσία η γενίκευση μεταξύ των δεδομένων από διαφορετικά Θεματικά Επίπεδα, εάν οι κλίμακες τους είναι κοντά στην ονομαστική κατάταξη.

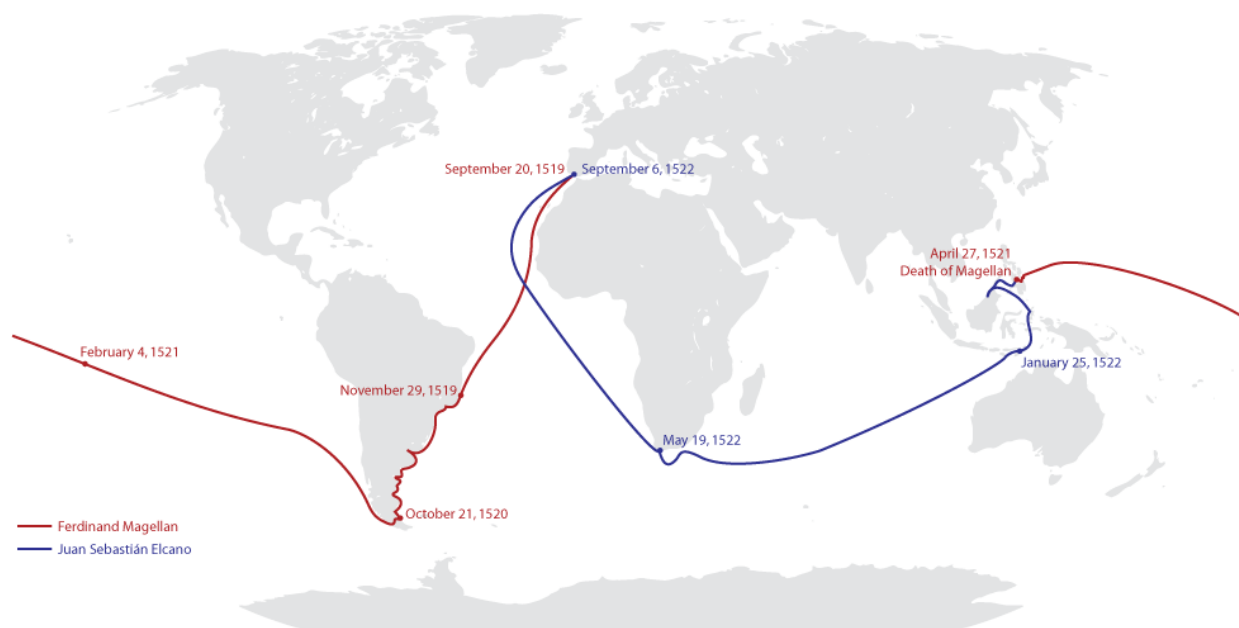
Το προτεινόμενο μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων μπορεί να επεκταθεί ώστε να βοηθήσει να καταγραφεί η πληροφορία χώρο-χρονικής κλίμακας. Όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια του μοντέλου στο Σχήμα 5.3, μπορούν να επεκταθούν δύο από τους Τομείς, ο Χρονικός και ο Χωρικός, και να συμπεριλάβουν τα χαρακτηριστικά `temporalAppScale` και `spatialAppScale` αντιστοίχως. Στα χαρακτηριστικά αυτά θα καταγράφεται, για κάθε STU, η χωρική ή χρονική ανάλυση που χρησιμοποιείται στα δεδομένα. Για τις χωρικές κλίμακες το χαρακτηριστικό μπορεί να λαμβάνει τις προκαθορισμένες τιμές της λίστας `SpatialScaleList`. Καθώς οι κλίμακες αυτές είναι ενιαίες για ένα σετ δεδομένων, κανονικά η πληροφορία αυτή αρκούσε να συμπεριληφθεί στα μεταδεδομένα. Ωστόσο, εκτός του ότι είναι δύσκολο να επεκταθεί η λίστα των `discovery metadata` που είναι εν ισχύ από το 2008, η πληροφορία σε κάθε μία Χώρο-Χρονική Μονάδα θα διευκολύνει τη μεμονωμένη διαχείριση κάθε Αντικειμένου, σε θέματα Ερωτημάτων, επιλεκτικής Οπτικοποίησης, και Γενίκευσης, όπως θα φανεί στη §5.2.

5.1.3. Οπτικοποίηση Χώρο-Χρονικών Φαινομένων

Η Οπτικοποίηση (Visualization) των χωρικών δεδομένων αποτελούσε πάντοτε την πλέον πρόσφορη μέθοδο για την απόδοση των αποτελεσμάτων της Χωρικής Ανάλυσης, και τον εντοπισμό μοτίβων και συμπεριφορών από τα αντικείμενα του χάρτη, που δεν θα γίνονταν ποτέ αντιληπτά με απόδοση της επεξεργασίας σε στατιστικά διαγράμματα. Η διαχείριση των δεδομένων μέσω GIS πρόσθεσε νέες δυνατότητες στην οπτική απόδοση των χωρικών δεδομένων – και καθιστά δυνατή την οπτικοποίηση και της 4^{ης} διάστασης, αυτής του χρόνου. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας, μπορούν να δημιουργηθούν απεικονίσεις της επιπλέον διάστασης του Χρόνου, οι οποίες -αντίθετα με τους στατικούς αναλογικούς χάρτες- έχουν τη δυνατότητα εναλλαγής με τη πάροδο του χρόνου. Στην περίπτωση αυτή, ο χρόνος χρησιμοποιείται ως σύστημα αναφοράς, όπως θα χρησιμοποιούσε κανείς ένα κάρναβο για την απόδοση



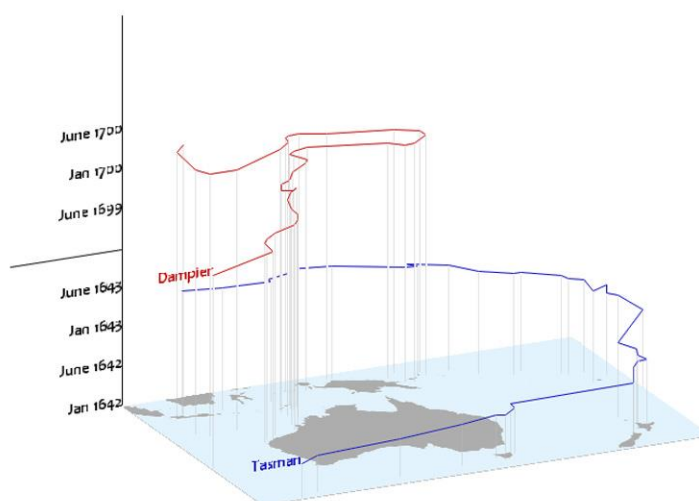
Σχήμα 5.4 Ταυτόχρονη Οπτικοποίηση χρονικής και χωρικής κλίμακας – Εξερευνητές (www.timemap.net)



Σχήμα 5.5 Στατικός 2d χάρτης με την τροχιά ως γραμμή – πορεία Μαγγελάνου (http://en.wikipedia.org/wiki/Ferdinand_Magellan)

χωρικών αντικειμένων σε συντεταγμένες. Ο χρονικός άξονας καθοδηγεί το πότε θα απεικονιστεί η χωρική κατάσταση, και στην περίπτωση αυτή λαμβάνει το ρόλο του λεγόμενου display time (Andrienko and Andrienko, 2006). Ο χρόνος μετατρέπεται σε μία ακόμη χαρτογραφική μεταβλητή, επιτρέποντας σύνθεση «χαρτών» και διαγραμμάτων με περισσότερες δυνατότητες (Renolen, 1997).

Φυσικά, η οπτικοποίηση των χώρο-χρονικών δεδομένων παραμένει ένα σύνθετο ζήτημα. Δεν διαθέτει την ευκολία ενός κλασικού 2διάστατου χάρτη, αλλά ο χαρτογράφος έχει την πρόκληση να απεικονίσει κάτι που να γίνεται αντιληπτό και στις τέσσερις διαστάσεις. Συνήθης λύση είναι να αντιμετωπιστεί ο χώρος ως 2διάστατος, ώστε ο χρόνος να λειτουργήσει ως Τρίτη διάσταση σε μία 3d απεικόνιση. Η άλλη επιλογή είναι η απόδοση κινούμενων στιγμιότυπων επί ενός χρονικού άξονα. Καθώς τα χώρο-χρονικά φαινόμενα είναι πολυδιάστατα, η απόφαση για την τελική απεικόνιση θα πρέπει να ληφθεί εξετάζοντας τι είναι σημαντικότερο από τις εξής παραμέτρους (Rabinowitz, 2011):

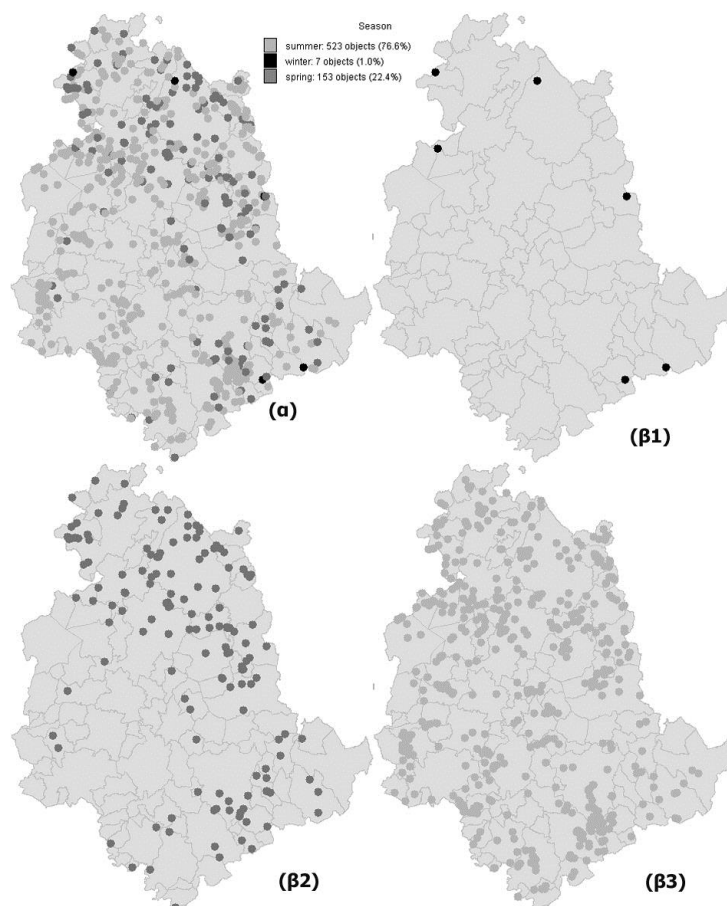


Σχήμα 5.6 Τριδιάστατος χάρτης με το χρόνο ως τρίτο άξονα (esri)

- ❖ Να απεικονιστούν τα φαινόμενα και η ιστορία τους, ή να δοθεί έμφαση στην απόδοση των απαντήσεων σε ερωτήματα Ανάλυσης (*presentation vs. analysis*);
- ❖ Να απεικονιστούν τα πληρέστερα δυνατόν χαρακτηριστικά των φαινομένων, ή να απλοποιηθεί η πληροφορία προς χάρη αναγνωσιμότητας (*comprehensiveness vs. simplicity*);
- ❖ Να δοθεί έμφαση στην απόδοση των χωρικών ή των χρονικών στοιχείων των φαινομένων (*time vs. space*);

Δεν υφίσταται «σωστή» απάντηση στα ερωτήματα αυτά – οι επιλογές εξαρτώνται από το σκοπό της χώρο-χρονικής Ανάλυσης, των δεδομένων, της Εφαρμογής και της μεθόδου οπτικοποίησης που θα επιλεγεί. Οι δυνατότητες που διατίθενται για την αναπαράσταση χώρο-χρονικών δεδομένων ποικίλουν, και εξαρτώνται από τη διάδοση της τεχνολογίας. Ακολούθως περιγράφονται μερικές από τις πλέον διαδεδομένες μεθόδους απεικόνισης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για application schemas του INSPIRE:

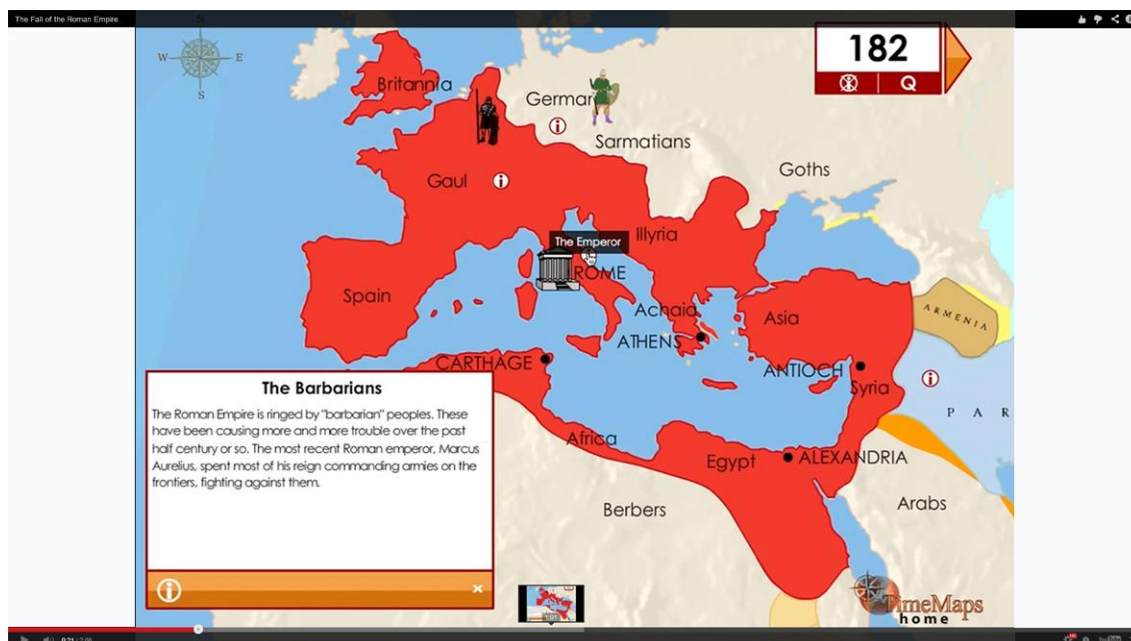
- ❖ Η πρώτη επιλογή είναι οι χάρτες τροχιάς, όπου σε ένα δισδιάστατο χαρτογραφικό υπόβαθρο απεικονίζεται η τροχιά των Οντοτήτων στο χώρο και το χρόνο. Στη βασική μορφή του, ο χάρτης απεικονίζει τις τροχιές ως γραμμές πάνω στο υπόβαθρο (Σχήμα 5.5). Εναλλακτικά, και δεδομένης της τεχνολογικής δυνατότητας, μπορεί να παραχθεί τρισδιάστατος χάρτης, όπου ο χρόνος λειτουργεί ως ο τρίτος άξονας (Σχήμα 5.6). Δυνατότητα τέτοιων απεικονίσεων -2d ή 3d- δίνει η επέκταση Tracking Analyst του λογισμικού ArcGIS 10.x. Αν και το μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί μια τέτοια απεικόνιση μέσω του Tracking Analyst, η χρησιμότητα της



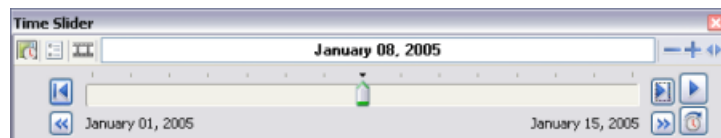
Σχήμα 5.7 Στατικός χάρτης με θεματικά σύμβολα ταξινομημένα σε χρονική κλίμακα απόδοσης - Δασικές πυρκαγιές (Andrienko and Andrienko, 2006)

για τα Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE είναι περιορισμένη. Η απόδοση αυτή χρησιμοποιείται συνήθως σε εφαρμογές Κινούμενων Αντικειμένων, όπου η τροχιά είναι διαρκής, όπως σε ένα αυτοκίνητο, πλοίο κλπ. Τέτοιους είδους data sets σπανίζουν στα Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE, ειδικά στα Παραρτήματα I & II.

- ❖ Η δεύτερη επιλογή, η οποία μπορεί να παραχθεί με κλασικά μέσα, είναι οι στατικοί χάρτες. Χρησιμοποιώντας πάλι ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο, τα χώρο-χρονικά αντικείμενα μπορούν να αποδοθούν υπό μορφή θεματικών συμβόλων. Θα πρέπει να επιλεγθεί ένα «βήμα» display time, στο οποίο θα πρέπει να συνενωθούν τα πλησιέστερα φαινόμενα. Έπειτα αποδίδονται στον χάρτη ταξινομημένα βάσει της χρονικής αυτή κλίμακας. Εάν επιλεγθεί να δημιουργηθεί ένας μόνο χάρτης, τότε τα σύμβολα αποδίδονται επί του ίδιου υποβάθρου (Σχήμα 5.7α). Εναλλακτικά, μπορεί να δημιουργηθούν παραλλαγές του ίδιου χάρτη, ως σειρά στιγμιότυπων, ένα για κάθε βήμα της χρονικής κλίμακας απόδοσης (Σχήμα 5.7β1,2,3). Παραλλαγή των χαρτών αυτών είναι οι στατικοί χάρτες στους οποίους απεικονίζονται περιγραφικά χαρακτηριστικά, τα οποία μεταβάλλονται με το χρόνο, χρησιμοποιώντας στατιστικά γραφήματα. Τα δεδομένα ενός application schema με STUs μπορούν να αποδοθούν σε τέτοιους είδους απεικονίσεις με επιτυχία. Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες μπορούν να ομαδοποιηθούν με ευκολία βάσει διαφόρων μεθόδων: ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ανά Μεταβολή, αναλόγως σημαντικότητας Μεταβολών, αναλόγως χρονικής κλίμακας/granularity, ή ακόμη και γενικεύοντας Μεταβολές (βλ. §5.2).
- ❖ Εξέλιξη της παραπάνω επιλογής, όπου δημιουργούνται πολλαπλά στιγμιότυπα αναγόμενα σε χρονικό βήμα, είναι η σύνθεση δυναμικών χαρτών όπου τα στιγμιότυπα εναλλάσσονται. Η εναλλαγή των εικόνων δίνει τη ψευδαίσθηση της κίνησης, για αυτό και ονομάζονται *κινούμενες απεικονίσεις* (animated displays). Η εναλλαγή των στιγμιότυπων μπορεί να γίνεται είτε χειρονακτικά με παραίνεση του χρήστη («next»), είτε να δημιουργηθεί ένα αυτοματοποιημένο animation υπό μορφή βίντεο (Σχήμα 5.8). Προφανώς, απαιτούνται τα κατάλληλα τεχνολογικά εργαλεία για την παραγωγή του animation, αλλά και την προβολή του, καθώς δεν μπορεί να λειτουργήσει σε κάποιο αναλογικό μέσο. Μια αντικειμενοστρεφής βάση με STUs μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή animations,



Σχήμα 5.8 Δυναμικός χάρτης εναλλαγής στιγμιότυπων, υπό μορφή animated display – Πτώση Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας (www.timemaps.com / YouTube)

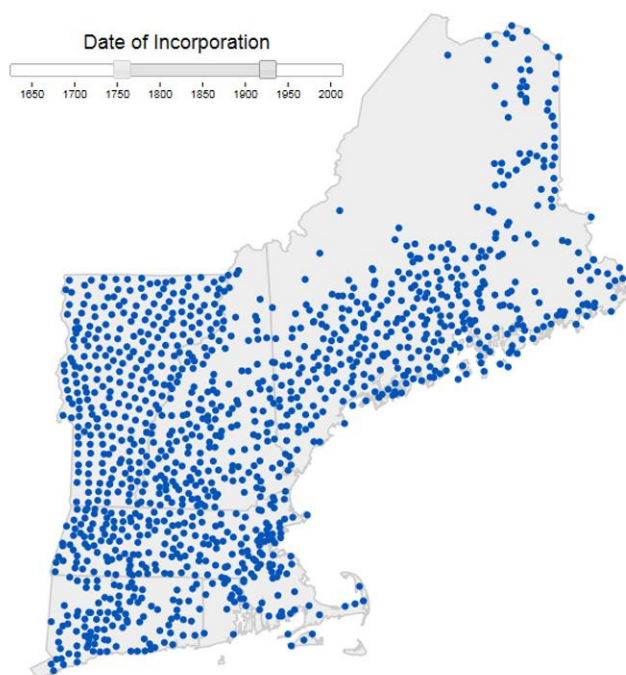


Σχήμα 5.9 Η μπάρα ρύθμισης των στιγμιότυπων (time slider) για το animated display στο ArcGIS

αφού η φιλοσοφία είναι όμοια με τη σύνθεση στιγμιότυπων, αρκεί να διατεθούν τα κατάλληλα εργαλεία. Πλέον πολλά GIS λογισμικά, όπως το ArcGIS 10.x, υποστηρίζουν τη δήλωση χρονικών attributes και διαθέτουν αυτοματοποιημένα εργαλεία παραγωγής και ελέγχου animated displays (Σχήμα 5.9).

Σε ένα animation υπάρχει και η δυνατότητα να μεσολαβήσει η διαδικασία του morphing μεταξύ δύο ιστορικών στιγμιότυπων: έχοντας τις αρχικές (παρελθόν) και τελικές (παρόν) θέσεις των «χαρακτηριστικών σημείων αλλαγής», να πραγματοποιηθεί παρεμβολή για τις ενδιάμεσες θέσεις. Ωστόσο, σε μια βάση με Χώρο-Χρονικές Μονάδες είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί η λεπτομέρεια ανά STU για να παραχθούν πολλαπλά στιγμιότυπα, παρά να γίνει τεχνητή παρεμβολή, η οποία μπορεί να αλλοιώσει την οπτική αντίληψη της ιστορικής εξέλιξης μίας περιοχής. Ένα αρχείο video δεν περιέχει βάση δεδομένων για τις ενδιάμεσες καταστάσεις των αντικειμένων του, ούτε μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα ως διανυσματικό ένα τέτοιο αντικείμενο αφού πλέον έχει μετατραπεί σε εικόνα raster.

- ❖ Ειδική επιλογή απόδοσης χώρο-χρονικών φαινομένων είναι οι στάσιμοι χάρτες οπτικοποίησης χρονικών Ερωτημάτων. Στην περίπτωση αυτή, εναλλάσσεται το αποδιδόμενο χωρικό κομμάτι των αντικειμένων, αναλόγως των περιορισμών που τίθενται στη χρονική κλίμακα, όπως ερωτήματα επιλογής χωρικών χαρακτηριστικών με κριτήριο «από t_1 έως t_2 ». Η φύση των συγκεκριμένων ερωτημάτων εξυπηρετεί τη χρονική ανάλυση, και μπορούν να υλοποιηθούν σε ένα temporal GIS (Σχήμα 5.10).



Σχήμα 5.10 Τα χρονικά χαρακτηριστικά ως κριτήριο σε Ερώτημα (Rabinowitz, 2011)

5.2. Χώρο-Χρονική Γενίκευση

Η έννοια της Χαρτογραφικής Γενίκευσης έχει αναγνωριστεί όχι μόνο ως ένα πρόβλημα γραφικής αναπαράστασης των χωρικών αντικειμένων, αλλά παράλληλα και ως ζήτημα απεικόνισης των οντοτήτων αυτών κατά τον εννοιολογικό σχεδιασμό του μοντέλου τους. Αν και η Χαρτογραφική Γενίκευση, η διαδικασία δηλαδή μεταβολής των δεδομένων ώστε να απεικονίζονται σε χάρτες διαφορετικών κλιμάκων, αποτελεί εκτενές πεδίο έρευνας, η παρούσα διατριβή εμβαθύνει λιγότερο στην αλλαγή του πως απεικονίζεται οπτικά ένα Αντικείμενο, και περισσότερο στις αλλαγές που μπορεί να υποστεί το Αντικείμενο εντός του μοντέλου, και τα δεδομένα που το περιγράφουν. Η Γενίκευση αντιμετωπίζεται όχι ως ένα πρόβλημα οπτικοποίησης, αλλά ως αποτέλεσμα παρουσίασης δεδομένων επικεντρωμένο στην πορεία προτυποποίησης μέσω τεχνικών προδιαγραφών, όπως σε ένα application schema του INSPIRE. Η προσέγγιση αυτή ονομάζεται και *Εννοιολογική Γενίκευση* ή *Semantic Generalization* (Stell, 2003).

Στο πλαίσιο της έρευνας της παρούσης διατριβής, εκπονείται προσπάθεια εισαγωγής παραδοσιακά στατικών χωρικών εννοιών, όπως είναι η Γενίκευση, σε μια χρονική δομή, με τη βοήθεια του προτεινόμενου μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων, με τελικό στόχο τη μελέτη της συμπεριφοράς των Οντοτήτων στο διάστημα του χρόνου. Κεντρικό σημείο είναι η επέκταση του όρου της εννοιολογικής γενίκευσης ώστε να συμπεριλάβει και τη συμπεριφορά των αντικειμένων στο χρόνο. Πρωταρχική αρχή της έρευνας είναι πως Χώρος και Χρόνος θα θεωρούνται όμοιες έννοιες, οι οποίες συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο, και τα Αντικείμενα που αποδίδουν τις Οντότητες απαρτίζονται από επιμέρους Χώρο-Χρονικές Μονάδες.

Η Γενίκευση αποτελούσε και αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας του εννοιολογικού σχεδιασμού κατά την ανάπτυξη ενός μοντέλου, καθώς κατά το στάδιο αυτό καταβάλλεται προσπάθεια απεικονιστεί ο σύνθετος πραγματικός κόσμος και οι οντότητές του κατά μία απλοποιημένη και γενικευμένη μορφή, ικανή να εξυπηρετήσει τις ανάγκες συγκεκριμένων εφαρμογών. Τα διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, όπως υπαγορεύονται από την κλίμακα του χάρτη, αντιστοιχούν σε διαφορετικές εννοιολογικές περιγραφές των ιδιοτήτων και συσχετίσεων κάθε οντότητας, όπως και σε εναλλαγές επιπέδων στην ιεραρχική κατάταξή τους ως Κλάσης σε ένα UML Μοντέλο.

Η έννοια της Γενίκευσης αναφέρεται στο σύνολο των διαδικασιών οι οποίες εμπλέκονται στην απεικόνιση χωρικών δεδομένων συγκεκριμένης κλίμακας σε μια νέα (συνήθως μικρότερη) κλίμακα. Η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή η απόδοση των δεδομένων μικρότερης κλίμακας σε μεγαλύτερη, ονομάζεται *Εξειδίκευση* (*Specialization*). Οι μέθοδοι σχεδιασμού Μοντέλων –όπως μέσω UML– έχουν υιοθετήσει την έννοια και τις διαδικασίες της Γενίκευσης, επεκτείνοντάς την πέρα από την κλασικότερη έννοια της αλλαγής γραφικής κλίμακας. Η Γενίκευση αποτελεί σημαντικό τμήμα των διαδικασιών ανάπτυξης ενός μοντέλου, με ρόλο Αφαίρεση Πληροφορίας και αλλαγής στο επίπεδο λεπτομέρειας εντός του εννοιολογικού σχήματος του μοντέλου. Στο επίπεδο εννοιολογικού σχεδιασμού, ως Γενίκευση λαμβάνεται η συνένωση (Aggregation) των χωρικών Οντοτήτων σε Οντότητες που βρίσκονται υψηλότερα στην Ιεραρχία των κλάσεων του μοντέλου, ενώ ως Εξειδίκευση η ανάλυσή τους σε χαμηλότερου επιπέδου κλάσεις (Panopoulos and Kavouras, 1997 - Booch et al., 2000 - Böhlen et al., 2006 - Kavouras and Kokla, 2008).

Η διαμόρφωση αυτή των οντοτήτων μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω από τις χωρικές και στατικές τους ιδιότητες, ώστε να συμπεριλάβει τη δυναμική τους συμπεριφορά και το σύνολο των αλληλεπιδράσεών τους. Μια τέτοια χώρο-χρονική διαμόρφωση παρουσιάζει δυσκολίες, κυρίως εξαιτίας

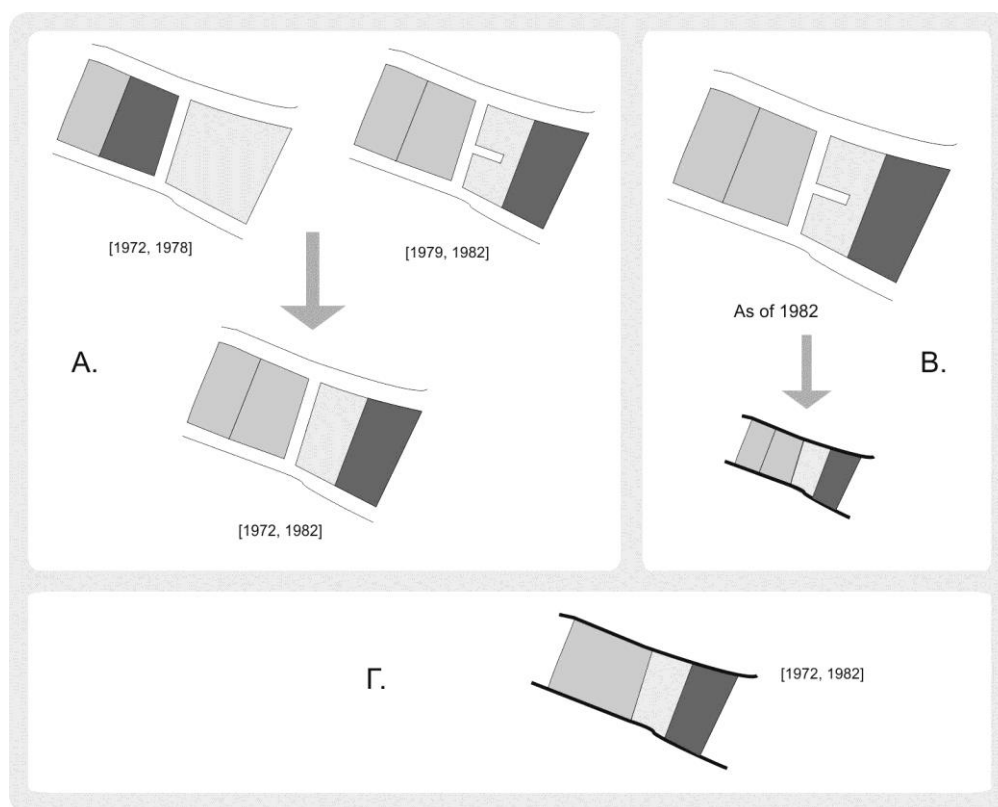
του προβληματικού συνδυασμού των χωρικών μοντέλων με τη χρονική Μεταβολή των γεωγραφικών φαινομένων. Η Μεταβολή είναι και η έννοια η οποία επιτρέπει τελικά τη μελέτη της δυναμικής φύσης των φαινομένων. Απεικονίζοντας τη Μεταβολή των οντοτήτων, καταγράφεται το «αίτιο» και το «αποτέλεσμα» των συμβάντων, άρα καταγράφεται αξιοποιήσιμη πληροφορία.

Η Χρονική Γενίκευση αφορά στην απεικόνιση κάθε αντικειμένου (ή των μεταβολών του) σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες. Οι τυποποιημένες περιγραφές των αντικειμένων, των χαρακτηριστικών και μεταβολών τους είναι συνυφασμένα με τη λογική του μοντέλου που έχει περιγραφεί. Το προτεινόμενο μοντέλο επέκτεινε τη λογική αυτή, ώστε να περιέχει μορφοποιημένους κανόνες για στην απεικόνιση κάθε κατηγορίας οντοτήτων κατά τη διάρκεια της πορείας του χρόνου. Όπως προβλέπει το INSPIRE, το base model υιοθετείται στα application schemas για προσδιορισμένη εφαρμογή, οπότε είναι δυνατό να επιτευχθεί μια τέτοια τυποποίηση. Οι χρονικές κλίμακες μπορούν να οριστούν ως τμήμα του μοντέλου, σε διαφορετικά επίπεδα χρονικής λεπτομέρειας (granularities), πάντα σε συνάρτηση με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής.

Για αυτές τις προκαθορισμένες χρονικές κλίμακες υπάρχουν μορφοποιημένοι κανόνες απεικόνισης & γενίκευσης κάθε αντικειμένου στο διάστημα του χρόνου. Τα αντικείμενα γενικεύονται σύμφωνα με το επίπεδο λεπτομέρειας κάθε χρονικής κλίμακας. Σημαντικό τμήμα του αυστηρώς καθορισμένου μοντέλου είναι η σύνταξη λεξικού οντοτήτων ως INSPIRE Registry, στο οποίο περιλαμβάνονται οι προαναφερθέντες ορισμοί των αντικειμένων, των απεικονίσεών τους και των μεταβολών τους.

Στο Σχήμα 5.11 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα απεικόνισης μιας περίπτωσης Γενίκευσης:

- ⌚ Στο παράδειγμα Α παρουσιάζεται η γενίκευση μεταξύ δύο σταδίων τριών Γεωτεμαχίων. Έπειτα από 6 έτη, ένα γεωτεμάχιο αλλάζει ιδιοκτήτη, ένα παραμένει αμετάβλητο, και ένα διαχωρίζεται, παράγοντας ένα τέταρτο γεωτεμάχιο. Επιπλέον, το τρίτο γεωτεμάχιο μεταβάλλεται περεταιίρω, από μία πάροδο. Γενικεύοντας σε επίπεδο 10ετίας (χρονική κλίμακα), η αλλαγή που επέφερε πάροδος παραβλέπεται – ως Επουσιώδης μεταβολή σχήματος που διαρκεί μόνο 4 έτη- ενώ η αλλαγή ιδιοκτήτη και το Sprawl απεικονίζονται, καθώς θεωρούνται σημαντικές για τις ανάγκες της Ανάλυσης.
- ⌚ Στο παράδειγμα Β παρουσιάζεται η κατάσταση ως είχε το έτος 1982, υποβαλλόμενη σε κλασική χαρτογραφική γενίκευση και αλλαγή χωρικής κλίμακας.
- ⌚ Το παράδειγμα Γ είναι συνθετότερο, απεικονίζοντας τη γενίκευση τόσο στη χωρική όσο και στη χρονική κλίμακα. Αλλάζοντας τη χρονική κλίμακα σε 10ετία, αποδίδονται τόσο το Sprawl όσο και η αλλαγή ιδιοκτησίας. Ωστόσο, γενικεύοντας και σε μικρότερη κλίμακα, τα δύο πλέον γεωτεμάχια του ίδιου ιδιοκτήτη που συνορεύουν, συναθροίζονται και οπτικοποιούνται ως ένα. Αν αποδοθεί έτσι στα δεδομένα, η τελευταία επέμβαση θα υπονοεί ύπαρξη Μεταβολής Fusion, η οποία είναι Ουσιώδης, και ουδέποτε συνέβη (ως το 1982).



Σχήμα 5.11 A. Χρονική Γενίκευση (Temporal Generalization), B. Χωρική Γενίκευση (Spatial Generalization), Γ. Χώρο-χρονική Γενίκευση (Spatio-temporal Generalization)

Η εξέταση του σύνθετου ζητήματος της χώρο-χρονικής γενίκευσης στηρίζεται στις βασικές αρχές του προτεινόμενου χώρο-χρονικού εννοιολογικού μοντέλου των STUs, και ειδικά στην τυποποίηση των ειδών της χρονικής Μεταβολής. Αντιμετωπίζοντας τη χρονική Γενίκευση ως το ισοδύναμο της χωρικής, η χρονική κλίμακα συγκρίνεται με τη χωρική κλίμακα και εξετάζεται η σημασία της εννοιολογικής γενίκευσης. Έπειτα ορίζονται οι τέσσερις τελεστές που απαιτούνται για μετάβαση χρονικής κλίμακας. Καθώς αναπτύχθηκε κατάλληλη εφαρμογή, η οποία περιλαμβάνει και εφαρμόζει τους τέσσερις προτεινόμενους τελεστές χρονικής γενίκευσης, ώστε να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα και η πληρότητά τους, η οποία ονομάστηκε «Χρονογράφος». Η εφαρμογή επιτρέπει, κάνοντας χρήση ενός data set, τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των τελεστών.

5.2.1. Αλλαγή Χρονικής Κλίμακας

Όπως περιγράφηκε και στην §5.1.2, το προτεινόμενο μοντέλο σε συνδυασμό με το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE, επιχειρούν να εισάγουν μια παραδοσιακά χωρική έννοια, όπως είναι η Κλίμακα, σε ένα χώρο-χρονικό application schema. Η Γενίκευση, όπως αντιμετωπίζεται στην παρούσα μελέτη, αναφέρεται στην μετάβαση μεταξύ Χρονικών Κλιμάκων (Χρονική Γενίκευση), ή –ακόμη συνθετότερα– στην μετάβαση μεταξύ διαφορετικών κλιμάκων στον 4διάστατο χώρο-χρόνο (Χώρο-Χρονική Γενίκευση/Spatiotemporal Generalization).

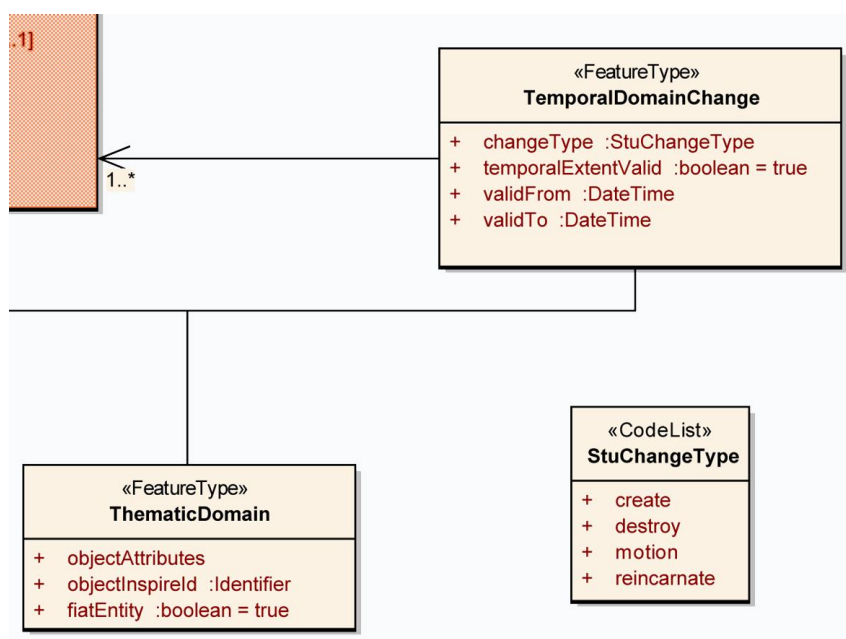
Από τη συνήθη μορφή της ως γραφική διεργασία, η Γενίκευση ουσιαστικά λειτουργεί ως βασική διαδικασία Ανάλυσης και αποτελεί εργαλείο λήψης αποφάσεων και χάραξης στρατηγικής. Η δυνατότητα

απόδοσης της πληροφορίας σε μικρότερη κλίμακα, ώστε να παρουσιαστεί ευρύτερη έκταση την οποία καταλαμβάνουν τα φαινόμενα, επιτρέπει στον χρήστη, είτε χρησιμοποιεί έναν αναλογικό χάρτη, είτε μελετά τη χώρο-χρονική έκταση (extent) των οντοτήτων, να έχει συνολική άποψη για την πραγματικότητα. Αυτή η σημαντική χρησιμότητα ισχύει και στην περίπτωση γενίκευσης Οντοτήτων σε εννοιολογικό επίπεδο, και μπορεί να αξιοποιηθεί ως διεργασία χώρο-χρονικής Ανάλυσης. Η απεικόνιση των Αντικειμένων σε διαφορετική χρονική κλίμακα από αυτή στην οποία καταγράφηκαν αρχικά, προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Η απόδοση της χώρο-χρονικής εξέλιξης μιας Οντότητας, η οποία εν προκειμένω έχει καταγραφεί σε υψηλή λεπτομέρεια (τακτά χρονικά διαστήματα, υψηλό granularity), σε μία λιγότερο λεπτομερή και εκτενέστερη απεικόνιση μπορεί να αποδώσει τη συμπεριφορά της σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Η γενίκευση της πορείας μιας Οντότητας μπορεί να «αποκαλύψει» μοτίβα κίνησης τα οποία ο παρατηρητής ίσως να μην αντιλαμβάνεται όταν την αναλύει σε μεγάλη κλίμακα.

Όπως και με τη χωρική κλίμακα, η χρονική κλίμακα απόδοσης των φαινομένων (χρονική ανάλυση – granularity) εξαρτάται από το πεδίο εφαρμογής. Σε αρκετές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα Γεωτεμάχια Κτηματολογίου, είναι απαραίτητο να διατηρούνται τα δεδομένα σε υψηλή χρονική ανάλυση (τα χαρακτηριστικά του στερεοτύπου *lifeCycleInfo* έχουν ανάλυση *1 ημέρας*). Στην περίπτωση που ο χρήστης θα επιθυμούσε τα δεδομένα αυτά να συμμετέχουν σε διαδικασίες χώρο-χρονικής Ανάλυσης οι οποίες εμπλέκουν δεκαετίες, είναι απαραίτητο να υποστούν χώρο-χρονική γενίκευση σε άλλες κλίμακες. Η επιλογή της χρονικής κλίμακας (ή κλιμάκων) στην οποία θα αλλάξουν τα δεδομένα εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το πεδίο εφαρμογής, για λόγους όμοιους με την επιλογή της αρχικής κλίμακας των δεδομένων. Καθώς η γενίκευση έχει ως στόχο να εξυπηρετήσει διεργασίες χώρο-χρονικής Ανάλυσης, η επιλογή της κλίμακας στην οποία θα επιχειρηθεί η Ανάλυση είναι απόφαση των τελικών χρηστών. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί πως, ενώ τα δεδομένα μπορεί να συγκεντρώθηκαν και να δομηθούν βάσει κάποιο application schema, είναι πολύ πιθανόν να χρησιμοποιηθούν από άλλο πεδίο εφαρμογών για χώρο-χρονική ανάλυση, και να χρειαστεί να γενικευτούν στην χώρο-χρονική κλίμακα που απαιτεί το δικό του schema. Άλλωστε, αυτό είναι από τα βασικά προτερήματα του να συντηρείται μια Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών. Κάθε πεδίο εφαρμογών -άρα και Θεματικό Επίπεδο στο INSPIRE- έχει διαφορετική άποψη για τις Οντότητες του πραγματικού κόσμου και τι ενδιαφέρει από τη συμπεριφορά τους, γι αυτό και τα ξεχωριστά application schemas. Η χώρο-χρονική γενίκευση δίνει περισσότερα εργαλεία για τη μελέτη της ιστορίας και της κίνησης των φαινομένων που απασχολούν το schema.

Όπως έχει αναφερθεί πολλαπλώς στην παρούσα διατριβή (βλ. Κεφάλαιο 2), η Μεταβολή διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην κατανόηση και περιγραφή των χρονικών χαρακτηριστικών των φαινομένων από τους ανθρώπους. Το χώρο-χρονικό μοντέλο το οποίο προτάθηκε στο Κεφάλαιο 4 ως επέκταση του GEM του INSPIRE προτείνει την καταγραφή των Μεταβολών στον Χρονικό Τομέα των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (χαρακτηριστικό *changeType*), και τυποποιεί τις Μεταβολές βάσει των 4 θεμελιωδών μεταβολών ενός STU (Σχήμα 5.12). Η καταγραφή των Μεταβολών στον Χρονικό Τομέα χρησιμοποιεί το ίδιο σύστημα χρονικής αναφοράς (άρα και χρονικής ανάλυσης) με τα Αντικείμενα, όπως το ορίζει το application schema. Ως εκ τούτου, η όποια αλλαγή της χρονικής κλίμακας δεν θα προκαλούσε μόνο τη Χρονική Γενίκευση των Αντικειμένων & STUs, αλλά και των συσχετιζόμενων Μεταβολών τους.

Ωστόσο, αν και έχουν προταθεί μέθοδοι για τον εντοπισμό των Μεταβολών σε δεδομένα τα οποία έχουν υποστεί χωρική Γενίκευση (Stell, 2013), η χώρο-χρονική Γενίκευση των ίδιων των Μεταβολών σε άλλο επίπεδο χρονικής λεπτομέρειας είναι συνθετότερο ζήτημα. Κατά βάση, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη πως σε μια τέτοια διαδικασία, πιθανότατα οι καταγεγραμμένες μεταβολές σε ένα Αντικείμενο να απλοποιηθούν και να συγχωνευτούν σε μία γενικευμένη Μεταβολή. Εάν αυτή η συγχώνευση είναι επιτυχής, η αξία της για αποτελεσματική χώρο-χρονική Ανάλυση είναι αδιαμφισβήτητη. Εάν μια τέτοια



Σχήμα 5.12 Λεπτομέρεια του προτεινόμενου Base Model των STUs με τη Θεματική περιοχή (πεδίο *fiatEntity*) και τη Χρονική (πεδίο *changeType*)

συγχώνευση τελικά υπέρ-απλοποιήσει την κατάσταση –είτε λόγω περιορισμένων δεδομένων, είτε λόγω ανεπιτυχών τελεστών συγχώνευσης- το αποτέλεσμα αποπροσανατολίζει αντί να εξυπηρετεί.

Η προσέγγιση των Ουσιωδών και Επουσιωδών Μεταβολών η οποία υιοθετείται στο προτεινόμενο μοντέλο αποκτά επιπλέον σημασία κατά τη Γενίκευση. Ένα ζήτημα το οποίο ανακύπτει είναι εάν υπάρχει η περίπτωση Αντικειμένων, τα οποία ενώ υπό κανονικές συνθήκες υποβάλλονται σε μια σειρά Επουσιωδών Μεταβολών (απλώς αλλάζοντας εκδόσεις), εάν γενικευτεί η πορεία τους στο χρόνο –οπότε και οι μεταβολές τους- μήπως αυτές συγχωνευτούν σε μία, Ουσιώδη Μεταβολή. Άλλο συχνό ζήτημα θα ήταν η συγχώνευση (aggregation) τόσο Επουσιωδών όσο και Ουσιωδών Μεταβολών.

Για παράδειγμα: σε μια περίοδο δέκα ετών, ένα Γεωτεμάχιο Κτηματολογίου (application schema: *CadastralParcels*) υποβάλλεται σε μια σειρά ήσσονος σημασίας μεταβολών, όπως αλλαγή χρήσης γης, αλλαγή ιδιοκτησίας κ.ο.κ. Οι μεταβολές αυτές χαρακτηρίζονται ως Επουσιώδεις και καταγράφονται με χρονική ανάλυση (granularity) 1 ημέρας, όπως καθορίζει το Application Schema και το application change catalogue, βάσει των όσων προβλέπει το προτεινόμενο μοντέλο. Στον τελευταίο μήνα της δεκαετίας το Γεωτεμάχιο υποβάλλεται σε μία Ουσιώδη Μεταβολή (κατά το application change catalogue) τύπου Fission, όπου το Γεωτεμάχιο διασπάται σε δύο νέα Γεωτεμάχια, με νέα *inspireId*, και παύει να υπάρχει. Αν και η τελευταία Μεταβολή αφορά ένα μικρό χρονικό extent, εάν η κίνηση του Γεωτεμαχίου επιχειρηθεί να αποδοθεί σε κλίμακα 10ετίας, η Ουσιώδης αυτή Μεταβολή οφείλει να παίξει σημαντικό ρόλο στη συνένωση όλων των Μεταβολών και στην τελική απεικόνιση της συμπεριφοράς του Γεωτεμαχίου για τα τελευταία 10 χρόνια.

Δεδομένου ότι οι Ουσιώδεις και Επουσιώδεις Μεταβολές εξαρτώνται από την Ταυτότητα μιας Οντότητας, γίνεται απαραίτητο να καθορισθεί το αν μία Οντότητα ταξινομείται ως *fiat* ή *bona fide*. Ο χαρακτηρισμός αυτός εξαρτάται αποκλειστικά από την Οντολογία που συνοδεύει το μοντέλο, και δυστυχώς δεν έχουν σχηματιστεί Οντολογίες που να συνδυάζονται με τα application schemas του

INSPIRE έως σήμερα. Η ταξινόμηση αυτή χρησιμεύει για να υποδείξει εάν οι Οντότητες αποτελούν ουσιαστικά ανθρώπινες (*κατά συνθήκη*) εμπνεύσεις, δίχως να έχουν φυσικά όρια –που ονομάζονται *fiat boundaries*- ή αποτελούν αυθύπαρκτες φυσικές οντότητες με πραγματικά, φυσικά όρια που φαίνονται ως χώρο-χρονικές ασυνέχειες του πραγματικού κόσμου –ονομαζόμενα και *bona fide boundaries* (Smith and Varzi, 2000 - Kavouras and Kokla, 2008). Οι περισσότερες Οντότητες που προβλέπονται σε Θεματικά Επίπεδα Κοινωνικό-Οικονομικών Εφαρμογών, εμπίπτουν στην κατηγορία των Οντοτήτων *Fiat*, καθώς συνήθως τα όρια τους αποτελούν ανθρώπινη δημιουργία (Smith, 2001).

Για παράδειγμα, σε μια κοινωνικό-οικονομική εφαρμογή όπως το Κτηματολόγιο, η Ταυτότητα του Γεωτεμαχίου δεν εξαρτάται από τα φυσικά όριά του – καθώς αυτά μπορεί να μην είναι καν υλοποιημένα στο έδαφος. Τα Γεωτεμάχια Κτηματολογίου δεν ορίζονται, λόγου χάρη, από το γρασίδι ή το χρώμα που τυχόν περιέχουν, οπότε εάν τα χάσουν το συμβάν δεν θεωρείται απώλεια Ταυτότητας. Άρα μια τέτοια Μεταβολή κάλυψης γης του Γεωτεμαχίου αποτελεί Επουσιώδη Μεταβολή - από τη σκοπιά του Κτηματολογίου. Εάν το ίδιο παράδειγμα εξεταστεί βάσει των απαιτήσεων του Θεματικού Επιπέδου Κάλυψη Γης, το εν λόγω Γεωτεμάχιο μπορεί να αποτελέσει μια *LandCoverUnit* της οποίας τα όρια καθορίζονται ακριβώς εκεί που υπάρχει το γρασίδι. Εάν το γρασίδι απομακρυνθεί και αντικατασταθεί από μία καλλιέργεια (άλλο είδος κάλυψης), τότε το γεωτεμάχιο υποβάλλεται σε μια Ουσιώδη Μεταβολή.

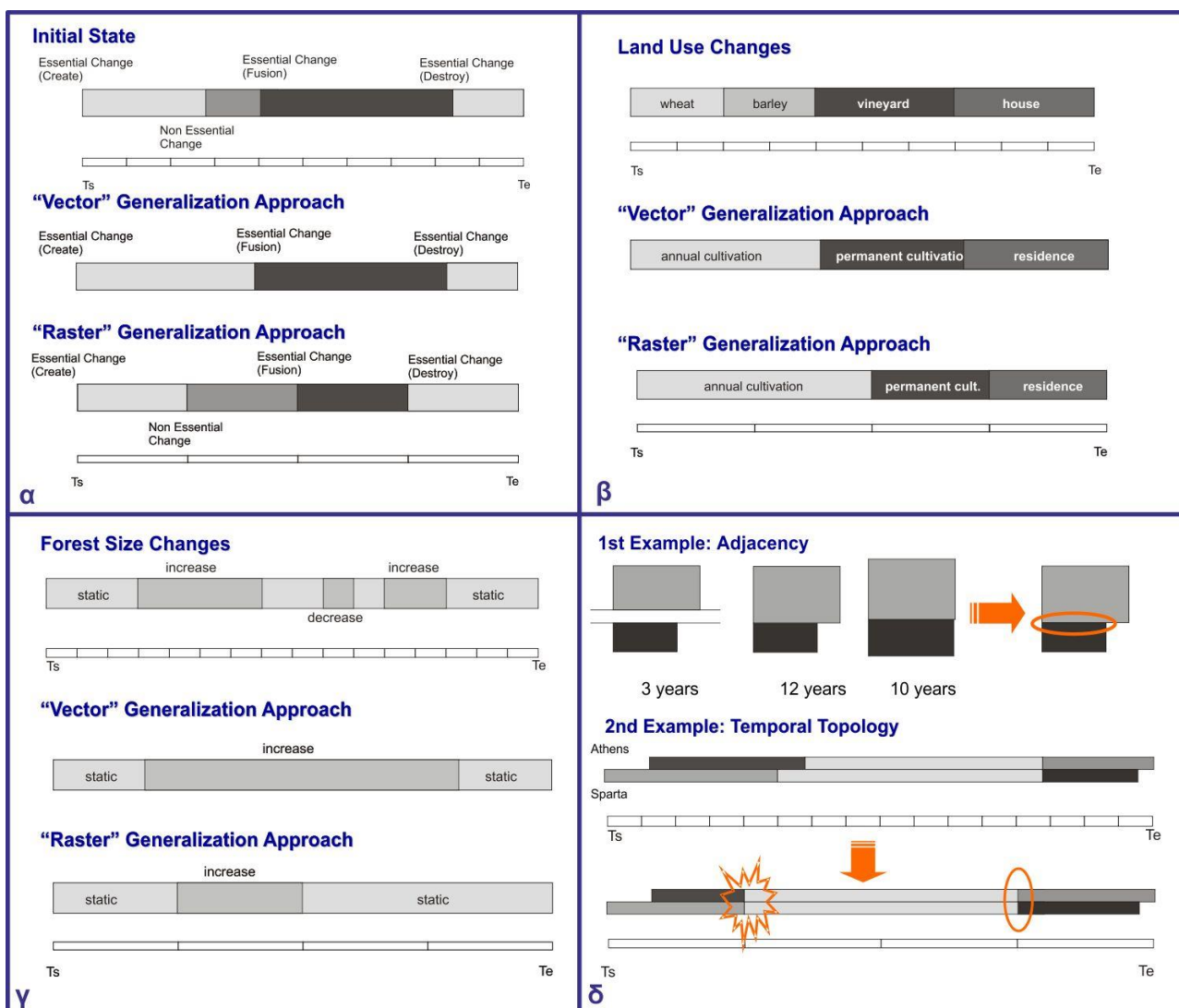
Στο προτεινόμενο μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων, το ζήτημα αυτό αντιμετωπίζεται εισάγοντας το χαρακτηριστικό *fiatEntity* στην υπό-κλάση *ThematicDomain* των STUs (Σχήμα 5.6). Το χαρακτηριστικό μπορεί να πάρει τιμές *true/false*, με τη *false* να υποδεικνύει *bona fide* οντότητα. Αν και ο χαρακτηρισμός αφορά στα STU, κληρονομείται από το Αντικείμενο που αποτελούν. Η απόδοση τιμών εξαρτάται από το Θεματικό Επίπεδο.

5.2.2. Τελεστές Γενίκευσης με Χώρο-Χρονική Εφαρμογή

Αν και η χαρτογραφική Γενίκευση αναφέρεται στις διεργασίες ελάττωσης της πολυπλοκότητας των δεδομένων σε γραφικό επίπεδο, η παρούσα έρευνα εστιάζει στις διαδικασίες γενίκευσης που εξυπηρετούνται σε επίπεδο μοντέλου (application schema), γνωστές και ως Εννοιολογική Γενίκευση. Οι διαδικασίες αυτές είναι απαραίτητες για την μετατροπή γεωγραφικής πληροφορίας από ένα εννοιολογικό σχήμα σε ένα άλλο. Η βιβλιογραφία (Lagrange et al., 1993 - Molenaar, 1998 – Panopoulos and Kavouras, 2001) έχει ορίσει τέσσερις (4) βασικούς τελεστές οι οποίοι συνιστούν τη διεργασία της εννοιολογικής Γενίκευσης:

- ❖ *Επιλογή* (Selection): Καθορίζει ποια αντικείμενα θα διατηρηθούν στη νέα, γενικευμένη βάση χωρικών δεδομένων.
- ❖ *Γενίκευση Επιπέδου Ιεράρχησης* (Class Generalization): Ανακατατάσσει τα αντικείμενα σε ποιο γενικευμένες κατηγορίες στο ιεραρχικό σχήμα ταξινόμησης του μοντέλου. Για παράδειγμα, αντικείμενα με χρήση γης «σιτηρά» γενικεύονται σε «ετήσια καλλιέργεια», δηλαδή σε μικρότερο επίπεδο λεπτομέρειας
- ❖ *Συνένωση* (Aggregation) : Πολλαπλά όμοια αντικείμενα συνενώνονται σε ένα.
- ❖ *Συσχέτιση* (Association) : Επανακαθορίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των γενικευμένων αντικειμένων στη νέα βάση, ειδικά οι τοπολογικές σχέσεις.

Η φιλοσοφία της επέκτασης αυτών των παραδοσιακά στατικών εννοιών σε χώρο-χρονικές εφαρμογές είναι πως Χώρος και Χρόνος συμπεριφέρονται με όμοιο τρόπο. Η εφαρμογή της χώρο-χρονικής



Σχήμα 5.13 Παραδείγματα Τελεστών Χρονικής Εννοιολογικής Γενίκευσης (Panopoulos et al., 2003)

Γενίκευσης, προκειμένου να εξάγει ομοιόμορφο και σαφώς ελεγχόμενο αποτέλεσμα, ακολουθεί ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι βασίζονται στην κλασική Γενίκευση ορίζοντας πρακτικά τον τρόπο επέμβασής της στο δισδιάστατο χωρικό μοντέλο. Η χρονική κλίμακα αντικαθιστά τη χωρική, ενώ η Μεταβολή αντικαθιστά την έννοια της γεωγραφικής θέσης ενός αντικειμένου. Κατά απόλυτη αντιστοιχία, η κανονικοποιημένη προσέγγιση (raster approach) του χρόνου (ισόποσα χρονικά διαστήματα) ισοδυναμεί με τον ψηφιδωτό χάρτη, σε αντιδιαστολή με τη διανυσματική προσέγγιση (vector approach) η οποία διαιρεί το χρόνο σε διαστήματα με αρχή και τέλος τις σημαντικές μεταβολές.

Οι κανόνες Γενίκευσης στηρίζονται στην χρήση των τεσσάρων (4) βασικών τελεστών εννοιολογικής Γενίκευσης, οι οποίοι ελέγχουν τόσο το είδος όσο και το βαθμό επιλογής των σημαντικών αντικειμένων τα οποία θα διατηρηθούν μετά τα πέρας της διαδικασίας στο χώρο-χρονικό πλέον μοντέλο. Οι τελεστές που προκύπτουν στο χωροχρόνο είναι: η **Χρονική Επιλογή** (Temporal Selection) η οποία καθορίζει τη σημαντικότητα των αλλαγών, η **Γενίκευση Επιπέδου Ιεράρχησης** (Class Generalization) η οποία ελέγχει το επίπεδο λεπτομέρειας που γενικεύει ορθότερα το μοντέλο σε δεδομένη χρονική βαθμίδα, η **Συνένωση της Χρονικής Μεταβολής** (Change Aggregation) η οποία ελέγχει την ορθότητα της αφαίρεσης της γενίκευσης και η **Συσχέτιση Αντικειμένου-Μεταβολής** (Object & Change Association)

η οποία ελέγχει τις συσχετίσεις μεταξύ μεταβολών διαφορετικών αντικειμένων για τον εντοπισμό χρονικών ανισορροπιών ή ετεροχρονισμένης απεικόνισης αντικειμένων. Αναλυτικότερα:

Χρονική Επιλογή

Ο τελεστής αυτός περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες επιλογής των δεδομένων τα οποία τελικά θα περιληφθούν στο καινούργιο σχήμα. Σύμφωνα με τη διανυσματική προσέγγιση, η χρονική επιλογή καθορίζει ποιες Μεταβολές είναι αρκετά σημαντικές ώστε να διατηρηθούν και ποιες όχι. Είναι προφανές πως στηρίζεται στον ορισμό εντός του application schema των Μεταβολών ως Ουσιώδεις και Επουσιώδεις. Κατά την κανονικοποιημένη προσέγγιση, η χρονική επιλογή διατηρεί στην νέα χρονική κλίμακα τα πλέον χαρακτηριστικά στάδια του βίου της χρονικής περιοχής ενός αντικειμένου. Όπως φαίνεται και στο παράδειγμα του Σχήματος 5.13α, στην αρχική βάση το αντικείμενο υπόκειται σε μια σειρά Ουσιωδών και μη Μεταβολών. Διανυσματικά διατηρούνται μόνον οι Ουσιώδεις, αγνοώντας τη νέα χρονική κλίμακα. Σε μοντέλο πεδίου γενικεύονται τα στάδια της ζωής του αντικειμένου για το νέο «βήμα» της χρονικής κλίμακας – σαν να αλλάζει το μέγεθος του χρονικού pixel.

Γενίκευση Επιπέδου Ιεράρχησης

Η Γενίκευση σε επίπεδο ιεραρχικής ταξινόμησης χρησιμοποιεί τα σχήματα ταξινόμησης τα οποία περιλαμβάνονται στο λεξικό οντοτήτων του μοντέλου, τόσο για τα Αντικείμενα όσο και για τις Μεταβολές. Στη διανυσματική προσέγγιση, κάθε Μεταβολή ταξινομείται σε υψηλότερο επίπεδο στο ιεραρχικό σχήμα (λιγότερη λεπτομέρεια). Σε κανονικοποιημένη προσέγγιση διατηρούνται μόνον οι νέες, υψηλότερες κλάσεις Μεταβολών οι οποίες είναι και πλέον σημαντικές. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.13β, το αρχικό αντικείμενο υποβάλλεται σε μια σειρά αλλαγών στη χρήση γης του. Κατά τη διανυσματική προσέγγιση, οι μεταβολές του ομαδοποιούνται σε υψηλότερες κλάσεις γενικευμένων Μεταβολών της χρήσης γης. Στην κανονικοποιημένη προσέγγιση, οι γενικευμένες αυτές Μεταβολές ανακατανέμονται σύμφωνα με τη νέα χρονική κλίμακα.

Συνένωση Χρονικής Μεταβολής

Ο τελεστής αυτός συγκεντρώνει τις διαδικασίες συνένωσης αντικειμένων και μεταβολών σε μικρότερες ομάδες. Σύμφωνα με τη διανυσματική προσέγγιση, οι Μεταβολές αποτελούν κορυφές χρονικών διανυσμάτων. Συνεπώς, οι πλησιέστερες χρονικά Μεταβολές θα ενωθούν σε μία, μεγαλύτερης διάρκειας, Μεταβολή. Κατά την κανονικοποιημένη προσέγγιση, όλες οι Μεταβολές οι οποίες μεταπίπτουν στην καινούργια χρονική κλίμακα θα συνενωθούν. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.13γ, το αρχικό αντικείμενο, ένα δάσος, υποβάλλεται σε μια σειρά αλλαγών στο μέγεθός του. Στη διανυσματική προσέγγιση όλες αυτές οι Μεταβολές θεωρούνται πως έλαβαν χώρα σε κοντινά χρονικά σημεία, οπότε οι τρεις Μεταβολές γενικεύονται σε μία, η οποία λαμβάνει και την πλέον διαδεδομένη τιμή των προηγούμενων τριών, αυτή της αύξησης του μεγέθους. Στην κανονικοποιημένη προσέγγιση υπάρχει δεδομένη ανάλυση της χρονικής κλίμακας, οπότε αλλάζουν τα όρια της αρχής και του τέλους της νέας Μεταβολής.

Ειδικά για τον τελεστή *Change Aggregation*, θα πρέπει να σημειωθεί εδώ πως δεν πρόκειται για την ίδια ακριβώς διαδικασία με τη λεγόμενη *Temporal Aggregation*, αν και μοιράζονται πολλές κοινές έννοιες – πέρα από όμοια ονομασία. Η «Χρονική Συνένωση» (*Temporal Aggregation*) αφορά σε διαδικασίες που

επιχειρούν συνολικό Information abstraction από τα ίδια τα δεδομένα. Βασικός στόχος του temporal aggregation είναι να επέμβει στη Βάση Δεδομένων, και να επιχειρήσει να ελαττώσει την πληροφορία, δίχως να αλλοιώσει τη γενικότερη συμπεριφορά των αντικειμένων. Λειτουργεί σε επίπεδο διαχείρισης της βάσης δεδομένων, ομαδοποιώντας τις εγγραφές σε ομοειδή γκρουπ, και έπειτα εφαρμόζοντας ειδικές συναρτήσεις συνένωσης των δεδομένων (Böhlen et al., 2009 - Timko et al., 2009), με σκοπό τη δημιουργία μιας συνοπτικότερης βάσης. Ωστόσο, διαφέρει από τους εδώ εξεταζόμενους τελεστές, καθώς δεν σχετίζεται με αλλαγή χρονικής κλίμακας ή ανάλυσης. Το temporal aggregation βρίσκει βασική εφαρμογή στις χώρο-χρονικές βάσεις κινούμενων αντικειμένων, όπως οι τροχιές των αυτοκινήτων στο δρόμο, που καταγράφονται σε βάση ενός πλοηγού (navigator), και στις οποίες σχηματίζεται γρήγορα πληθώρα πληροφορίας –λόγω του συνεχούς στίγματος του GPS- οπότε απαιτείται η ενοποίηση των δεδομένων.

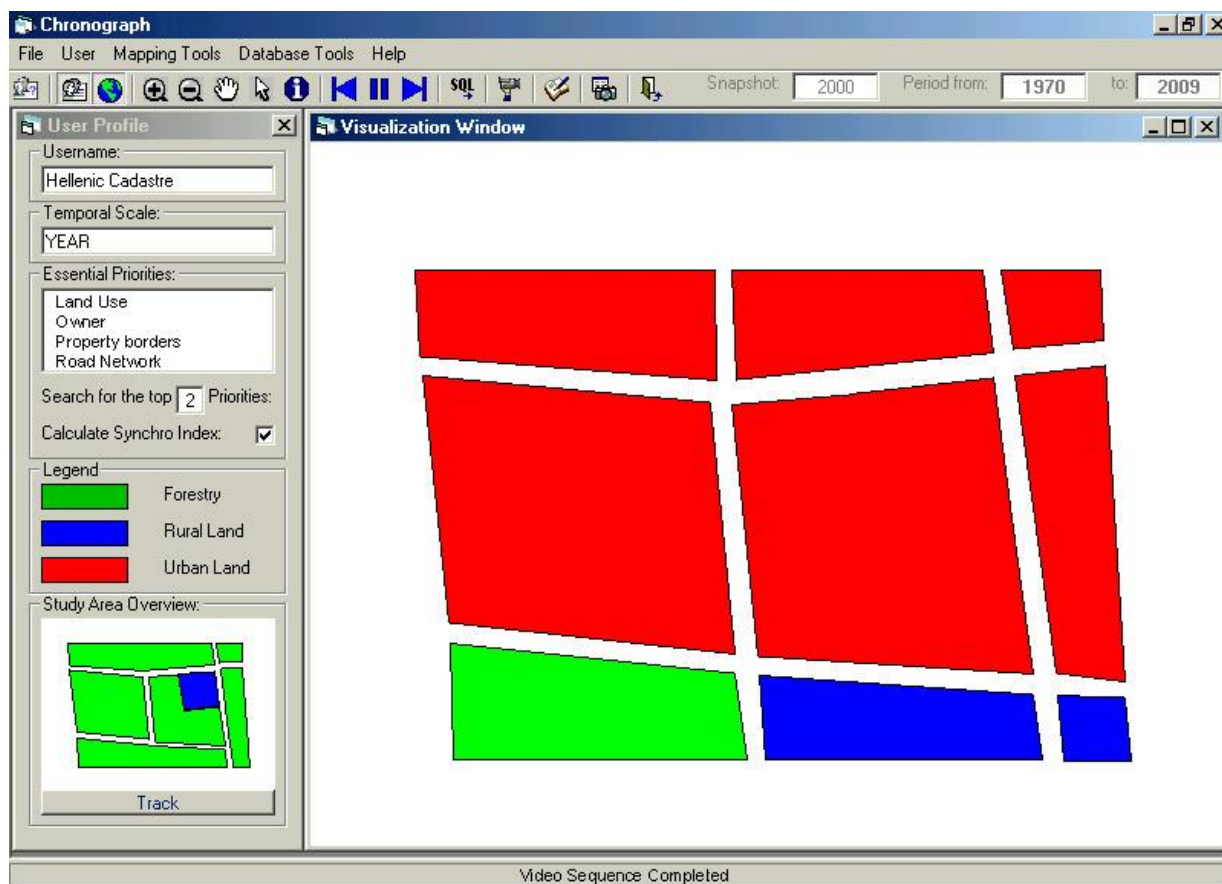
Εντούτοις, το Temporal Aggregation συνεχίζει να αποτελεί μια διαδικασία γενίκευσης των δεδομένων βάσει χρονικών χαρακτηριστικών, και εφαρμόζει τις εξής μεθόδους ομαδοποίησης, οι οποίες μπορούν να υιοθετηθούν και στην εννοιολογική γενίκευση: ομαδοποίηση βάσει τακτών τμημάτων στη διάσταση του χρόνου (προσέγγιση raster), ομαδοποίηση με «κινούμενο» χρονικό διάστημα (ίσο χρονικό διάστημα, πριν και μετά από μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή), και ομαδοποίηση βάσει ασύμμετρων χρονικών διαστημάτων, οριζόμενων από τις ανάγκες του χρήστη.

Συσχέτιση Αντικειμένου-Μεταβολής

Ο πλέον σύνθετος των τεσσάρων τελεστών, έπεται των τριών πρώτων, και ανασυντάσσει τις συσχετίσεις μεταξύ αντικειμένων και Μεταβολών. Στις συσχετίσεις αυτές περιλαμβάνονται και οι όποιες χρονικές τοπολογικές σχέσεις έχουν οριστεί. Υπάρχουν δύο παραδείγματα συσχέτισης χρονικής τοπολογίας στο σχήμα 5.13δ. Στο πρώτο, στην τελική γενικευμένη μορφή δύο γεωτεμαχίων, αν και οι μορφές τους έχουν γενικευτεί, απεικονίζεται η τοπολογική σχέση της «γεινίασης» μεταξύ τους, καθώς διατηρείται για τα 22 από τα 25 έτη της ιστορίας τους. Το δεύτερο παράδειγμα καταγράφει το βιοτικό επίπεδο στην Αθήνα και τη Σπάρτη στην αρχαιότητα, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος του Πελοποννησιακού Πολέμου (με την Αθήνα ηττημένη και σε χαμηλότερο βιοτικό επίπεδο, σε αντίθεση με τη Σπάρτη όπου ανέβηκε). Εάν τα γεγονότα αυτά γενικευτούν σε μικρότερη χρονική κλίμακα, η σχέση των δύο Μεταβολών οι οποίες συμπίπτουν στο τέλος του πολέμου διατηρείται, ενώ η χρονική τοπολογική σχέση των δύο πρώτων Μεταβολών αλλοιώνεται. Θα πρέπει να εξεταστεί εάν η νέα τοπολογική σχέση είναι αποδεκτή ή όχι.

5.2.3. Ανάπτυξη Εφαρμογής Ελέγχου Τελεστών: «Χρονογράφος»

Προκειμένου να διερευνηθεί η πρακτική δυνατότητα υποστήριξης της χώρο-χρονικής γενίκευσης από το προτεινόμενο αντικειμενοστρεφές μοντέλο δεδομένων, αναπτύχθηκε η εφαρμογή «Χρονογράφος» (*Chronograph*). Πρόκειται για εφαρμογή, με στοιχειώδεις λειτουργίες ενός GIS, η οποία αποδίδει γραφικά τα δεδομένα σε χάρτη, δίνει δυνατότητα καταγραφής και διαχείρισης χαρακτηριστικών χρήστη (profile manager) και εκτελεί προκαθορισμένα Χρονικά Ερωτήματα σε SQL (Panopoulos et al., 2003). Η εφαρμογή συνδέεται με βάση δεδομένων σε αντικειμενοστρεφή δομή –επεκταμένη ώστε να περιλαμβάνει χωρικά και χρονικά δεδομένα- και μέσω αλγορίθμων, εφαρμόζει τους παραπάνω τελεστές χώρο-χρονικής Γενίκευσης στο μοντέλο, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα χαρακτηριστικά που δηλώνει ο χρήστης, όσο και την εξειδικευμένη προσέγγιση (raster ή vector) που επιθυμεί. Το εξαγόμενο μπορεί να είναι είτε ένας



Σχήμα 5.14 Το κεντρικό παράθυρο της Εφαρμογής «Χρονογράφος»

μεμονωμένους, χρονικά γενικευμένους χάρτες της περιοχής μελέτης, είτε μια ακολουθία χρονικά γενικευμένων στιγμιότυπων, τα οποία προβάλλονται ως ένα πλήρως παραμετρικό animated display.

Ο «Χρονογράφος» αναπτύχθηκε για να δοθεί η δυνατότητα να δοκιμαστεί η εφαρμογή διαδικασιών γενίκευσης ανάλογα με τις ανάγκες Ανάλυσης διαφορετικών χρηστών και εφαρμογών, κάνοντας χρήση των τεσσάρων προτεινόμενων τελεστών χώρο-χρονικής Γενίκευσης σε εννοιολογικό επίπεδο. Επιπλέον, εκτελεί διαδομένους αλγόριθμους χαρτογραφικής γενίκευσης, και επιτρέπει την επιλογή διανυσματικής ή κανονικοποιημένης προσέγγισης κατά τη Γενίκευση. Δεδομένης της έλλειψης αξιόπιστου εμπορικού λογισμικού χώρο-χρονικής οπτικοποίησης κατά την περίοδο υλοποίησής της, οι δυνατότητες της Εφαρμογής επαυξήθηκαν ώστε να επιτρέπει την προβολή πολλαπλών στιγμιότυπων.

Η εφαρμογή του «Χρονογράφου», εξομοιώνοντας ένα βασικό περιβάλλον GIS, διαθέτει τις κατάλληλες λειτουργίες για την αποθήκευση, ανάκτηση και εμφάνιση των χωρικών δεδομένων – λειτουργίες παρόμοιες με τις Υπηρεσίες που προσφέρει ένα web GIS, όπως το geoportals του INSPIRE. Η τελική απόδοση γίνεται με την παραγωγή διαδοχικών χαρτογραφικών layers. Τα επιθέματα αυτά είναι χώρο-χρονικά γενικευμένα αποτελέσματα της αρχικής βάσης, σε διάφορους βαθμούς λεπτομέρειας. Στην τελική εφαρμογή έγινε προσπάθεια να υλοποιηθούν οι εξής δυνατότητες:

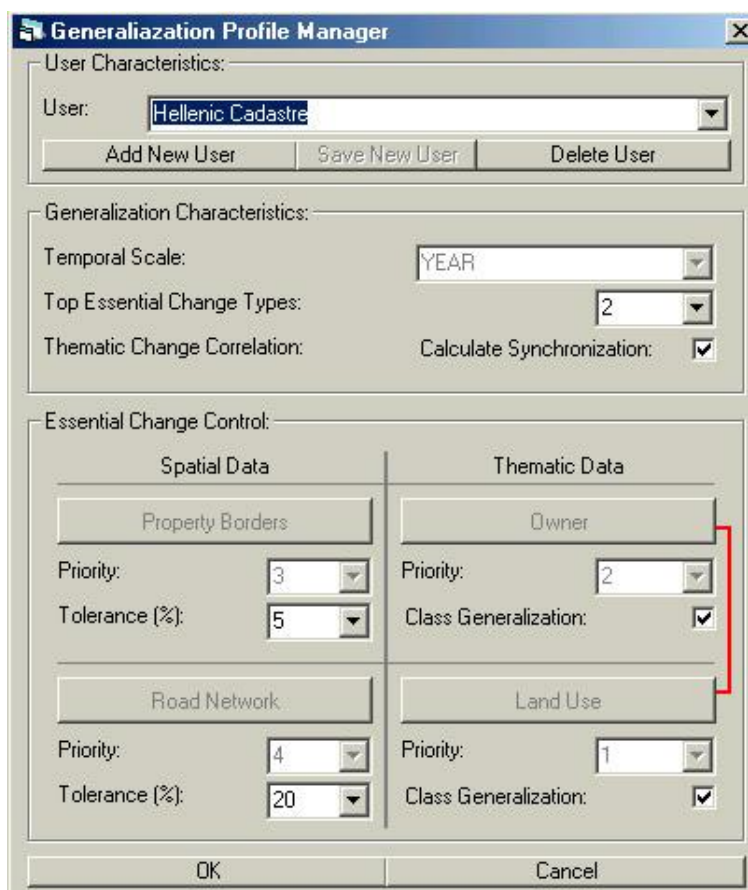
- ✓ *Χώρο-χρονική Γενίκευση στηριζόμενη σε διαφορετικά προφίλ Χρηστών και Εφαρμογών:* Το χαρακτηριστικό αυτό κρίθηκε απαραίτητο, καθώς το αν μία Μεταβολή των Αντικειμένων θεωρείται Ουσιώδης ή Επουσιώδης καθορίζεται από τις ανάγκες του χρήστη ή/και τις απαιτήσεις χώρο-

χρονικής Ανάλυσης ενός πεδίου εφαρμογών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση εφαρμογών Χωροταξίας, τυχόν μεταβολές στη χρήση γης μπορεί να είναι Ουσιώδεις, ενώ μεταβολές ιδιοκτησιακού καθεστώτος μπορεί να θεωρούνται επουσιώδεις. Για να αντιμετωπιστούν οι διαφορετικές προσεγγίσεις σε σχέση με το βαθμό αλλαγής ταυτότητας που προκαλούν οι Μεταβολές, η Εφαρμογή επιβάλλει τη δημιουργία και χρήση ενός προφίλ για κάθε χρήστη ή/και εφαρμογή. Το προφίλ δημιουργείται την πρώτη φορά που χρησιμοποιείται, και μπορεί να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση, όπως και φυσικά να δημιουργηθεί νέο, βάσει νέων απαιτήσεων.

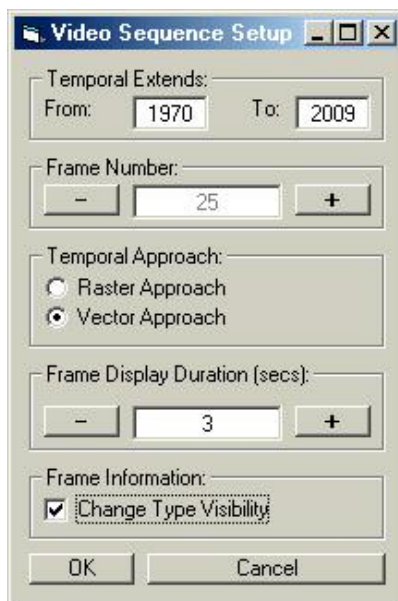
- ✓ *Χρήση των βασικών τελεστών Γενίκευσης:* Η Εφαρμογή επιτρέπει την πειραματική εφαρμογή των τεσσάρων βασικών τελεστών χώρο-χρονικής Γενίκευσης, στηριζόμενων στους αντίστοιχους τελεστές για information abstraction, όπως περιγράφηκαν στην §5.2.2. Ο τρόπος λειτουργίας των τεσσάρων τελεστών παραμένει εποπτευόμενος από το χρήστη της εφαρμογής. Οι τελεστές εφαρμόζονται ακολουθώντας μία batch διαδικασία. Η διαδικασία ξεκινάει με την Χρονική Επιλογή, η οποία λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά που καθόρισε ο χρήστης με το *User Profile Manager* στο ενεργό προφίλ που χρησιμοποιείται (Σχήμα 5.15). Έπεται ο τελεστής Γενίκευσης Επιπέδου Ιεράρχησης, ελέγχοντας εάν οι Μεταβολές του data set είναι Ουσιώδεις ή όχι, ώστε να καταλήξει εάν μπορούν να γενικευτούν και να αποδοθούν σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Τα πολλαπλά επίπεδα στην Ιεραρχία δεν είναι απαραίτητα ορισμένα σε κάθε application schema. Στα δοκιμαστικά data sets καθορίστηκαν δύο τέτοια επίπεδα για ερευνητικούς λόγους. Αφού ολοκληρωθεί η λειτουργία των δύο πρώτων τελεστών, εφαρμόζεται ο τελεστής Συνένωσης των Χρονικών Μεταβολών, εντοπίζοντας τις μεταβολές και ομαδοποιώντας τις βάσει των πλέον σημαντικών, μειώνοντας έτσι την πολυπλοκότητα των στοιχείων. Ο Τελεστής Συσχέτισης χρησιμοποιείται περισσότερο ως μέθοδος επανελέγχου της ακεραιότητας μεταξύ των γενικευμένων στοιχείων. Ο «Χρονογράφος» χρησιμοποιεί τη στοιχειώδη ικανότητα της MapX να διορθώσει οπτικές ανωμαλίες διατάσσοντας κάθε αντικείμενο σε διαφορετικό επίπεδο.
- ✓ *Δημιουργία εναλλακτικών χαρτών αντί ενός μοναδικού γενικευμένου χάρτη:* Το οπτικό αποτέλεσμα της γενίκευσης δεν μπορεί να αποτελείται από το στείο αποτέλεσμα στατιστικής επεξεργασίας των καταστάσεων των αντικειμένων στο υπό μελέτη spatiotemporal extent. Δίνεται η δυνατότητα σύνθεσης εναλλακτικών σεναρίων, ώστε να εκτιμηθεί από τον παρατηρητή η πραγματική κατάσταση. Για παράδειγμα, γενικεύοντας την ιστορική πορεία μιας περιοχής η οποία έχει υπάρξει αγροτική για 51 έτη και αστική για 49, σε χρονική κλίμακα 1 αιώνα, θα παράχθει μια απεικόνιση που εμφανίζει την περιοχή ως αγροτική, η οποία δεν αντιπροσωπεύει τις ιδιαιτερότητες της πραγματικότητας.
- ✓ *Χρήση καθιερωμένων αλγορίθμων χαρτογραφικής γενίκευσης:* Σε συμφωνία με τον αλγόριθμο Douglas-Peucker στα χωρικά φαινόμενα, κάποιες αλλαγές ξεπερνούν τα όρια ανοχής και πρέπει να εμφανίζονται. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η δημιουργία και ενσωμάτωση στο «Χρονογράφο» μίας εφαρμογής δημιουργίας στιγμιότυπων σε κάθε αλλαγή η οποία ξεπερνά τα όρια ανοχής του μοντέλου. Η υλοποίηση των παραπάνω γίνεται με το διαδοχικό επανασχεδιασμό των αντικειμένων της περιοχής στο πρώτο dt μετά την προαναφερθείσα αλλαγή. Το layer που αναπαριστά το στιγμιότυπο ακολουθεί το πρότυπο των δυναμικών κινούμενων επιθεμάτων (*Animation Layers*), προκειμένου να ομαλοποιείται η διαδοχή των πολυγώνων και να μην επηρεάζεται η εμφάνιση των υπολοίπων layers κατά την επιλογή της επίθεσης (overlay). Βέβαια, ο χρήστης είναι σε θέση να δει και το μεμονωμένο γενικευμένο layer, η ορθότητα (και η συνεπαγόμενη ακρίβεια) του οποίου κρίνεται ως ικανοποιητική στην περίπτωση μικρού βάθους χρόνου ή περιορισμένων σημαντικών αλλαγών, όμως μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα αυτών.

- ✓ *Παράλληλη χρήση Διανυσματικής (vector) και Κανονικοποιημένης (raster) διαίρεσης του χρόνου:* Κατά τη δημιουργία των αλληλεπικαλυπτόμενων στιγμιότυπων, ο χρήστης επιλέγει εάν επιθυμεί τα στιγμιότυπα αυτά να αναπαριστούν την περιοχή στα σημεία των αλλαγών ή σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η πρώτη επιλογή παραπέμπει στη διανυσματική διαίρεση του χρόνου, όπου αρχή κάθε διανύσματος αποτελεί η αλλαγή γέννησής του, και τέλος η αλλαγή παύσης του ή μεταβολής του σε νέο αντικείμενο - εφόσον αυτή ξεπερνάει το όριο ανοχής του μοντέλου. Η μέθοδος αυτή διατηρεί μόνο τα σημαντικά στιγμιότυπα, ο αριθμός των ορίων προτείνεται αυτόματα από το σύστημα ακολουθώντας τους τελεστές επιλογής και ιεραρχικής γενίκευσης με τις παραμέτρους που προέκυψαν από τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρήστη. Στον αντίποδα, η δεύτερη επιλογή παραπέμπει στην Ψηφιδωτή (raster) διαίρεση του χρόνου σε διαστήματα ίσης μεταξύ τους διάρκειας (αντίστοιχα με τα pixel μιας raster εικόνας). Τα σημεία αλλαγής των στιγμιότυπων προκύπτουν από απλή διαίρεση του διαστήματος δια του επιλεγμένου από το χρήστη αριθμού επιθυμητών «καρέ», και σε καμία περίπτωση δε συσχετίζονται με τις αλλαγές στις ιδιότητες των αντικειμένων. Η χρησιμοποίηση της μεθόδου αυτής λύνει μερικώς το πρόβλημα ορθότητας του μεμονωμένου στιγμιότυπου, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της πορείας κινούμενου αντικειμένου, δεν αποδίδει όμως την ίδια ακρίβεια με τη διανυσματική μέθοδο δημιουργίας των επιμέρους στιγμιότυπων.

Για να καταγράψει η εφαρμογή τα κριτήρια Γενίκευσης για πολλαπλές και διαφορετικές χρήσεις, διαθέτει έναν Διαχειριστή Προφίλ Χρηστών (Profile Manager), ο οποίος καταγράφει στη βάση τα χαρακτηριστικά κάθε χρήστη. Στο «Χρονογράφο» τυποποιήθηκαν ενδεικτικά τέσσερις Μεταβολές, δύο από τις οποίες αφορούσαν χωρικά χαρακτηριστικά και οι άλλες δύο θεματικά (Σχήμα 5.15).



Σχήμα 5.15 Καταχώριση παραμέτρων χρήστη ή/και πεδίου εφαρμογής

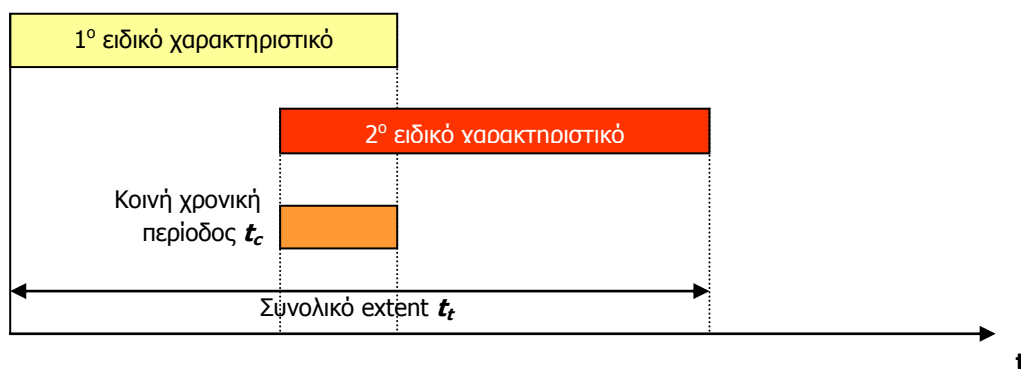


Σχήμα 5.16 Ορισμός χαρακτηριστικών στιγμιότυπων δυναμικού χάρτη

Ο χρήστης καθορίζει τη χρονική κλίμακα, σε πιθανή ανάλυση (granularity) Ημέρας, Έτους και Δεκαετίας. Έπειτα, καθορίζει την προτεραιότητα της κάθε Μεταβολής, και εάν είναι Ουσιώδης ή Επουσιώδης. Ειδικά για τις Μεταβολές χωρικών χαρακτηριστικών, καταγράφεται ένα επίπεδο ανοχής, άνω του οποίου η Μεταβολή είναι Ουσιώδης, ενώ κάτω του οποίου πρόκειται για απλή «κίνηση». Η πληροφορία της φόρμας αυτής εγγράφεται στην εσωτερική Βάση της εφαρμογής, ώστε να μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί ξανά.

Εάν ο χρήστης επιλέξει να καταταμηθεί το χρονικό διάστημα μελέτης δημιουργώντας ουσιαστικά ένα σύνολο στιγμιότυπων αντί του μεμονωμένου γενικευμένου χάρτη, θα πρέπει να ορίσει τις παραμέτρους των στιγμιότυπων αυτών. Το ρόλο αυτό καλείται να παίξει η φόρμα του Σχήματος 5.16. Ο χρήστης μπορεί να διατηρήσει τα προτεινόμενα από το σύστημα (t_s-t_e), ή να ορίσει δικά του αρκεί να περιέχονται ή να ταυτίζονται με το χρονικό διάστημα μελέτης. Στη συνέχεια καλείται να επιλέξει αριθμό στιγμιότυπων. Το σύστημα προτείνει στο χρήστη έναν αριθμό ίσο με τις σημαντικές για αυτόν αλλαγές, όπως τις οριοθέτησε ο ίδιος κατά τη δημιουργία του προφίλ του, τα οποία μπορεί να περιορίσει ή να αυξήσει.

Τέλος, ο χρήστης επιλέγει τη χρονική στιγμή απεικόνισης των γενικευμένων στιγμιότυπων. Το



Σχήμα 5.17 Υπολογισμός spatiotemporal Generalization Fidelity Ratio (Panopoulos et al., 2003)

σύστημα προτείνει τη διανυσματική (vector) προσέγγιση όπου κάθε στιγμιότυπο ακολουθεί μία σημαντική αλλαγή. Εάν αντιθέτως επιλεγεί προσέγγιση του μοντέλου πεδίου (raster), η εφαρμογή προτείνει αριθμό στιγμιότυπων ίσο με το ζητούμενο χρονικό διάστημα, διαιρεμένο με τη χρονική κλίμακα γενίκευσης. Και πάλι, δίνεται η δυνατότητα μεταβολής του αριθμού των στιγμιότυπων αλλά αυτό περιορίζεται στα όρια του καθαρού υπολοίπου της παραπάνω διαιρέσης.

Αν και το τελικό παραγόμενο αποτέλεσμα της διαδικασίας χώρο-χρονικής Γενίκευσης φαίνεται ως ένας χάρτης, στην πραγματικότητα διαφέρει αρκετά. Για να απεικονιστεί το γεγονός πως οι παρουσιαζόμενες οντότητες είναι γενικευμένες, η εφαρμογή περιλαμβάνει τον υπολογισμό ενός Δείκτη Πιστότητας της Χώρο-Χρονικής Γενίκευσης (*Spatiotemporal Generalization Fidelity Ratio*). Σκοπός του είναι να υπολογίζει το λόγο της συνύπαρξης δύο ή περισσότερων αντικειμένων κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου που απεικονίζεται στον τελικό χάρτη. Για να το υλοποιήσει αυτό, το σύστημα υπολογίζει τις χρονικές περιόδους ύπαρξης του κάθε αντικειμένου και έπειτα βρίσκει τον κοινό τους τόπο, δηλαδή την κοινή περίοδο συνύπαρξης t_c . Έπειτα, το χρονικό αυτό διάστημα διαιρείται με το συνολικό χρονική έκταση των φαινομένων t_i : $STGFR = (t_c/t_i)\%$. Όσο υψηλότερο το παραγόμενο ποσοστό, τόσο περισσότερο ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες το παραγόμενο γενικευμένο αποτέλεσμα.

5.2.4. Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες στη Γενίκευση

Η εισαγωγή της έννοιας των STUs στο εννοιολογικό μοντέλο πολλαπλασιάζουν τις δυνατότητες εφαρμογής τελεστών χώρο-χρονικής Γενίκευσης σε ένα spatial data set, ειδικά εάν συνοδεύονται από τις κατάλληλες διευκρινίσεις στο application schema. Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες (STUs) σχεδιάστηκαν με στόχο τη βέλτιστη εξομοίωση της μορφή και κίνησης του αντικειμένου στις 4 διαστάσεις. Εάν η διαδικασία Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης απαιτεί τη μετάβαση μεταξύ χωρικών και χρονικών κλιμάκων, ώστε να αποδοθούν καλύτερα κάποια μοτίβα συμπεριφοράς των υπό ανάλυση Οντοτήτων, τότε τα STUs μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλαπλά επίπεδα και χρήσεις. Συγκριμένα:

- ❖ Ως στοιχειώδεις συνιστώσες που στο σύνολό τους σχηματίζουν ένα Αντικείμενο, τα STUs μπορούν να υποστούν σε βασική διεργασία απαλοφής (Selection) ώστε να απλοποιηθεί το «σχήμα» του Αντικειμένου, τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Αν και δεν πρόκειται για τον 1^ο Τελεστή που παρουσιάστηκε, μπορεί να επιτύχει μια στοιχειώδη απλοποίηση των αντικειμένων, υποβάλλοντάς τα μάλιστα σε κλασικούς αλγορίθμους χαρτογραφικής γενίκευσης.
- ❖ Σε δεύτερο στάδιο, οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες μπορούν να χαρακτηριστούν ως προς τη σημαντικότητά τους στη συνολική «ζωή» του Αντικειμένου. Η σημαντικότητα μπορεί να εξαρτάται από την έκταση που καταλαμβάνουν χωρικά και χρονικά, από το σύνολο των Μεταβολών που έχουν υποστεί, ή από συνδυασμό των δύο αυτών παραγόντων. Καταγράφοντας τη σημαντικότητα κάθε STU, η Γενίκευση μπορεί να καθορίσει διαδικασίες του ποια διατηρούνται και ποια όχι. Τα πρώτα θα είναι αυτά που θα εκφράζουν την οντότητα σε λιγότερο λεπτομερείς χώρο-χρονικές κλίμακες.
- ❖ Ο μικρός αριθμός των επιτρεπών Μεταβολών στις οποίες μπορεί να υποβληθεί μία Χώρο-Χρονική Μονάδα δίνει τη δυνατότητα επιπλέον ταξινόμησης των Μεταβολών, σε άλλο επίπεδο Ιεράρχησης. Αυτή είναι μια εναλλακτική προσέγγιση για τον Τελεστή Γενίκευσης Επιπέδου Ιεράρχησης που παρουσιάστηκε, αρκεί το application schema να ορίζει το ανώτερο επίπεδο μεταβολών και πώς τυποποιούνται σε σχέση με τις βασικές μεταβολές των STUs.

- ❖ Έχοντας υποβάλει τα STUs ήδη στους δύο προηγούμενους Τελεστές, δίνεται η δυνατότητα Συνένωσής τους βάσει εγγύτητας, χωρικής και χρονικής. Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες -εκ σχεδιασμού- αποτελούν μέρη ενός ευρύτερου συνόλου, οπότε η ιδιότητά τους αυτή διευκολύνει διαδικασίες aggregation.
- ❖ Η τήρηση χωρικών και χρονικών συσχετίσεων μεταξύ μεμονωμένων STUs προσδίδει μοναδικές δυνατότητες εφαρμογής του τέταρτου και συνθετότερου Τελεστή, της Συσχέτισης Αντικειμένου-Μεταβολής, ο οποίος εξειδικεύεται στη Συσχέτιση STU-Μεταβολής. Ακόμη κι αν τμήμα του Αντικειμένου αλλάξει λόγω προηγούμενων τελεστών, συγκεκριμένες Χώρο-Χρονικές Μονάδες μπορούν να «υποχρεωθούν» να διατηρήσουν τις χώρο-χρονικές συσχετίσεις τους αναλλοίωτες από το μοντέλο. Αυτά τα STUs θα λειτουργούν ως constraints για να μην επιβληθούν διεργασίες Γενίκευσης που τελικά θα αλλοιώσουν την απεικονιζόμενη συμπεριφορά και σχέση μεταξύ των Οντοτήτων.
- ❖ Στους Χρονικούς και Χωρικούς Τομείς των STUs προβλέπονται τα χαρακτηριστικά `temporalAppScale` και `spatialAppScale` αντιστοίχως. Τα χαρακτηριστικά αυτά δίνουν δύο δυνατότητες: α) να καταγράφεται το προβλεπόμενο, από το application schema, granularity ώστε να λειτουργεί καθοδηγητικά για την αλλαγή κλιμάκων, και β) να δίνεται η δυνατότητα γενίκευσης από ένα application schema του INSPIRE σε ένα άλλο, απλά συγκρίνοντας τις δύο κλίμακες των εκατέρωθεν STUs και εφαρμόζοντας τις κατάλληλες διαδικασίες.
- ❖ Αν και η φιλοσοφία του μοντέλου στο INSPIRE είναι κατά βάση αντικειμενοστρεφής, οπότε κατ' επέκταση, το ίδιο ισχύει και για τις Χώρο-Χρονικές Μονάδες, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι για τη δημιουργία των STUs ο χώρο-χρόνος αντιμετωπίζεται ως ένα ενιαίο σώμα το οποίο «τεμαχίζεται» σε πολλά επιμέρους στοιχεία. Ο σχεδιασμός αυτός θυμίζει ένα πλέγμα (grid) με τα STUs να καταλαμβάνουν 4διάστατα φαντρία του. Η μεταφορά αυτή προσεγγίζει αυτή της raster φιλοσοφίας. Ως εκ τούτου, διαφαίνεται πως οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες μπορούν να αναπαραστήσουν τα φαινόμενα τόσο μέσα από τη vector, όσο και από τη raster προσέγγιση – οπότε δεν τίθεται ο αντίστοιχος περιορισμός όταν εφαρμόζονται οι Τελεστές της Γενίκευσης, καθώς είναι εύκολη η εναλλαγή μεταξύ των δύο προσεγγίσεων.

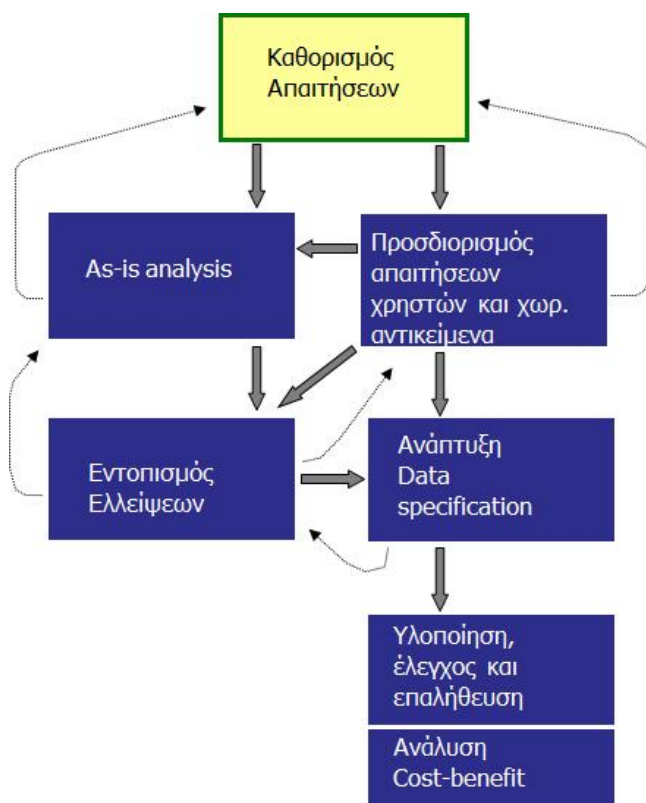
6. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Το μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων σχεδιάστηκε με τη φιλοσοφία των Base Models, δηλαδή των γενικών, επικουρικών μοντέλων που προβλέπει το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE, τα οποία μπορούν να υιοθετηθούν –εξολοκλήρου ή εν μέρει- από τα εξειδικευμένα Application Schemas ανά Θεματικό Επίπεδο. Στο Κεφάλαιο αυτό ελέγχεται πώς τα στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου μπορούν να συνδυαστούν με τα αντικείμενα των τεχνικών προδιαγραφών των Θεματικών Επιπέδων, ώστε να αποτελέσουν ένα ενιαίο application schema. Αφού παραχθούν τα επεκταμένα application schemas, δημιουργούνται βάσεις χώρο-χρονικών δεδομένων με ενδεικτικά data set σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές αυτές, οι οποίες υποβάλλονται σε ερωτήματα χώρο-χρονικής Ανάλυσης, δοκιμάζονται τεχνικές οπτικής απόδοσής τους, και αξιολογείται η δυνατότητα να υποβληθούν σε εννοιολογική γενίκευση.

Το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (ΓΕΜ) ουσιαστικά παρέχει όλα τα προτεινόμενα στοιχεία, στα οποία θα μπορεί να στηριχθεί κανείς, ώστε να σχεδιάσει application schemas που να συμβαδίζουν με τις απαιτήσεις για διαλειτουργικότητα που ορίζει το INSPIRE. Σε συνδυασμό με την καθοδήγηση για τη μεθοδολογία που έπρεπε να ακολουθηθεί (*Methodology for the development of data specifications* - Illert, 2008b), οι εμπειρογνώμονες των Θεματικών Ομάδων Εργασίας (Thematic Working Groups – TWGs) καθόρισαν έναν αριθμό τεχνικών προδιαγραφών για κάθε Θεματικό Επίπεδο. Υπενθυμίζεται πως για τα Θεματικά Επίπεδα του Παραρτήματος Ι, τα application schemas έχουν ήδη σχεδιαστεί και έχουν ψηφιστεί από την Ε.Ε. (European Commission, 2010b). Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα στάδια που ακολουθούνται για το σχεδιασμό των τεχνικών προδιαγραφών, καθώς θα αποτελέσουν πλαίσιο αναφοράς για τη μετέπειτα αφομοίωση των STUs στη διαδικασία.

Ανάπτυξη Τεχνικών Προδιαγραφών ανά Θεματικό Επίπεδο

- Στάδιο 1^ο: *Καθορισμός Απαιτήσεων (Use Case Development)*. Τα Θεματικά Επίπεδα (Themes) δεν απεικονίζουν συγκεκριμένες εφαρμογές, αλλά ευρεία πεδία εφαρμογών, όπου κατατάσσονται όμοια δεδομένα και παρόμοιες ανάγκες. Τούτο σημαίνει πως όσο εξειδικευμένο να επιχειρηθεί να συνταχθεί το application schema, δεν θα μπορεί να προκαθορίσει κάθε πιθανή απαίτηση χρηστών. Κατά το πρώτο στάδιο λοιπόν, αναλύεται συστηματικά το Θεματικό Επίπεδο, αξιολογούνται όλα τα είδη χωρικών δεδομένων που εμπίπτουν σε αυτό, και εντοπίζονται οι χρήστες και οι εφαρμογές που τα χρησιμοποιούν. Σε κάποια Θεματικά Επίπεδα, οι εφαρμογές μπορεί να είναι τόσο ποικίλλες, που να μην αρκεί ένα application schema, αλλά επιμέρους προδιαγραφές ώστε να καλυφθούν όλες οι υποπεριπτώσεις αναγκών. Κατά το Στάδιο αυτό πραγματοποιείται μελέτη όλων των σχετιζόμενων με το Θεμ. Επίπεδο πληροφοριών, για να διαπιστωθούν οι ανάγκες. Οι βασικές πηγές που μελετώνται είναι οι σχετικές Ευρωπαϊκές περιβαλλοντικές πολιτικές, τα σχετιζόμενα Ευρωπαϊκά προγράμματα, καθώς και υλικό αναφοράς (reference material) που έχει ζητηθεί και έχουν καταθέσει οι αρμόδιοι με την επιστημονική περιοχή Φορείς από τα Ευρωπαϊκά Κράτη (Legally Mandated Organizations – LMOs). Επίσης, διεξάγεται ανοικτή έρευνα με ερωτηματολόγια σε σχετικούς με τη περιοχή επιστήμονες, εμπειρογνώμονες, χρήστες, και κάθε άλλο ενδιαφερόμενο. Αποτέλεσμα είναι να καταγραφούν οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να καλύψει το (ή και παραπάνω από ένα) application schema.



Σχήμα 6.1 Στάδια σχεδιασμού ενός Τεχνικών Προδιαγραφών ανά Θεματικό Επίπεδο

- Στάδιο 2^ο: *Προσδιορισμός των απαιτήσεων των χρηστών και των τύπων χωρικών αντικειμένων (Identification of user requirements and spatial object types)*. Έχοντας καταγράψει την έκταση που καλύπτει το Θεματικό Επίπεδο και τις βασικές ανάγκες, τυποποιούνται οι απαιτήσεις για οργάνωση, καταγραφή, διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων. Πραγματοποιείται αρχικός προσδιορισμός των απαιτήσεων των χρηστών και των τύπων χωρικών αντικειμένων, βάσει των όσων προτείνει το ΓΕΜ. Στο Στάδιο αυτό καθορίζονται οι Οντότητες που απασχολούν το Μοντέλο, τα χαρακτηριστικά τους, το περιεχόμενο των δεδομένων, τα metadata, και –προαιρετικά– οι απαιτήσεις για την ποιότητα δεδομένων. Αναφορικά με τα ζητήματα κλίμακας και οπτικοποίησης, τα οποία θίχτηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο, θα πρέπει να αναφερθεί πως αυτό είναι το Στάδιο το οποίο λαμβάνονται αποφάσεις για την Απεικόνιση των δεδομένων, και προσδιορίζεται το επίπεδο λεπτομέρειας (Level of Detail), δηλαδή η χωρική κλίμακα σύμφωνα με το INSPIRE. Προαιρετικά, διερευνάται η δυνατότητα γενίκευσης (χωρικής), μέσω καθιέρωσης πολλαπλών απεικονίσεων. Όταν ολοκληρωθεί το Στάδιο 2, ουσιαστικά έχει παραχθεί το πρώτο προσχέδιο (draft) ενός application schema, με τη λίστα όλων των προβλεπόμενων spatial object types.
- Στάδιο 3^ο: *Ανάλυση «ως έχει» (As-is analysis)*. Το στάδιο αυτό διεκπεραιώνεται σχεδόν ταυτόχρονα με το στάδιο 2. Πραγματοποιείται διεξοδική ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης των χωρικών δεδομένων κάθε θεματικού επιπέδου, αναφορικά με το υποβληθέν υλικό αναφοράς των ενδιαφερόμενων οργανισμών και Φορέων (το οποίο ξεπέρασε τα 580 κείμενα), τα υφιστάμενα διεθνή Πρότυπα (ISO κ.α.), και την εξειδικευμένη εμπειρογνομόνων των μελών των Thematic Working Groups. Σκοπός του σταδίου είναι να διαπιστώσει τι ακριβώς ισχύει για την συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή αυτή τη στιγμή διεθνώς, ώστε να υιοθετηθούν βέλτιστες και διαδεδομένες

πρακτικές. Ειδικά για τις τεχνικές προδιαγραφές των Θεματικών Επιπέδων του Παραρτήματος Ι, ουσιαστικά σχεδόν αντικατέστησε το Στάδιο 1 λόγω πίεσης των χρονικών διαστημάτων, και οδήγησε στη σύνταξη των πρώτων application schemas.

- Στάδιο 4^ο: *Εντοπισμός κενών (Gap Analysis)*. Έχοντας ένα προσχέδιο του application schema, γίνεται σύγκριση των όσων προδιαγράφει, με τα περιεχόμενα ενδεικτικών συλλογών δεδομένων του ίδιου Θεματικού Επιπέδου, που έχουν προέλθει από τα κράτη-μέλη. Επίσης, γίνεται σύγκριση των data sets και με τις απαιτήσεις των χρηστών, έτσι όπως έχουν καταγραφεί. Στόχος είναι να εντοπιστούν εκατέρωθεν κενά, δηλαδή αδυναμίες του application schema να αποδώσει δεδομένα που χρησιμοποιούνται, ή ελλείψεις των data sets ως προς τα όσα θα ζητάει το schema. Εάν εντοπιστούν κενά στις τεχνικές προδιαγραφές, επιστρέφουν στο Στάδιο 2 για επανασχεδίαση. Τυχόν ελλείψεις στα δεδομένα είναι συνθετότερο ζήτημα, καθώς αν αυτό αποτελεί πάγια τακτική, θα πρέπει ίσως να προβλεφθεί η προαιρετική φύση από το schema.
- Στάδιο 5^ο: *Ανάπτυξη Τεχνικών Προδιαγραφών (Data specification development)*. Αφού τα Στάδια 2 και 4 επαναληφθούν όσες φορές χρειάζεται ώστε να απαλειφθούν τυχόν κενά, η διαδικασία προχωράει στο 5^ο Στάδιο και τη μετατροπή του draft σε τελικές προδιαγραφές. Το προσχέδιο συντάχθηκε στηριζόμενο στις απαιτήσεις της επιστημονικής περιοχής, στις βέλτιστες πρακτικές και στην προσέγγιση που εφαρμόζουν για τα δεδομένα έως τώρα οι χρήστες τους. Οι τελικές τεχνικές προδιαγραφές, θα πρέπει να λάβουν ακόμη υπόψη κάποιες βασικές απαιτήσεις της Οδηγίας INSPIRE: ότι ο σκοπός των προδιαγραφών είναι να επιτύχουν τη χρυσή τομή μεταξύ αξιοποίησης των υφιστάμενων δεδομένων, και εναρμόνισης με τα δεδομένα που θα συλλεχθούν βάσει πιο εξελιγμένων μοντέλων μελλοντικά. Και επιπλέον, τα όσα προδιαγράφονται οφείλουν να υπολογίσουν πως η Οδηγία δεν πρέπει να προκαλέσει υπέρμετρα έξοδα στα μετέχοντα κράτη, και –όπως ορίζει το Άρθρο 4(2)- δεν απαιτεί τη συλλογή νέων δεδομένων (Eur. Parliament and Eur. Council, 2007).
- Στάδιο 6^ο: *Υλοποίηση, έλεγχος και επαλήθευση, ανάλυση κόστους-οφέλους (Implementation, testing and validation, Cost-benefit analysis)*. Οι προτεινόμενες Τεχνικές Προδιαγραφές περνούν από στάδιο διαβούλευσης, όπου τα όσα προβλέπουν αξιολογούνται από τους φορείς που συμμετέχουν στη διαδικασία. Η διαβούλευση δεν αφορά μόνο τους Φορείς που είναι νομικά υπεύθυνοι για τα δεδομένα (LMOs), αλλά και κάθε κοινότητα χρηστών που χρησιμοποιεί δεδομένα της συγκεκριμένης Θεματικής Περιοχής. Τα σχόλια και οι παρατηρήσεις αξιολογούνται, και αν απαιτείται, το schema ενημερώνεται. Ακολουθεί έλεγχος λειτουργίας υπό «κανονικές» συνθήκες, με δεδομένα και προγράμματα που έχουν επιλεγεί σε σημαντικούς ή/και τεχνολογικά προηγμένους LMOs. Ελέγχεται εάν το schema αποδίδει το μέχρι τώρα τρόπο εργασίας και διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα, και βαθμολογείται αναλόγως. Παράλληλα, από τη διαδικασία ελέγχου προκύπτουν δείκτες, που χρησιμοποιούνται για μελέτη Κόστους και Οφελών, όπως προβλέπεται από το Άρθρο 7(2) της Οδηγίας.

Από την παρουσίαση της συνολικής διαδικασίας της σύνταξης των εξειδικευμένων Τεχνικών Προδιαγραφών, προκύπτει ότι η αφομοίωση του προτεινόμενου Μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων κατατάσσεται στις εργασίες των Σταδίων 2 και 5, ώστε να αποτελέσει κομμάτι του application schema. Η διαδικασία και η χρησιμότητα του μοντέλου των STUs θα ελεγχθεί ενδεικτικά σε δύο application schemas: ένα από τη Θεματική Περιοχή της Υδρογραφίας, και ένα από τις Διοικητικές Ενότητες. Η επιλογής έγινε λόγω των ιδιαιτεροτήτων των προδιαγραφών για τις Περιοχές αυτές, καθώς και επειδή ανήκουν στο Παράρτημα Ι, οπότε τα application schemas έχουν λάβει έγκριση για την τελική μορφή τους, και έχει ξεκινήσει η εφαρμογή τους στην Ευρώπη.

6.1. Case Study I: Θεματική Περιοχή Υδρογραφίας

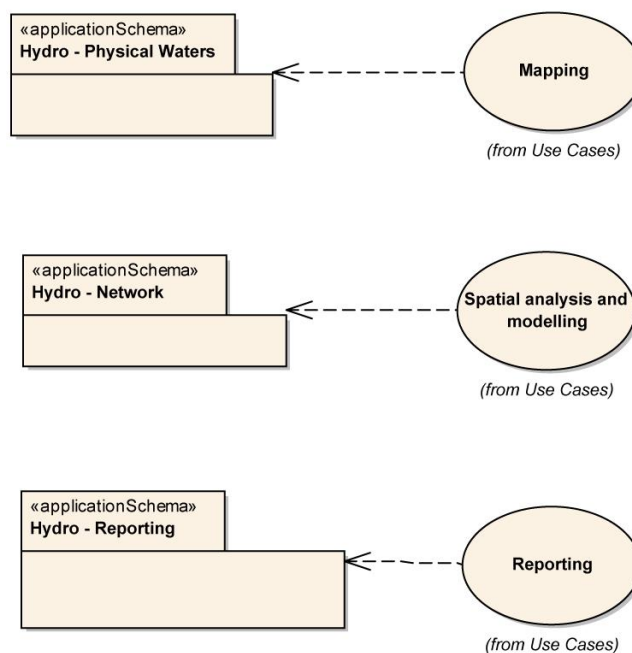
Ως πρώτο πεδίο Εφαρμογών επιλέχθηκε το Θεματικό Επίπεδο της «Υδρογραφίας», το οποίο περιλαμβάνεται στα βασικά Επίπεδα αναφοράς του Παραρτήματος I της Οδηγίας. Η Υδρογραφία είναι ένα σύνθετο και εκτενές Θεματικό Επίπεδο, που αποτέλεσε από την πρώτη στιγμή πρόκληση για την Ομάδα σύνταξης των Τεχνικών Προδιαγραφών, λόγω της πληθώρας των δεδομένων και ποικιλομορφίας των εφαρμογών στη συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή.

Σύμφωνα με τον επίσημο ορισμό του Θεματικού Επιπέδου στην Οδηγία INSIRE, περιλαμβάνει «Υδρογραφικές οντότητες, φυσικές και τεχνητές, περιλαμβανομένων ποταμών, λιμνών, παρακτίων υδάτων, καναλιών, αποθετήρια, δεξαμενές και φράγματα, σε δικτυακή μορφή όπου αυτό αρμόζει, και συνδεδεμένα με άλλα δίκτυα. Περιλαμβάνονται οι κοίτες ποταμών όπως ορίζονται στην Οδηγία 2000/60/EC» (European Parliament and European Council, 2007). Ο Ορισμός είναι ευρύτατος, και χρειάστηκε μια περίοδος μελέτης, μέχρι να καταγραφούν οι επιθυμητές Οντότητες. Εν τέλει, σύμφωνα με το Feature Catalogue (Illert, 2008a), στο Θεματικό Επίπεδο περιλαμβάνονται υδρογραφικά στοιχεία, όπου περιλαμβάνονται οι θαλάσσιες περιοχές και όλα τα άλλα υδατικά συστήματα και σχετιζόμενα στοιχεία, μεταξύ των οποίων και οι λεκάνες και υπολεκάνες απορροής ποταμών. Το Θεματικό Επίπεδο περιέχει και τα Υδρολογικά δεδομένα, που συμπεριλαμβάνουν επίγεια υδάτινα χαρακτηριστικά όπως: λίμνες, έλη, χείμαρροι, ποτάμια, ωκεανοί και ακτογραμμή. Καθένα από αυτά τα στοιχεία έχουν ως χαρακτηριστικό το όνομα και κωδικό και θα πρέπει να συνιστούν ένα ενοποιημένο υδατικό δίκτυο. Σημαντική ιδιαιτερότητα του Θεματικού Επιπέδου είναι πως συνδέεται, κατά περίπτωση, και με τα στοιχεία που καταγράφουν τα Κράτη-Μέλη σύμφωνα με τους ορισμούς της οδηγίας 2000/60/EK (WISE) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και υπό μορφή δικτύων (Πανόπουλος et al., 2008).

Ένα από τα πρώτα ζητήματα τα οποία προέκυψαν για το Θεματικό Επίπεδο της Υδρογραφίας είναι εάν περιλαμβάνεται σε αυτό η πληροφορία για Ωκεανούς και Θάλασσες. Η ανάλυση των πηγών κατέληξε πως το συγκεκριμένα *spatial data types* θα περιγράφονται καλύτερα στα λεπτομερέστερα Θεματικά Επίπεδα «Θαλάσσιες Περιοχές» και «Ωκεανογραφικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά», τα οποία εντάσσονται στο Παράρτημα III. Επιπλέον, δημιουργήθηκε αβεβαιότητα για το αν περιλαμβάνονται συγκεκριμένα χωρικά αντικείμενα στο Θεματικό Επίπεδο, όπως για παράδειγμα τα αντιπλημμυρικά έργα. Κατά την ανάλυση των βασικών απαιτήσεων στη συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή (Στάδιο 1^ο της διαδικασίας σύνταξης των Τεχνικών Προδιαγραφών) εντοπίστηκε άμεσα η ανάγκη για αυστηρή και εκτενή Ορολογία. Επίσης εντοπίστηκαν, ως ιδιαίτερος σημαντικά χαρακτηριστικά (*attributes*) των αντικειμένων, τα πεδία *USE* για την οντότητα *Watercourse*, και *SOURCE* για τις οντότητες *Lake, Pond*.

Ακολουθεί ανάλυση των *application schemas* για την Υδρογραφία, και μελέτη επέκτασης τους με τους τύπους αντικειμένων του προτεινόμενου μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων. Η επιλογή του Θεματικού Επιπέδου της Υδρογραφίας για τη δοκιμή αυτή οφείλεται στους εξής λόγους:

- Πρόκειται για ένα σύνθετο Θεματικό Επίπεδο, με μεγάλο εύρους πεδίο εφαρμογών.
- Οι απαιτήσεις στη συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή είναι τόσο ποικιλόμορφες, που το Θεματικό Επίπεδο έχει την ιδιομορφία να περιγράφεται από τρία (3) εξειδικευμένα *application schemas*, αναλόγως των απαιτήσεων χρήσης.

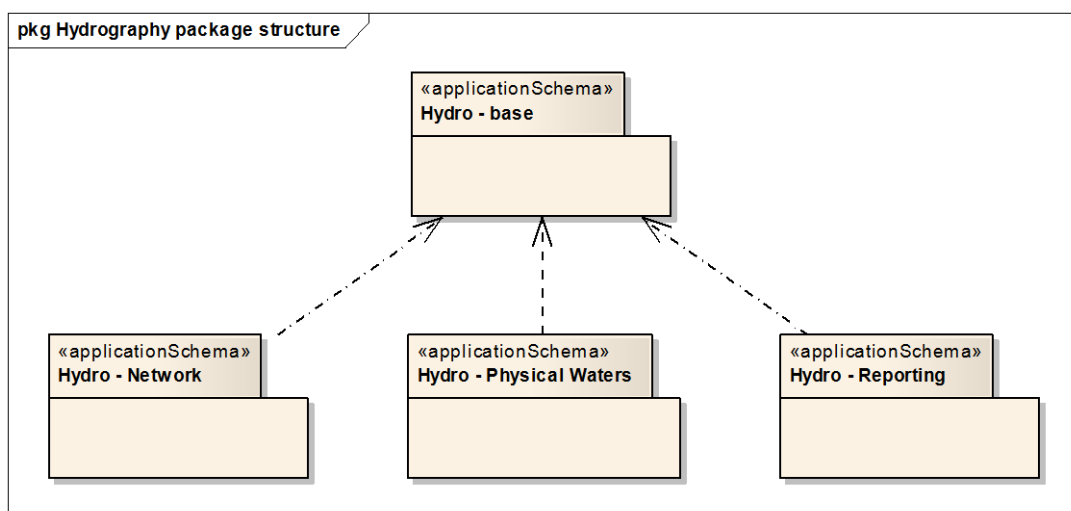


Σχήμα 6.2 Οι τρεις διαφορετικές απαιτήσεις χρήστη στην Υδρογραφία

- Στο Θεματικό Επίπεδο εντάσσεται μεγάλος αριθμός υδρολογικών δεδομένων, δομημένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ευρωπαϊκού Προγράμματος WISE, από όλα τα Κράτη-Μέλη.
- Αποτελεί ένα Θεματικό Επίπεδο «αναφοράς», καθώς τα αντικείμενα που προδιαγράφονται σε αυτό χρησιμοποιούνται σε πολλά άλλα Θεματικά Επίπεδα για τη χωρική αναφορά των δικών τους Αντικειμένων. Οπότε προδιαγράφονται πολλαπλά dependencies με Θεματικά Επίπεδα όπως Γεωλογία, Κάλυψη Γης, Ζώνες Φυσικών Κινδύνων, Θαλάσσιες Περιοχές κ.α.
- Ένα από τα τρία προτεινόμενα application schemas υιοθετεί σε μεγάλο βαθμό τα feature types ενός Βασικού Μοντέλου (Base Model) του ΓΕΜ, αυτό για τα Δίκτυα. Το μοντέλο των STUs λειτουργεί και αυτό ως Base Model, οπότε παρουσιάζει ενδιαφέρον ο συνδυασμός δύο βασικών μοντέλο στο ίδιο schema.

6.1.1. Επέκταση του Application Schema

Όπως ήδη αναφέρθηκε, κατά το 1^ο Στάδιο της διαδικασίας σύνταξης των τεχνικών προδιαγραφών διαπιστώθηκε από την ανάλυση των απαιτήσεων χρήσης ότι το Θεματικό Επίπεδο *Υδρογραφία* κάλυπτε μεγάλο εύρος αντικειμένων και αναγκών. Ως εκ τούτου, προκύπτει ότι το Θεματικό Επίπεδο δεν μπορεί να περιγραφεί σε ένα μεμονωμένο Application Schema. Από την ανάλυση των Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων, βέλτιστων πρακτικών σε Φορείς και των κειμένων αναφοράς διακρίνονται τρεις (3) βασικές απαιτήσεις χρήστη, οι οποίες περιγράφουν τα ενδιαφέροντα που εμπίπτουν εντός της *Υδρογραφίας* (Σχήμα 6.2). Η πρώτη και πλέον διαδεδομένη απαίτηση είναι η Απεικόνιση των υδρογραφικών/υδρολογικών δεδομένων σε ένα Χάρτη (Mapping). Ταυτόχρονα, διαπιστώνεται ανάγκη για τη διαχείριση και χωρική ανάλυση των χωρικών δεδομένων με σκοπό τη λήψη αποφάσεων (Spatial analysis and modelling). Τέλος, είναι σημαντική υποχρέωση όλων των Κρατών-Μελών στην Ε.Ε. η διάθεση των στοιχείων των Λεκανών Απορροής Ποταμών (ειδικά των διασυνοριακών) μέσω συνεχών αναφορών και Σχεδίων Διαχείρισης, στα



Σχήμα 6.3 Τα τρεις επιμέρους Application Schemas στην Υδρογραφία

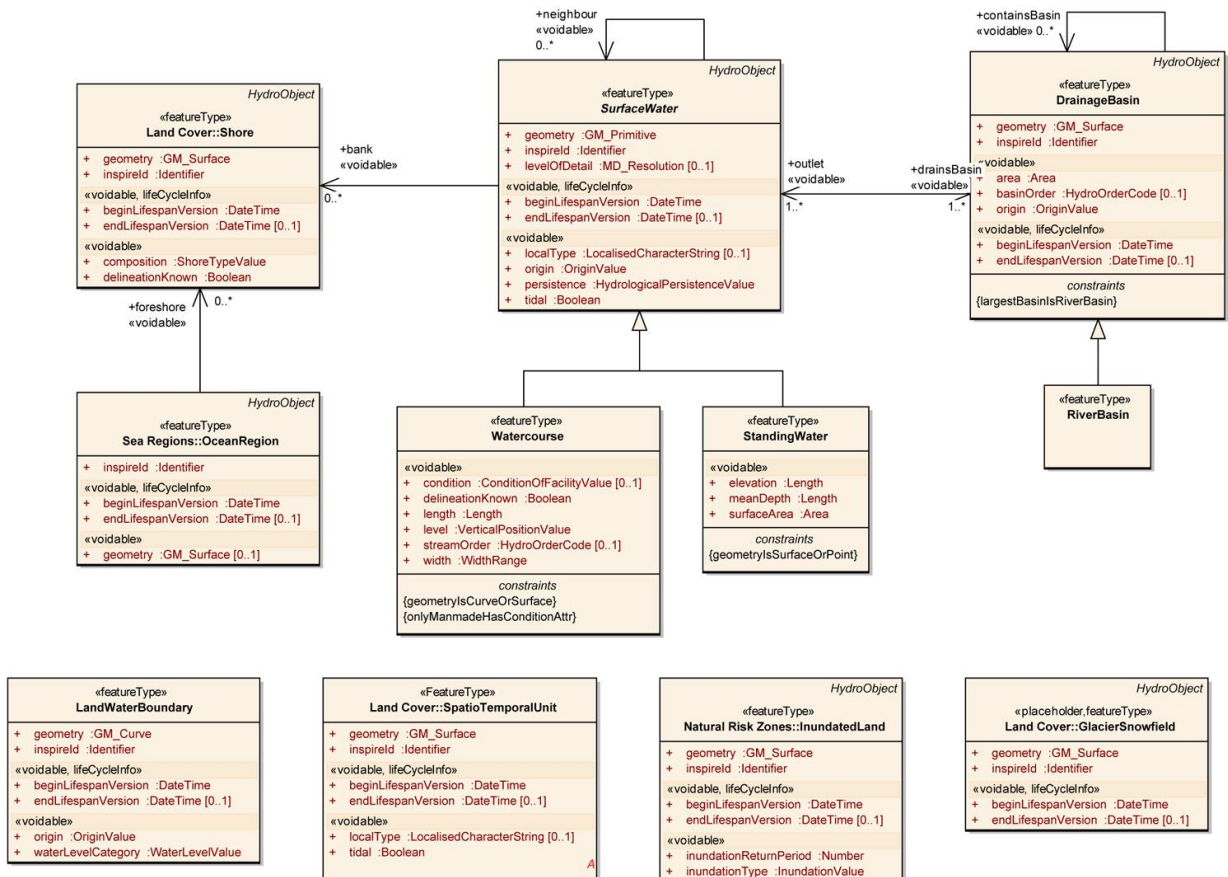
πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος WISE (Reporting). Οι τρεις αυτές διακριτές απαιτήσεις χρήστη ορίζονται με διαφορετικά application schemas η καθεμία.

Για την πληρότητα των Τεχνικών Προδιαγραφών, το Θεματικό Επίπεδο *Υδρογραφία* συνεχίζει να διαθέτει ένα βασικό application schema, με την ονομασία Hydro – Base, στο οποίο το κεντρικό χωρικό αντικείμενο ονομάζεται *HydroObject*. Αυτό το κεντρικό schema συνδυάζει και ενώνει τα Objects των επιμέρους πακέτων. Ανά απαίτηση χρήσης, οι Τεχνικές Προδιαγραφές καθορίζουν τρία επιμέρους Packages με Application Schemas (Σχήμα 6.3): Hydro - Physical Waters (που χρησιμοποιείται για χαρτογραφία), Hydro - Reporting (για σύνδεση με το UML μοντέλο του Wise), και Hydro - Network (που εφαρμόζει το Generic Network Model). Παρακάτω αναλύεται ο σχεδιασμός και οι οντότητες του καθενός εκ των τριών Πακέτων.

Απαιτήση Χρήσης 1: Απεικόνιση (Mapping)

Το επιμέρους αυτό Application Schema συντάχθηκε για να εξυπηρετήσει την απόδοση των υδρογραφικών και υδρολογικών στοιχείων ως χαρτογραφικό υπόβαθρο για προσδιορισμό θέσης. Επιπλέον, σκοπεύει στην απόδοση των χωρικών συσχετίσεων μεταξύ των αντικειμένων που απεικονίζονται. Πρόκειται για το πλέον ευρύ από τα 3 schemas, καθώς εμπεριέχει πλειάδα οντοτήτων προς απεικόνιση, για καλυφθούν όλες οι ανάγκες χαρτογραφικής απόδοσης που μπορεί να προκύψουν στο επιστημονικό αυτό πεδίο.

Στο Σχήμα 6.4α αναπαριστώνται γραφικά όλες οι οντότητες που περιέχονται στο Application Schema. Όπως φαίνεται, το μοντέλο περιέχει τις βασικές υδρογραφικές οντότητες, συμπεριλαμβάνοντας τόσο φυσικά, όσο και τεχνητά αντικείμενα. Ενδεικτικά αναφέρονται οντότητες όπως Watercourse, Wetland, Shore, StandingWater, Spring, Rapids, Basin, αλλά και τεχνητές όπως Dam και HydroPowerPlant. Στο UML διάγραμμα (Σχήμα 6.4β) απεικονίζονται τα αντικείμενα που προδιαγράφει το Application Schema. Κεντρικό αντικείμενο είναι το SurfaceWater, ενώ υπάρχουν πολλές διασυνδέσεις με άλλα Θεματικά Επίπεδα. Να σημειωθεί η συσχέτιση «bank» που καθορίζει την κοίτη ποταμού με την ακτή από το Θεματικό Επίπεδο Κάλυψη Γης. Για τα αντικείμενα συγκεντρώνεται απαραίτητως πληροφορία Ονομασίας και Θέσης. Αναμενόμενοι τελικοί χρήστες που θα εφαρμόσουν το Schema αυτό είναι το ευρύ κοινό και οι υδρογραφικοί/υδρολογικοί οργανισμοί.



Σχήμα 6.4 (α) Οι Οντότητες του Physical Waters στον Πραγματικό Κόσμο (β) Οι Οντότητες (μέρος) σε UML (Τόθ et al. 2012)

Απαίτηση Χρήσης 2: Αναφορές Πληροφορίας (Reporting)

Πρόκειται για ένα Application Schema Package το οποίο σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει την ανάκτηση και απόδοση πληροφοριών, απαιτούμενων υπό μορφή αναφορών (reports), από προγράμματα και νόμους Κρατικών και Ευρωπαϊκών Φορέων. Αν και φαινομενικά μοιάζει σαν ένα περιορισμένο και πολύ εξειδικευμένο πεδίο εφαρμογής (σε σχέση με τα 2 άλλα schemas), έχει μεγάλο βάθος και υψηλή σημασία, καθώς είναι ενεργά εδώ και χρόνια Ευρωπαϊκά Προγράμματα που απαιτούν μεγάλο όγκο αναφορών σχετικών με τα υδρογραφικά/υδρολογικά δεδομένα. Συγκεκριμένα, το application schema σχεδιάστηκε ώστε να συσχετιστεί το Θεματικό Επίπεδο με το ευρύτερο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα εν ισχύ που σχετίζεται με τα Ύδατα, το Water Framework Directive (WFD) της Οδηγίας 2000/60/EK. Στα πλαίσια του προγράμματος, κατατίθεται μεγάλος όγκος υδρολογικών δεδομένων για όλα τα Κράτη-Μέλη, που συγκεντρώνεται στο ενιαίο Ευρωπαϊκό Πληροφοριακό Σύστημα Υδάτων (Water Information System for Europe – WISE). Η χωρική πληροφορία συνοδεύεται με περιγραφική περιβαλλοντική πληροφορία, και πλέον, από εκτενή Σχέδια Διαχείρισης για το 2015.

Το Hydro – Reporting σχεδιάστηκε υιοθετώντας το σύνολο του UML Application Schema του WISE. Όπως φαίνεται εποπτικά στο Σχήμα 6.5α, οι Οντότητες του schema ουσιαστικά είναι οι οντότητες του WISE. Στο application schema περιλαμβάνονται τα εξής: Κοίτες ποταμών, Παραπόταμοι, Ποταμοί και Λίμνες ως Επιφανειακά Υδάτινα Σώματα (WFDRiver, WFDLake κ.ο.κ.), τα Παράκτια Υδάτινα Σώματα (WFDCoastalWater) και τα Μεταβατικά (WFDTransitionalWater). Ενδιαφέρουν χαρακτηριστικά όπως εάν κάποια υδάτινα σώματα είναι Τεχνητά ή Μετασχηματισμένα, καθώς και η Κατάσταση των Υδάτινων Σωμάτων (Οικολογική/Χημική, με τιμές: *καλή, μέτρια, χαμηλότερη της καλής, κακή, άγνωστη*). Στο UML διάγραμμα (Σχήμα 6.5β) απεικονίζονται τα αντικείμενα που προδιαγράφει το Application Schema. Ουσιαστικά εισάγονται τα WFD* Αντικείμενα του μοντέλου του WISE, και η πλέον γενικευμένη Οντότητα, το WFDWaterBody συνδέεται με συσχέτιση generalization με την κεντρική Οντότητα του Hydro – Base, το HydroObject.

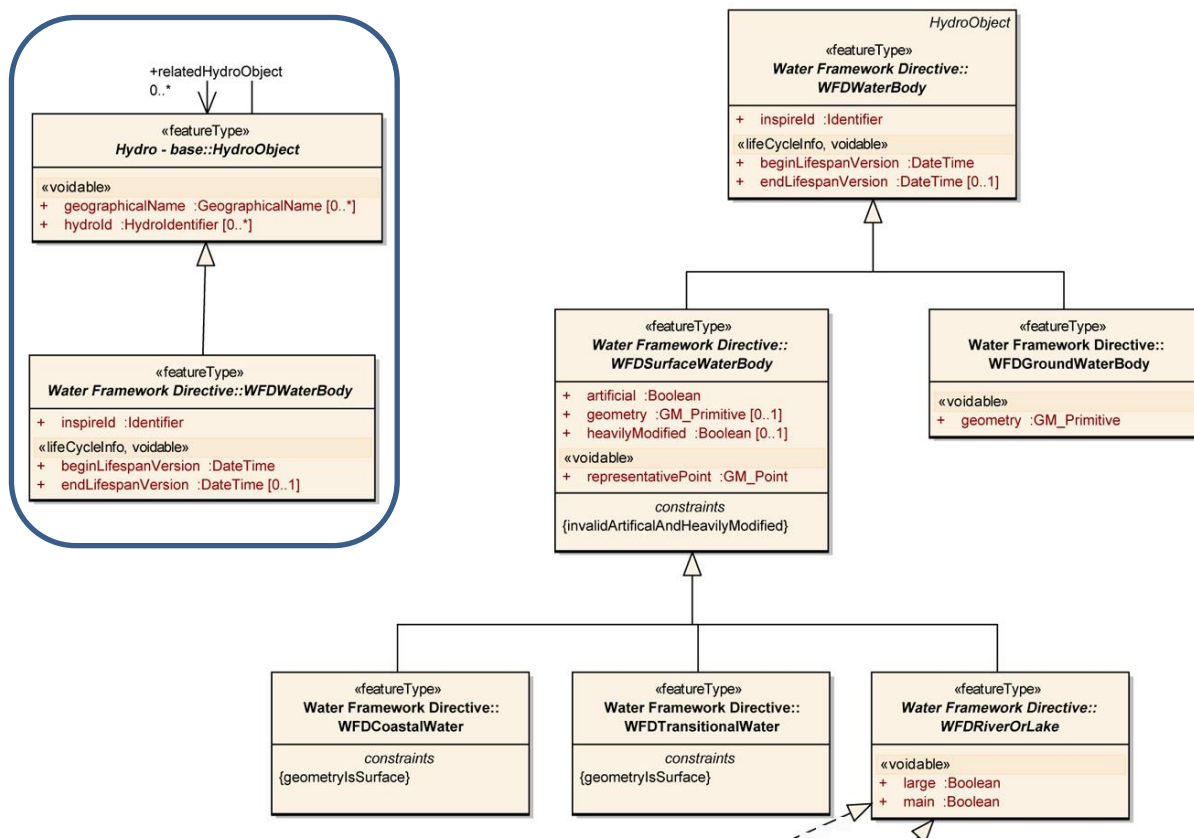
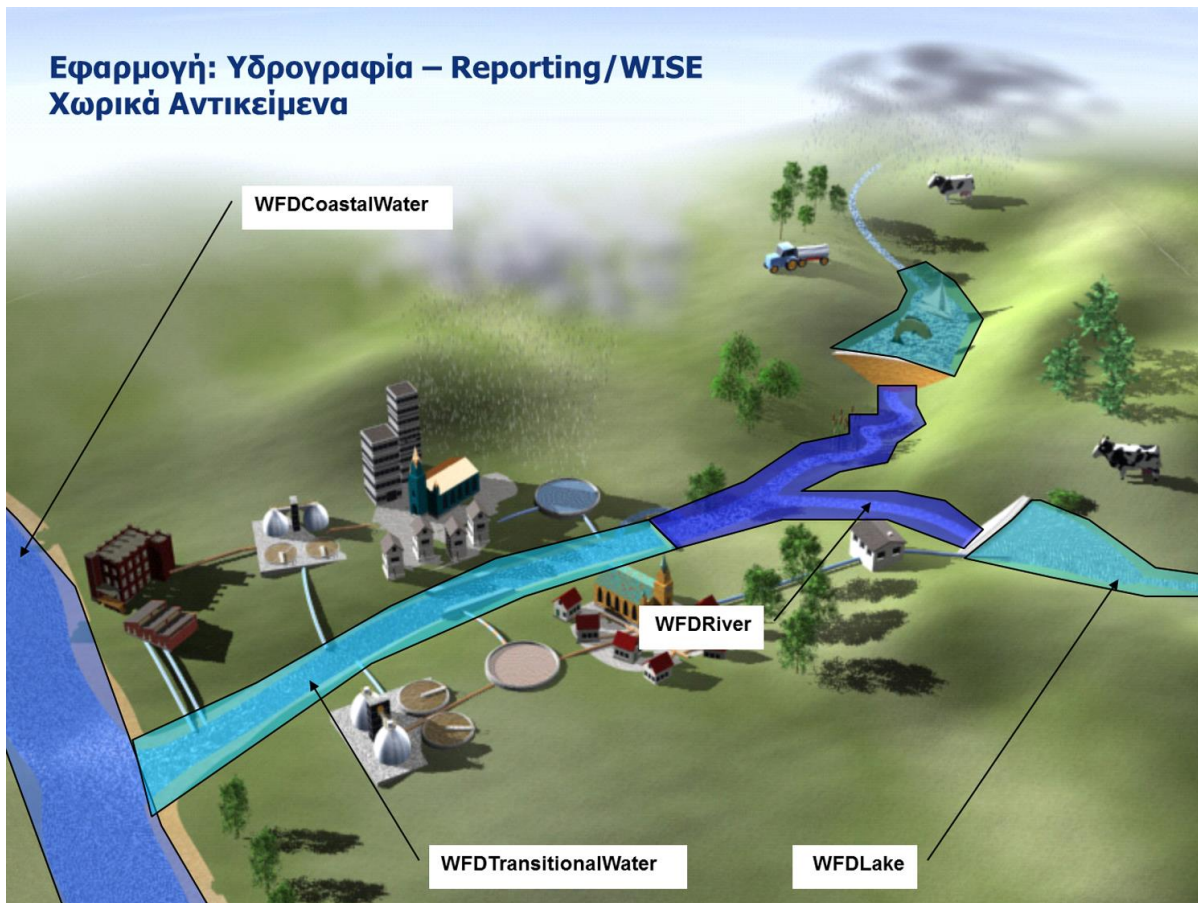
Αναμενόμενοι τελικοί χρήστες που θα εφαρμόσουν το Schema αυτό είναι οι ίδιοι που ήδη χρησιμοποιούν το μοντέλο του WISE, δηλαδή οι Φορείς και η Κεντρική Ευρωπαϊκή Διοίκηση για τα θέματα των Αναφορών και Σχεδίων Διαχείρισης, αλλά και το ευρύ κοινό, για αξιοποίηση των υδρολογικών δεδομένων σε περιβαλλοντικές μελέτες.

Απαίτηση Χρήσης 3: Χωρική Ανάλυση και Λήψη αποφάσεων

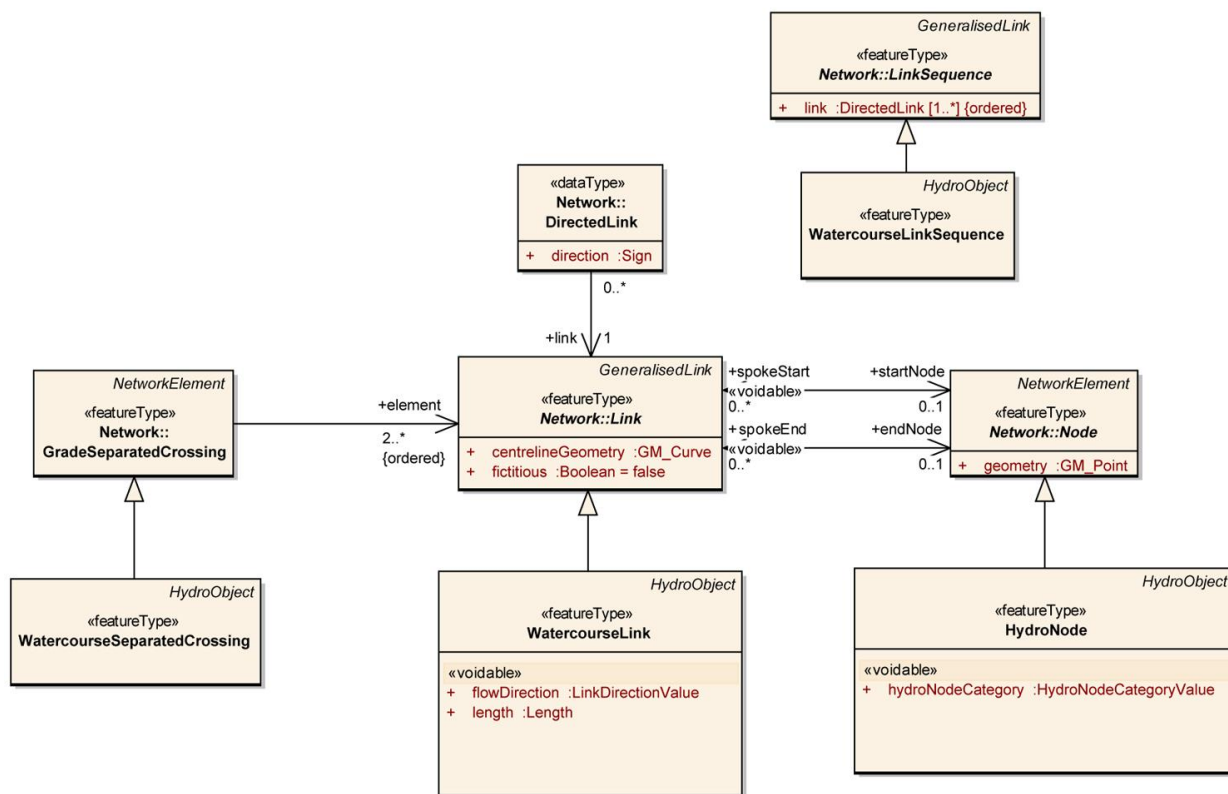
Σε αντίθεση με την απαίτηση 1, όπου ο στόχος είναι η απόδοση χωρικών και θεματικών στοιχείων χαρτογραφικά, αυτό το Application Schema Package στοχεύει στη μοντελοποίηση των υδρογραφικών δεδομένων με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξυπηρετηθούν διαδικασίες Ανάλυσης από κεντρικούς Φορείς. Το υδρογραφικό/υδρολογικό δίκτυο αποτελεί μια κρίσιμη και ασταθή περιβαλλοντική παράμετρο, οπότε το schema τυποποιεί τις Οντότητες έτσι ώστε να διατηρούν τοπολογικές συσχετίσεις και να διευκολύνουν ερωτήματα τύπου Network Analysis. Το μοντέλο είναι σχετικά απλό (χωρικά) και υιοθετεί τους προτεινόμενους τύπου αντικειμένων από το Βασικό Μοντέλο Δικτύου (Network Base Model) του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου του INSPIRE (Σχήμα 6.6α & β, μεθεπόμενη σελίδα).

Το Hydro – Network μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις εξής Εφαρμογές:

- Υδρολογία, θέματα επάρκειας νερού
- Μορφολογία λεκανών



Σχήμα 6.5 (α) Οι Οντότητες του Hydro - Reporting στον Πραγματικό Κόσμο (β) Οι Οντότητες imported από WISE σε UML



Σχήμα 6.6 (α) Οι Οντότητες του Hydro - Network στον Πραγματικό Κόσμο (β) Οι Οντότητες imported από Network Model

- Έλεγχος πλημμύρων – πρόληψη φυσικών κινδύνων
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Χωροταξία
- κ.α.

Το Hydro-Network σχεδιάστηκε για να περιέχει βασικές οντότητες δικτύου, ώστε να διατηρούνται οι τοπολογικές συσχετίσεις και να περιγράφεται η ροή των υδάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα των αντικειμένων που προδιαγράφονται είναι πως μπορούν να συνδέονται και με αντικείμενα από άλλα Θεματικά Επίπεδα (τα οποία θα αποτελούν κόμβους στο δίκτυο), οπότε η βάση θα μπορεί να απαντά σε ερωτήματα που συνδυάζουν παραπάνω του ενός επίπεδα πληροφορίας. Το application schema υιοθετεί δύο από τους τύπους αντικειμένων του μοντέλου Network, τα Link (για τα τόξα) και τα Node (για τους κόμβους). Με τους δύο αυτούς τύπους, ορίζει τα WatercourseLink και HydroNode αντιστοίχως, ώστε να περιγραφεί πλήρως το υδάτινο δίκτυο, από τις πηγές έως την εκβολή. Σημαντικό είναι το feature type DirectedLink, το οποίο αποδίδει τη Διεύθυνση ροής των υδάτων.

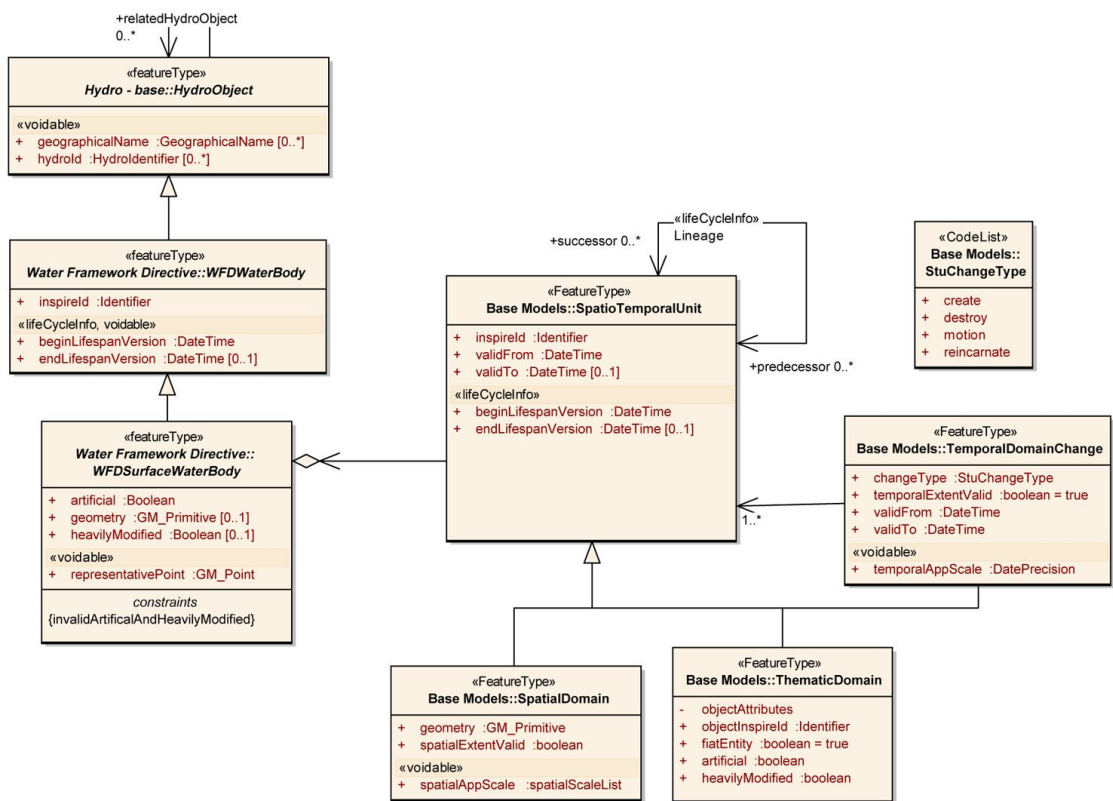
Το πλήρες δίκτυο μπορεί να αντεπεξέλθει σε τοπολογικά ερωτήματα Ανάλυσης Δικτύων, και οι αναμενόμενοι τελικοί χρήστες που θα εφαρμόσουν το Schema αυτό θα είναι όσοι χαράζουν στρατηγική, δηλαδή οι Φορείς, είτε στα Κράτη είτε στην Ε.Ε.

Επέκταση των Application Schema με Χώρο-Χρονικές Μονάδες

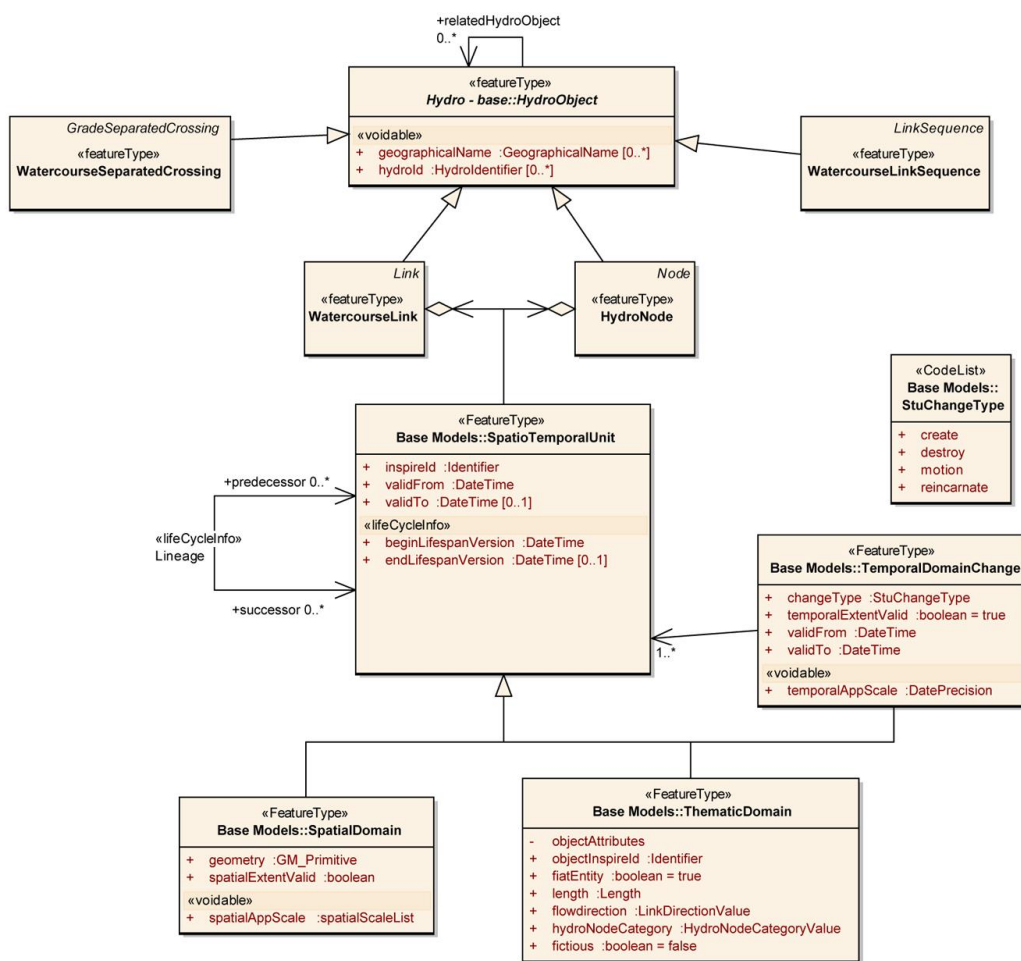
Τα τρία application schema packages συνδέονται σε ένα βασικό application schema, το Hydro – Base. Το Hydro – Base ουσιαστικά περιέχει ένα κεντρικό αντικείμενο, το «HydroObject», το οποίο χρησιμοποιείται για να συνδυάζει αντικείμενα (είτε μέσω του HydroID, είτε μέσω γενικευμένης συσχέτισης). Ωστόσο, το HydroObject δεν προσφέρεται να συνδεθεί απευθείας με το feature type των Χώρο-Χρονικών Μονάδων. Οπότε το προτεινόμενο base model πρέπει να συνδεθεί με τα αντικείμενα των επιμέρους packages. Η αφομοίωση του μοντέλου των STUs δοκιμάζεται σε δύο από τα application schemas: στο Hydro-Report, και στο Hydro-Network.

Στο Σχήμα 6.7α παρουσιάζεται η σύνδεση των STUs με τα αντικείμενα του Hydro – Report, τα οποία ουσιαστικά είναι τα αντικείμενα που προδιαγράφει το schema του WFD. Τα SpatioTemporalUnit δημιουργούν aggregate συσχετίσεις με τα αντικείμενα. Στο σχήμα απεικονίζεται η συσχέτιση μόνο με την οντότητα WFDSurfaceWaterBody, δηλαδή το generalization των Επιφανειακών Υδάτων. Τα θεματικά χαρακτηριστικά του WFDSurfaceWaterBody μεταφέρονται στο Θεματικό Τομέα των Χώρο-Χρονικών Μονάδων: *artificial*, *heavilyModified*. Το χωρικό χαρακτηριστικό *geometry* επιμερίζεται στο Χωρικό τομέα. Το WFDSurfaceWaterBody συνεχίζει να γενικεύεται στο WFDWaterBody (και αυτό με τη σειρά του στο HydroObject), αλλά με την παρεμβολή των STUs, τα WFDSurfaceWaterBody περιγράφονται από το νέο αντικείμενο. Με όμοιο τρόπο, τα STUs θα πρέπει να δημιουργήσουν aggregation και με τα WFDGroundWaterBody (δεν φαίνονται στο σχήμα). Ένα αρνητικό της εφαρμογής της μεθόδου είναι η πολυπλοκότητα που προστίθεται στο αρχικό application schema.

Στο Σχήμα 6.7β τα STUs υιοθετούνται στο Hydro-Network. Δημιουργούνται aggregates με τα δύο βασικά αντικείμενα, τα WatercourseLink (Τόξα) και τα HydroNode (Κόμβοι). Τα θεματικά χαρακτηριστικά μεταφέρονται στο Θεματικό Τομέα: *length*, *fictious*, *flowdirection* για τα τόξα, *hydroNodeCategory* για τους κόμβους. Στο χωρικό τομέα, η γεωμετρία θα είναι είτε *curve* είτε *node*. Τα WatercourseLink και HydroNode με τη σειρά τους γενικεύονται και εδώ στο HydroObject.



(a)



(b)

Σχήμα 6.7 (a) Δοκιμή εισαγωγής STUs στο Hydro-Report (β) Δοκιμή εισαγωγής STUs στο Hydro - Network

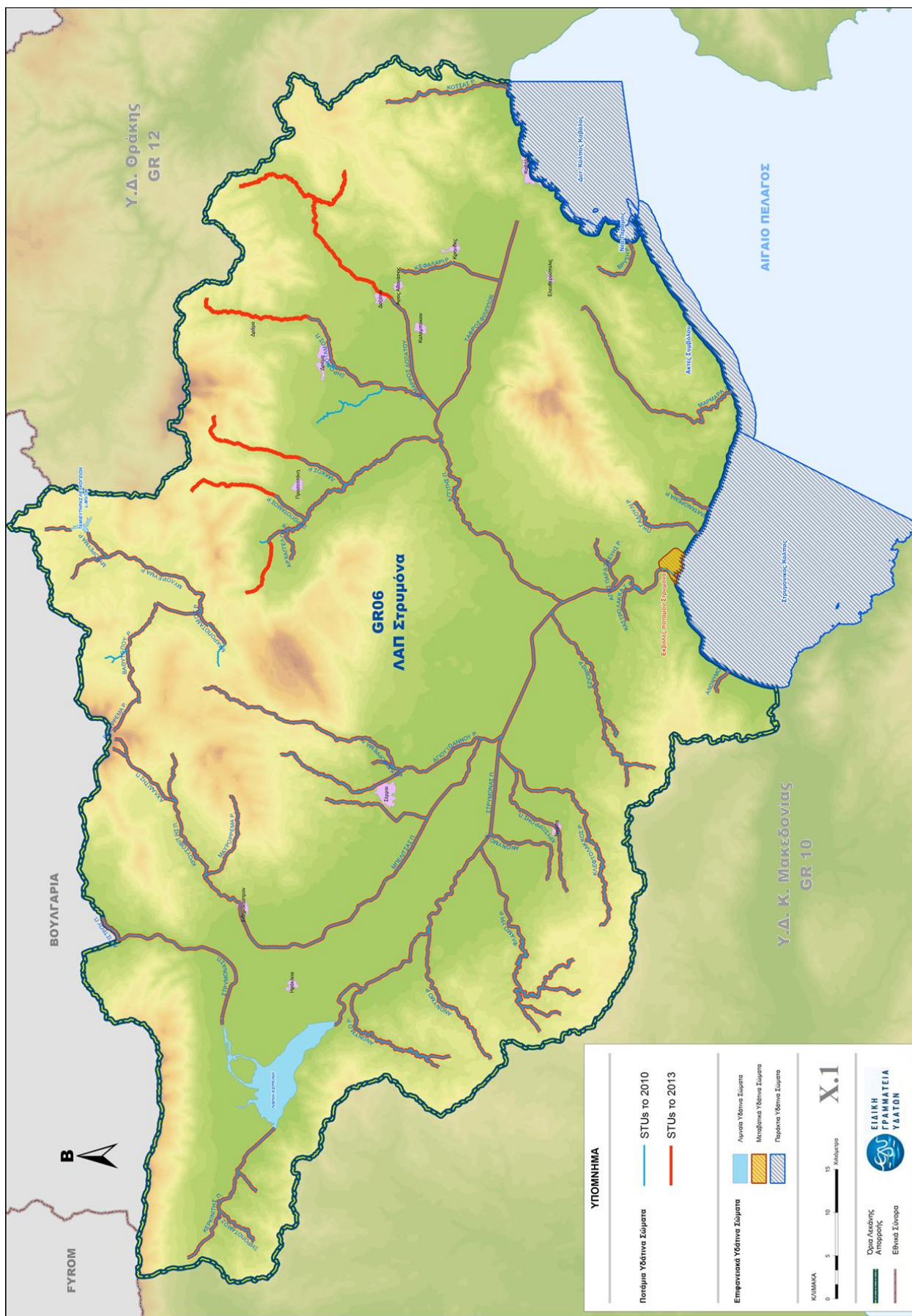
Στην περίπτωση του Hydro-Network application schema, η αφομοίωση των STUs είναι απλούστερη, αφού τα αντικείμενα χώρο-χρονικού ενδιαφέροντος είναι δύο. Ωστόσο, προκύπτει πως ο συνδυασμός με το Network Model δεν είναι πάντοτε εφικτός, καθώς με τη μετάβαση στο base model των Χώρο-Χρονικών Μονάδων, δεν δίνεται η κατάλληλη λύση στον περιορισμό εγκυρότητας για το network connectivity. Στην περίπτωση αυτή, τα STUs θα πρέπει να συνδυαστούν πρώτα με το Network Model σε επίπεδο ΓΕΜ, και έπειτα να εφαρμοστούν σε ένα application schema.

6.1.2. Διεργασίες Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης

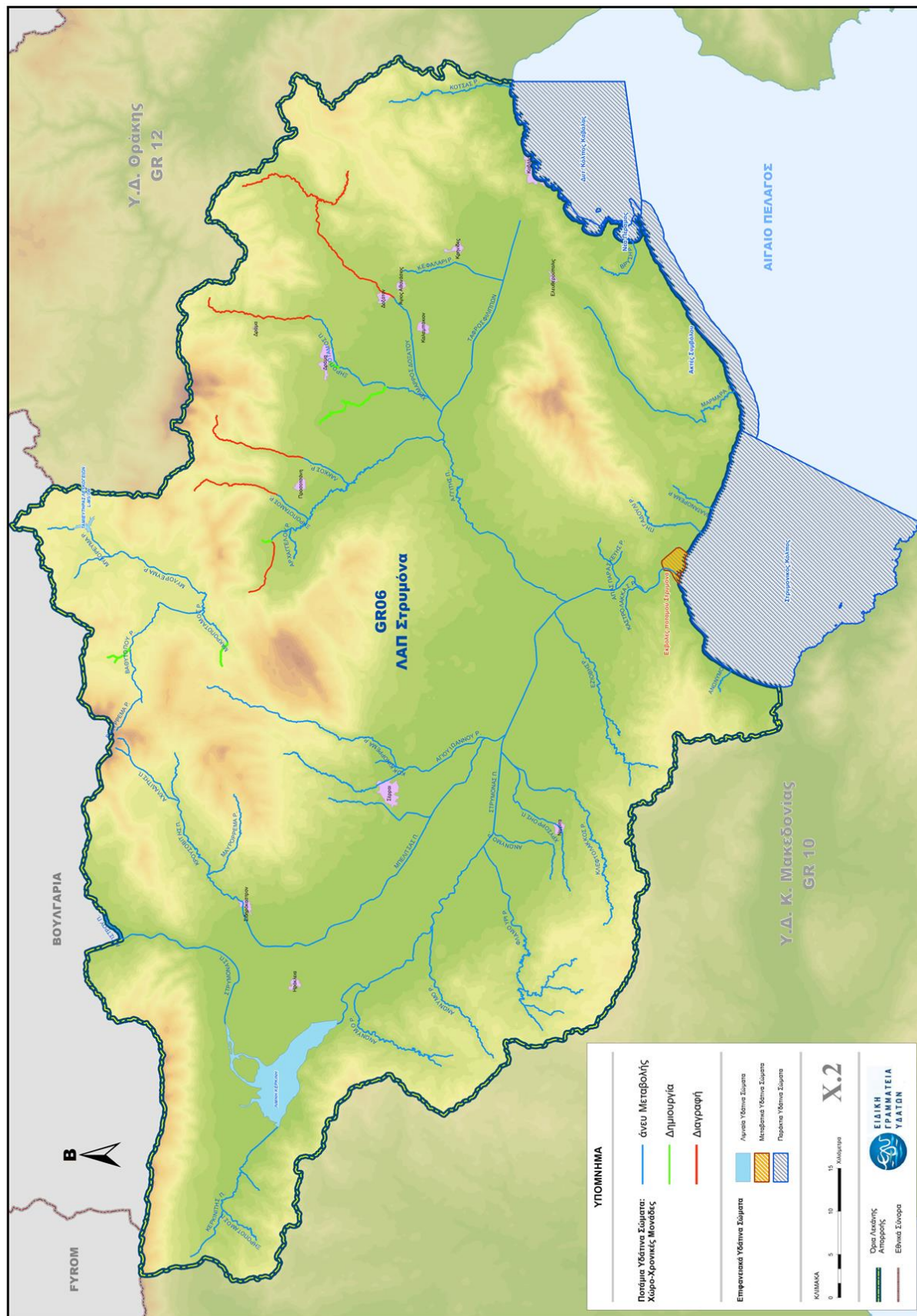
Από τα δύο application schemas της Υδρολογίας στα οποία δοκιμάστηκε η επέκταση με χρήση STUs, επιλέχθηκε για περαιτέρω μελέτη το application schema Hydro-Report, το μοντέλο δηλαδή που ενσωματώνει και τύπους αντικειμένων από το WISE. Η επιλογή βασίστηκε στο ότι, όπως αναφέρθηκε, υφίστανται ψηφιακά δεδομένα σε όλες τα κράτη-μέλη, εξαιτίας της υποχρέωσης υποβολών αναφορών στα πλαίσια του WFD. Ειδικά για την Ελλάδα, τα ποτάμια σώματα παρουσιάζουν και μεταβολές, καθώς το data set το οποίο υποβλήθηκε αρχικά το 2010, μεταβλήθηκε κατά τη νέα υποβολή εντός του 2013 –με την ευκαιρία σύνταξης των Προγραμμάτων Διαχείρισης ΛΑΠ- εξαιτίας νέων, λεπτομερέστερων μετρήσεων σε κοίτες ποταμών. Ως εκ τούτου, υπάρχουν δύο σετ δεδομένων για River Water Bodies (RWB), του 2010, και του 2013, επιτρέποντας να εφαρμόσουμε μεταβολές στα STUs. Τα σετ δεδομένων, αν και προς υποβολή για WISE, δεν τηρούνται στα αντίστοιχα αντικείμενα που προβλέπει το UML διάγραμμα. Οι αρμόδιες υπηρεσίες στα κράτη μέλη το υποβάλουν σε μορφή αρχείων.shp και .xml, και μετασχηματίζεται στην DG Environment. Τα δεδομένα στην Ελλάδα τα διαθέτει τη Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ).

Ως πρώτο βήμα, τα δεδομένα μετασχηματίστηκαν σε δομή ανάλογη με αυτή που υποδεικνύει το application-schema *Hydro-Report*. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε αυτοματοποιημένα, χρησιμοποιώντας το extension *Data Interoperability* για το ArcGIS 10.x, και το επιπλέον πρόσθετο *ArcGIS for Inspire*, το οποίο φροντίζει να εκτελέσει ελέγχους validation στο νέο σχήμα. Φυσικά, οι πίνακες των δεδομένων ακολουθούν την κανονική δομή του Hydro-Report, οπότε η επέκταση με τα STUs γίνεται απαραίτητως χειρονακτικά. Δημιουργήθηκε πίνακας των Χώρο-Χρονικών Μονάδων μόνο για τα ποτάμια σώματα, όπου υπάρχει θέμα Μεταβολών, με το όνομα *RWBSpatioTemporalUnit*. Καθώς η βάση που δημιουργήθηκε ακολουθεί τη δομή των Γεωβάσεων του ArcGIS, είναι σχεσιακή. Οπότε, αν και το schema είναι αντικειμενοστρεφές, οι πίνακες και τα features στο Arc διαφέρουν ελαφρά. Ο *RWBSpatioTemporalUnit* είναι χωρική οντότητα, γραμμικής γεωμετρίας, δηλαδή ο Χωρικός Τομέας είναι στον ίδιο πίνακα. Τα STUs δημιουργήθηκαν με διαδοχικές εργασίες χωρικής ανάλυσης (erase, overlay), ώστε να κατατηθούν τα αντικείμενα στις επιμέρους Μονάδες. Να σημειωθεί, πως αν και χρονοβόρο, προέκυψε ότι είναι απολύτως εφικτό να δημιουργηθεί βάση με STUs ακόμη και σε ένα σχεσιακό GIS, χωρίς επιπλέον επεκτάσεις.

Στα τελικά δεδομένα διατυπώνονται δύο χώρο-χρονικά Ερωτήματα, τα οποία αποδίδονται στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας (Λεκάνη GR06), καθώς υφίστανται πολλές χαρακτηριστικές μεταβολές στη λεκάνη γύρω από την πόλη της Δράμας. Ο πρώτος Χάρτης (Σχήμα 6.8) είναι στατικός χάρτης, ο οποίος απεικονίζει το φαινόμενο των ποτάμιων σωμάτων ταξινομημένο σε δύο χρονικές κλίμακες: το 2010 και το 2013. Ο δεύτερος Χάρτης (Σχήμα 6.9) είναι επίσης στατικός, και απεικονίζει τις Μεταβολές στις Χώρο-Χρονικές Μονάδες. Όπως έχει οριστεί, τα STUs μπορούν να υποβληθούν σε 4 μεταβολές. Στον X2 απεικονίζονται τα STUs που έχουν παραμείνει αμετάβλητα κατά τη «ζωή» του αντικειμένου τους, τα STUs που Διαγράφηκαν, και τα STUs που Δημιουργήθηκαν. Από το ερώτημα αυτό, μπορεί πλέον να προκύψει το είδος της Μεταβολής του συνολικού αντικειμένου του ποταμού, βάσει της τυποποίησης που μπορεί να προβλέψει το Application Schema.



Σχήμα 6.8 Χάρτης χρονική απεικόνιση ποτάμιων σωμάτων, το 2010 και το 2013



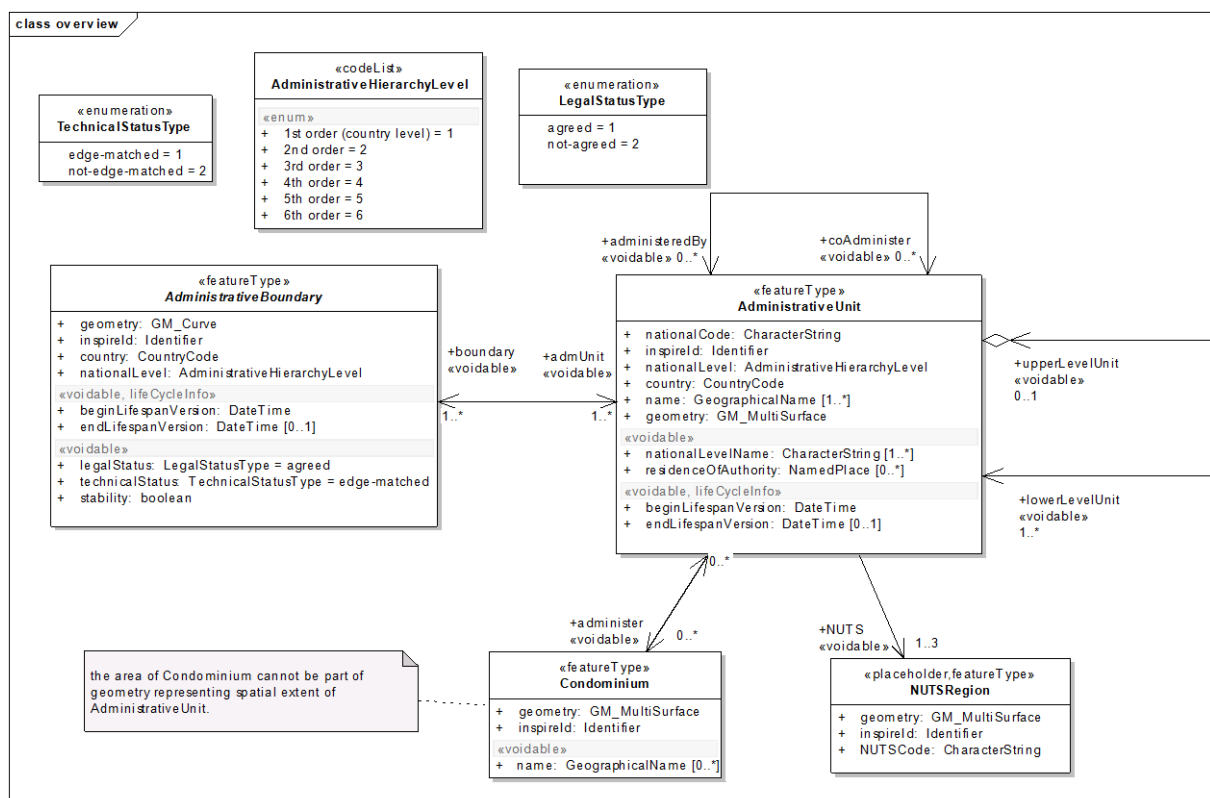
Σχήμα 6.9 Χάρτης χρονική απεικόνιση Ουσιωδών Μεταβολών STUs

6.2. Case Study II: Θεματική Περιοχή Διοικητικών Ενότητων

Ως δεύτερο πεδίο Εφαρμογών επιλέχθηκε το Θεματικό Επίπεδο των «Διοικητικών Ενότητων», το οποίο επίσης περιλαμβάνεται στα βασικά Επίπεδα αναφοράς του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας. Αν και πρόκειται για ένα Θεματικό Επίπεδο με λίγους τύπους δεδομένων, χαρακτηρίζεται από δύο σημαντικές ιδιαιτερότητες: α) οι Διοικητικές Ενότητες διακρίνονται σε πολλαπλά επίπεδα ιεραρχίας εντός ενός Κράτους, και β) πέρα από τον αρχικό ρόλο τους ως διοικητικά όρια, οι διοικητικές ενότητες λειτουργούν ως αντικείμενα αναφοράς για στατιστικά και δημογραφικά στοιχεία (Κοινωνικοοικονομικές Μονάδες, Δάρρα, 2009) – οπότε το συγκεκριμένο Θεματικό Επίπεδο συνδέεται άμεσα με τα Θεματικά Επίπεδα «Στατιστικές Μονάδες» και «Κατανομή Πληθυσμού-Δημογραφία» του Παραρτήματος ΙΙΙ του INSPIRE.

Στο Θεματικό Επίπεδο ανήκουν «Διοικητικές ενότητες που χωρίζουν περιοχές επί των οποίων κράτη μέλη έχουν ή/και ασκούν δικαιοδοτικά δικαιώματα σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, και χωρίζονται από διοικητικά όρια» (European Parliament and European Council, 2007). Οι επίσημες διοικητικές ενότητες ορίζονται σύμφωνα με τα εσωτερικά διοικητικά επίπεδα του κάθε Κράτους Μέλους, και αναλόγως διαμοιράζεται η περιοχή της κάθε χώρας σε ενότητες. Η ενότητες διαχωρίζονται μεταξύ τους από διοικητικά όρια (Πανόπουλος et al., 2008).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στο Application Schema των Διοικητικών Ενότητων καθορίζονται δύο κεντρικές Οντότητες, όπως φαίνεται και στο UML μοντέλο (Σχήμα 6.10): η *AdministrativeUnit*, η οποία περιγράφει επιφανειακά (multi-region) τις ενότητες, και το *AdministrativeBoundary*, που απεικονίζει γραμμικά τα όρια μεταξύ των *AdministrativeUnit* (συσχέτιση *m* προς *n*). Στις *AdministrativeUnit* προβλέπονται δύο συσχετίσεις μεταξύ των αντικειμένων της. Η πρώτη συσχέτιση είναι aggregation και



Σχήμα 6.10 Application Schema για τις Διοικητικές Ενότητες

περιγράφει τη μεταξύ τους ιεράρχηση, όπου η μία *AdministrativeUnit* έχει ρόλο *upperLevelUnit* και η άλλη ρόλο *lowerLevelUnit* (1 προς *n*). Η δεύτερη διαφέρει ελαφρά, και αποδίδει τις περιπτώσεις συνδιοίκησης μεταξύ δύο *AdministrativeUnit*, με ρόλους *administeredBy* και *coAdminister*. Επιπλέον, έχει προβλεφθεί η Οντότητα *Condominium* για περιοχές –όχι διοικητικές ενότητες– που συνδιοικούνται.

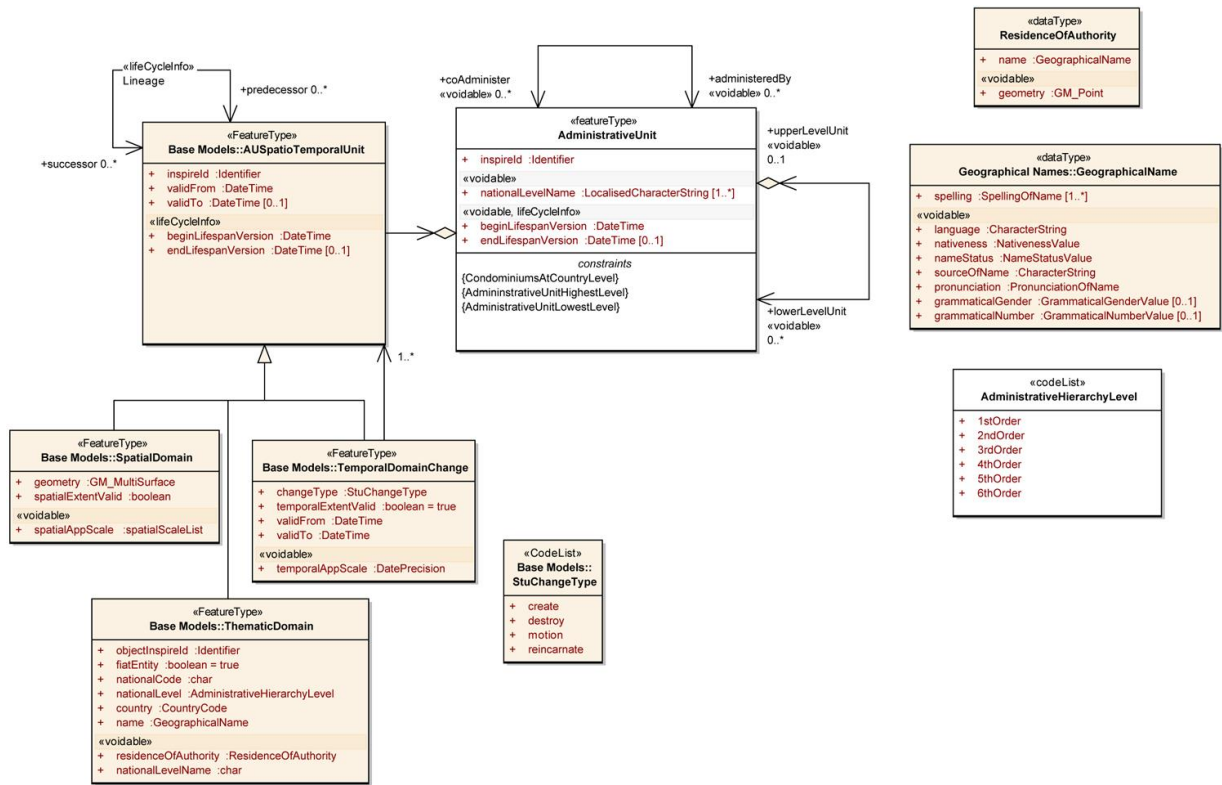
Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των Διοικητικών Ενοτήτων, το οποίο έπαιξε καθοριστικό ρόλο κατά το στάδιο ανάλυσης απαιτήσεων χρήσης, είναι πως χρησιμοποιούνται για χρόνια σε Ευρωπαϊκά Προγράμματα, λειτουργώντας ως μονάδες αναφοράς για την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat). Αποτέλεσμα είναι να υπάρχει ήδη σε ψηφιακά αρχεία με πληθώρα περιγραφικών χαρακτηριστικών. Η Eurostat διαχωρίζει τρία (3) βασικά ιεραρχικά επίπεδα μεταξύ των Διοικητικών Ενοτήτων, με την επωνυμία NUTS: Nomenclature of territorial units for statistics. Το NUTS-1 αφορά σε πολύ μεγάλης έκτασης κοινωνικοοικονομικές μονάδες (για παράδειγμα, στην Ελλάδα που χωρίζεται σε 4 τμήματα, δεν υπάρχει αντίστοιχο διοικητικό επίπεδο), το NUTS-2 αντιστοιχεί σε περιφερειακό επίπεδο, και το NUTS-3 αντιστοιχεί σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας (νομού). Η Eurostat αναγνωρίζει δύο επιπλέον επίπεδα, μεγαλύτερης λεπτομέρειας, που ονομάζονται Local Administrative Units (LAUs), επίπεδο 1 και 2 (Δήμος και Τοπικό διαμέρισμα αντιστοίχως). Στο application schema του Θεματικού Επιπέδου η απαίτηση για τα NUTS & LAU καλύπτεται με το χωρικό αντικείμενο *NUTSRegion*, αλλά και τη λίστα τιμών για την τάξη ιεράρχησης των διοικητικών ενοτήτων *AdministrativeHierarchyLevel*.

Ακολουθεί μελέτη επέκταση τους των application schema με τους τύπους αντικειμένων του προτεινόμενου μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων. Η επιλογή του Θεματικού Επιπέδου των Διοικητικών Ενοτήτων για τη δοκιμή αυτή οφείλεται στους εξής λόγους:

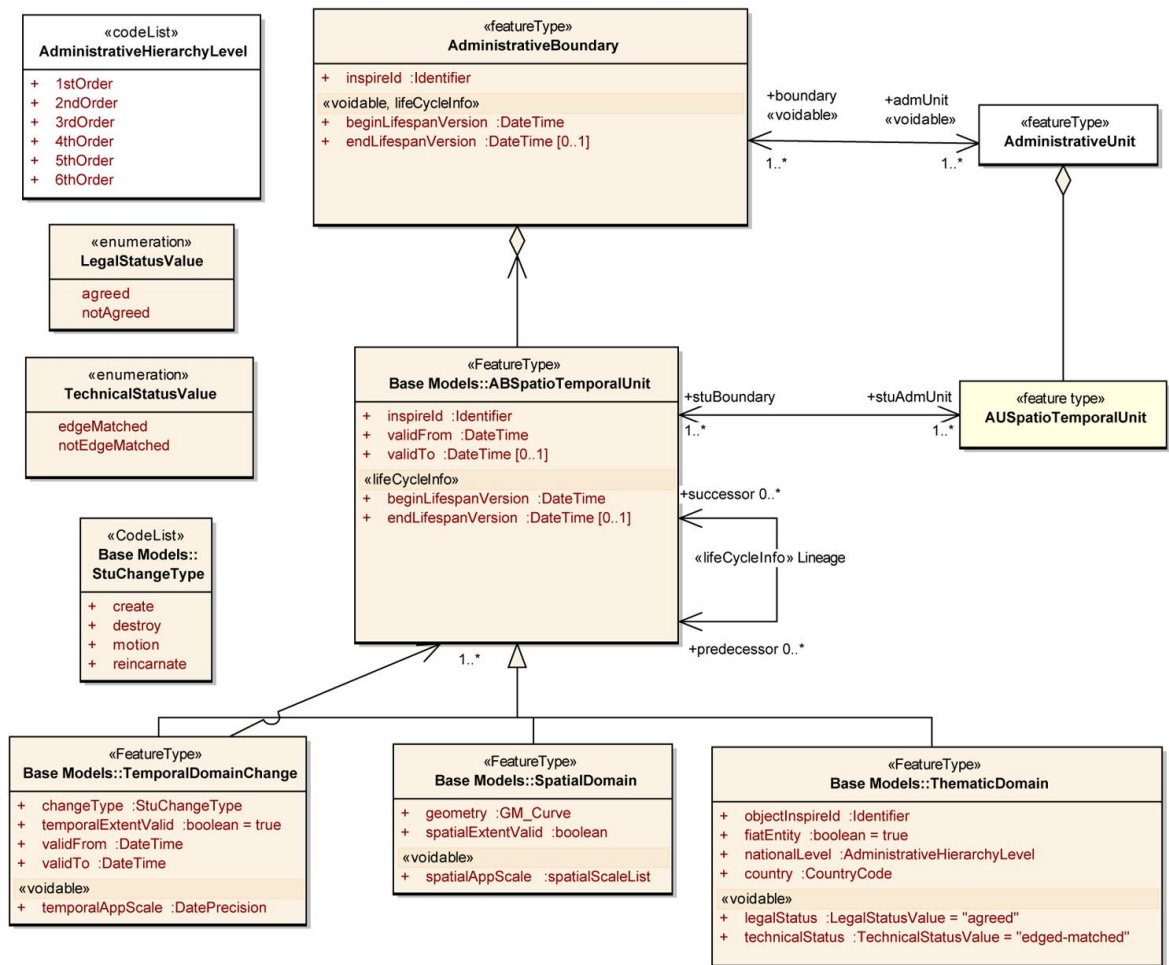
- Πρόκειται για χωρικές οντότητες οι οποίες μεταβάλλονται συχνά χρονικά: είτε λόγω μεταβολών των μεταξύ τους ορίων, είτε με την αλλαγή ονομασιών και κωδικών, είτε με «μαζικές» ανακατατάξεις και επαναπροσδιορισμό ορίων – για παράδειγμα, προγράμματα «Καποδίστριας» και «Καλλικράτης» στην Ελλάδα.
- Πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένοι περιορισμοί τοπολογίας, οι οποίοι πρέπει να μεταφερθούν και στα STUs.
- Διατίθενται πολλαπλά data sets, δομημένα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Eurostat για την ταξινόμηση NUTS.
- Οι Οντότητες αποτελούν σημαντικά αντικείμενα αναφορά για άλλα Θεματικά Επίπεδα. Οπότε προδιαγράφονται πολλαπλά dependencies με Θεματικά Επίπεδα όπως *Στατιστικές Μονάδες* και *«Κατανομή Πληθυσμού-Δημογραφία»*.

6.2.1. Επέκταση του Application Schema

Όπως αναφέρθηκε, το application schema των Διοικητικών Ενοτήτων στηρίζεται σε δύο βασικές Οντότητες. Η σημαντικότερη είναι η *AdministrativeUnit*, και συνδέεται με την οντότητα για τις γραμμές των ορίων, την *AdministrativeBoundary*. Οπότε το προτεινόμενο base model των Χώρο-Χρονικών Μονάδων θα πρέπει να συνδεθεί με τα δύο αντικείμενα αυτά. Δημιουργούνται δύο νέα αντικείμενα βάσει του τύπου των STUs, το *AUSpatioTemporalUnit*, το οποίο αντιστοιχεί στις επιφάνειες των διοικητικών ενοτήτων, και το *ABSpatioTemporalUnit*, το οποίο αντιστοιχεί στα STUs των μεταξύ τους ορίων. Τα δύο αντικείμενα συνδέονται και μεταξύ τους με τοπολογική συσχέτιση.



(a)



(b)

Σχήμα 6.11 (a) Δοκμή εισαγωγής STUs στο AdministrativeUnit (b) Δοκμή εισαγωγής STUs στο AdministrativeBoundary

Στο Σχήμα 6.11α παρουσιάζεται η σύνδεση των STUs με το αντικείμενο *AdministrativeUnit*. Τα *AUSpatioTemporalUnit* σχηματίζει aggregate συσχέτιση με τα *AdministrativeUnit*. Τα θεματικά χαρακτηριστικά του *AdministrativeUnit* μεταφέρονται στο Θεματικό Τομέα των Χώρο-Χρονικών Μονάδων: `nationalCode`, `nationalLevel`, `country`, `name`, `residenceOfAuthority`, `nationalLevelName`. Το χωρικό χαρακτηριστικό `geometry: GM_MultiSurface` επιμερίζεται στο Χωρικό τομέα.

Ομοίως, στο Σχήμα 6.11β απεικονίζεται η αντίστοιχη aggregate συσχέτιση των *ABSpatioTemporalUnit* με τα *AdministrativeBoundary*. Τα θεματικά χαρακτηριστικά του *AdministrativeBoundary* μεταφέρονται στο Θεματικό Τομέα των Χώρο-Χρονικών Μονάδων: `nationalLevel`, `country`, `legalStatus`, `technicalStatus`. Στον Χωρικό Τομέα η γεωμετρία για τα όρια είναι `geometry: GM_Curve`. Να σημειωθεί ότι δημιουργείται και συσχέτιση m προς n μεταξύ του *AUSpatioTemporalUnit* και του *ABSpatioTemporalUnit*, ώστε να διατηρηθούν οι συσχετίσεις επιφανειών και ορίων.

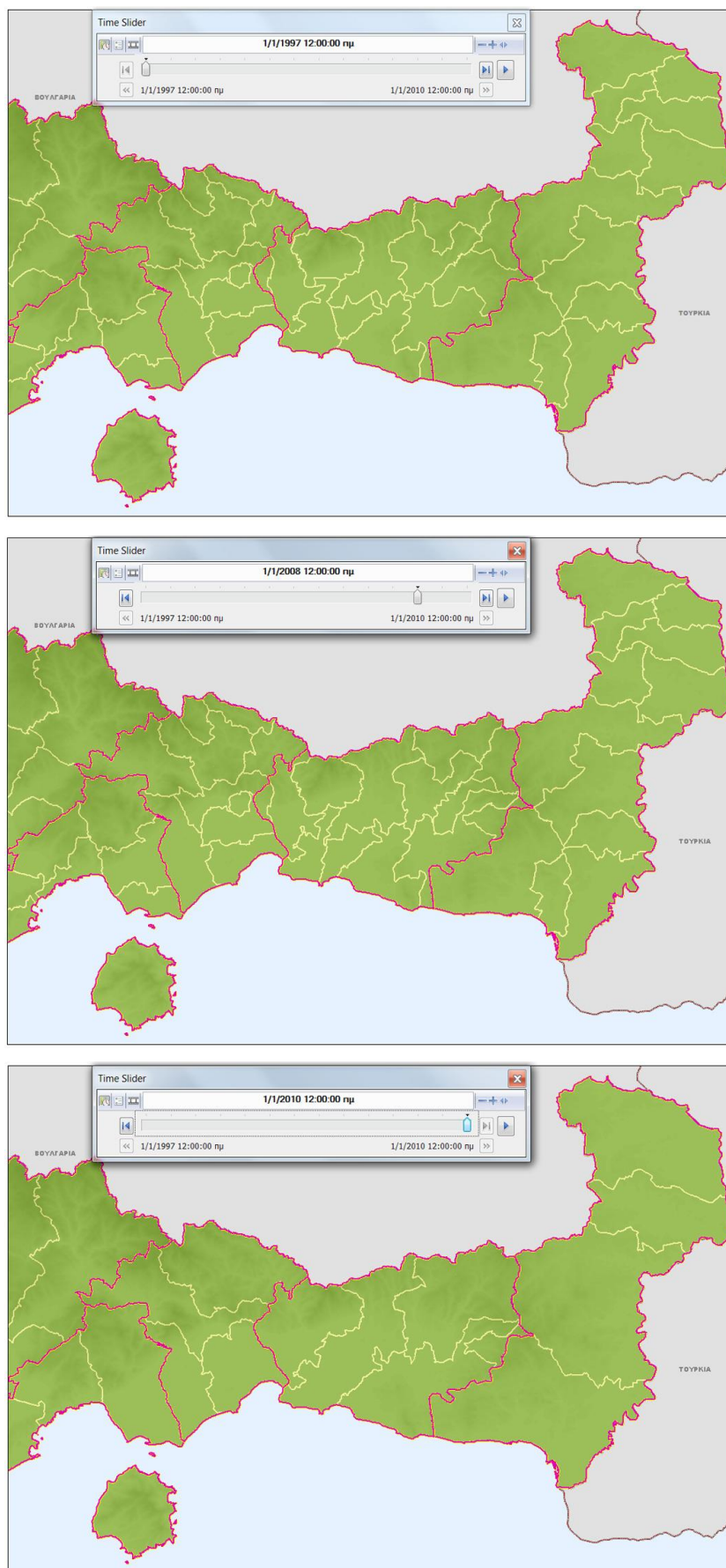
Από αυτή τη δοκιμαστική υιοθέτηση του μοντέλου των Χώρο-Χρονικών Μονάδων προκύπτει πως είναι βατή η διαδικασία εφαρμογής του Base Model στο application schema των Διοικητικών Ενοτήτων. Εξυπηρετεί η απλή φύση του μοντέλου, το οποίο επικεντρώνεται σε 2 αντικείμενα, τα οποία εύκολα επεκτείνονται με αντίστοιχα STUs.

6.2.2. Διεργασίες Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης

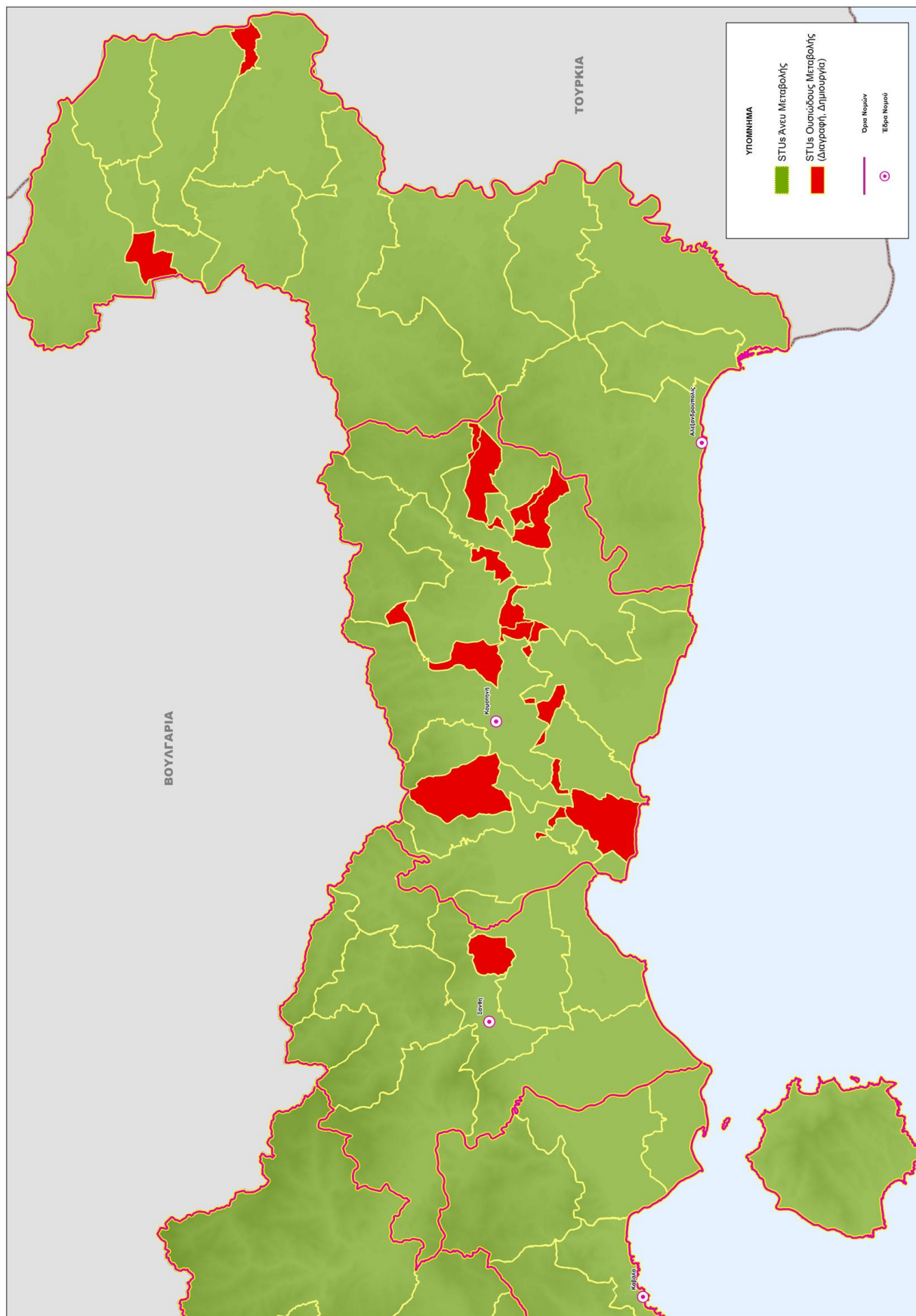
Η επέκταση του application schema των Διοικητικών Ενοτήτων συνεχίστηκε και σε πρακτικό επίπεδο, υλοποιώντας μια δοκιμαστική Βάση σε περιβάλλον ArcGIS. Όπως αναφέρθηκε, οι Διοικητικές Ενοότητες είναι ένα Theme στο οποίο τα κράτη-μέλη διαθέτουν δεδομένα, καθώς τις χρησιμοποιούν ως μονάδες αναφοράς για περαιτέρω στατιστική ανάλυση, είτε σε Εθνικό, είτε σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Στην Ελλάδα, αν και υπεύθυνος φορέας για τον ορισμό τους είναι το Υπουργείο Εσωτερικών, τα διοικητικά όρια τηρούνται σε ψηφιακή μορφή παραδοσιακά από ΕΛΣΤΑΤ (πρώην ΕΣΥΕ), για λόγους στατιστικής επεξεργασίας των δημογραφικών στοιχείων. Οι Διοικητικές Ενοότητες έχουν μεταβληθεί αρκετές φορές τα τελευταία χρόνια, είτε λόγω μαζική ανακατάταξης μέσω των προγραμμάτων «Καποδίστριας» και «Καλλικράτης», είτε λόγω ενημερώσεων και διορθώσεων από την ΕΛΣΤΑΤ.

Σε ψηφιακή μορφή, μπορούν να εντοπιστούν τρία σετ δεδομένων για την Ελλάδα, τα οποία παρουσιάζουν μεταξύ τους Μεταβολές στις Διοικητικές Ενοότητες. Το πρώτο σετ αφορά τις Ενοότητες – επίπεδο Δήμων & κοινοτήτων (LAU-1), όπως καθορίστηκαν από το Πρόγραμμα «Καποδίστριας» το 1997. Το δεύτερο σετ αφορά στους ίδιους Δήμους και Κοινότητες, αλλά με αρκετές διορθώσεις. Οι διορθώσεις αυτές διεξήχθησαν μαζικά από την τέως ΕΣΥΕ το 2008, και αφορούσαν αλλαγές λόγω σφαλμάτων, επαναχάραξης λόγω καλύτερης ερμηνείας γεωγραφικών στοιχείων, και αλλαγές μεταξύ ΟΤΑ λόγω νέων Διαταγμάτων. Το τρίτο σετ αφορά και αυτό Δήμους, αλλά όπως ορίστηκαν το 2010 από το Πρόγραμμα Καλλικράτης για την Τοπική Αυτοδιοίκηση, όπου σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν συνενώσεις των προηγούμενων Δήμων. Πηγή του τελευταίου data set είναι ο ΟΚΧΕ. Τα διαθέσιμα αρχεία δεν είναι δομημένα υπό κάποιο πρότυπο, αλλά τηρούνται σε δομή .shp, εσωτερικών προδιαγραφών ΕΛΣΤΑΤ και ΟΚΧΕ.

Ως πρώτο βήμα, τα δεδομένα μετασχηματίστηκαν σε δομή ανάλογη με αυτή που υποδεικνύει το application schema Administrative Units. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε αυτοματοποιημένα, χρησιμοποιώντας το extension *Data Interoperability* για το ArcGIS 10.x, και το επιπλέον πρόσθετο *ArcGIS for Inspire*, το οποίο φροντίζει να εκτελέσει ελέγχους validation στο νέο σχήμα.



Σχήμα 6.12 Χάρτης τύπου *animated display*, όπου αποδίδονται οι Οντότητες το 1997, 2008 και 2010



Σχήμα 6.13 Χάρτης χρονική απεικόνισης Ουσιωδών Μεταβολών STUs

Φυσικά, οι πίνακες των δεδομένων ακολουθούν την κανονική δομή του *AdministrativeUnit*, οπότε η επέκταση με τα STUs γίνεται απαραίτητως χειρονακτικά. Δημιουργήθηκε πίνακας των Χώρο-Χρονικών Μονάδων μόνο για τις Διοικητικές Ενότητες (και όχι τα όριά τους), με το όνομα *AUSpatioTemporalUnit*. Καθώς η Βάση είναι σε μορφή Geodatabase του ArcGIS, είναι σχεσιακή, εφαρμόζοντας σε πίνακες το αντικειμενοστρεφές μοντέλο του schema. Ο πίνακας *AUSpatioTemporalUnit* περιέχει και τα χωρικά χαρακτηριστικά, γεωμετρίας multi-region, δηλαδή περιλαμβάνει τον Χωρικό Τομέα. Τα STUs δημιουργήθηκαν με διαδοχικές εργασίες χωρικής ανάλυσης (union), ώστε να κατατμηθούν τα αντικείμενα στις επιμέρους Μονάδες. Να σημειωθεί, πως αν και χρονοβόρο, προέκυψε ότι είναι απολύτως εφικτό να δημιουργηθεί βάση με STUs ακόμη και σε ένα σχεσιακό GIS, χωρίς επιπλέον επεκτάσεις.

Στη δοκιμή αυτή ενεργοποιείται η αναγνώριση των χρονικών ιδιοτήτων από το ArcGIS, δηλώνοντας τα χαρακτηριστικά `validFrom` και `validTo` ως timestamps. Το πρώτο χώρο-χρονικό Ερώτημα το οποίο διατυπώνεται είναι να αποδοθούν οι διαδοχικές καταστάσεις των Αντικειμένων. Αντί για χάρτης, παράγεται ένα *animated display* (Σχήμα 6.12), όπου το σύστημα δίνει τη δυνατότητα να εναλλάσσονται διαδοχικά στιγμιότυπα, με βήμα το 1 έτος. Το *time slider* έχει την επιλογή εξαγωγής και σε βίντεο, μορφής *.avi*.

Ο δεύτερος Χάρτης (Σχήμα 6.13) είναι στατικός, και απεικονίζει τις Μεταβολές στις Χώρο-Χρονικές Μονάδες μεταξύ των σε του 1997 και του 2008. Όπως έχει οριστεί, τα STUs μπορούν να υποβληθούν σε 4 μεταβολές. Στον χάρτη απεικονίζονται τα STUs που έχουν παραμείνει αμετάβλητα κατά τη «ζωή» του αντικειμένου τους, τα STUs που Διαγράφηκαν, και στη θέση τους Δημιουργήθηκαν νέα. Από το ερώτημα αυτό, μπορεί πλέον να προκύψει το είδος της Μεταβολής του συνολικού αντικειμένου, βάσει της τυποποίησης που μπορεί να προβλεφθεί στο Application Schema.

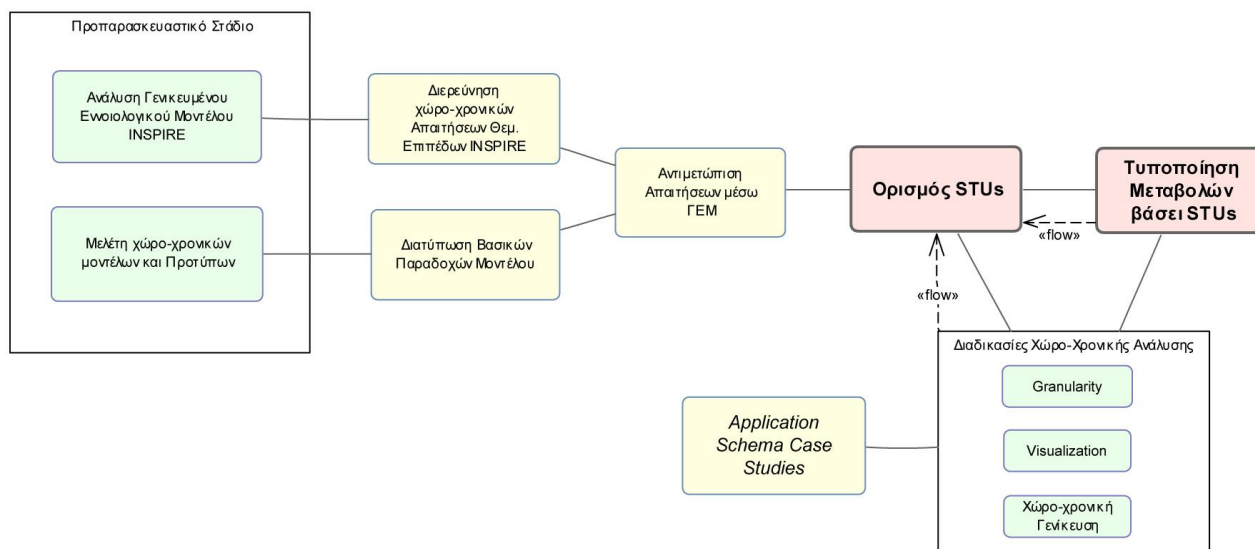
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η διερεύνηση της επέκτασης των Εννοιολογικών Μοντέλων που προδιαγράφονται σε Υποδομές Χωρικών Δεδομένων, έτσι ώστε να αποδίδουν τη Χώρο-Χρονική συμπεριφορά των Οντοτήτων και να δίνουν τη δυνατότητα εκτέλεση εργασιών Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης. Συγκεκριμένα, έμφαση δόθηκε στην επέκταση του Γενικευμένου Εννοιολογικού Μοντέλου που εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών (INSPIRE), ώστε να συμπληρωθεί με ένα Base Model, το οποίο να μπορεί να χρησιμοποιεί επικουρικά κατά τη σύνταξη των εξειδικευμένων Μοντέλων Δεδομένων (Application Schemas) των 34 Θεματικών Επιπέδων της Οδηγίας.

Ο σχεδιασμός χώρο-χρονικών μοντέλων παραμένει ένα σύνθετο ζήτημα, εξαιτίας της σύνθετης φύσης του Χρόνου και της Μεταβολής, αν και έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές ερευνητικές προτάσεις και εξελίξεις. Ωστόσο, η υλοποίηση και εφαρμογή αυτών δεν έχει προχωρήσει με ανάλογους ρυθμούς. Παράλληλα, η σύγχρονη τάση στην καταγραφή των γεωγραφικών φαινομένων επιβάλλει την συνεκτική και ευρέως προσπελάσιμη περιγραφή τους υπό τη μορφή Υποδομών Χωρικών Πληροφοριών (Spatial Data Infrastructures – SDIs). Με τουλάχιστον 150 SDIs εν λειτουργία ή υπό ανάπτυξη παγκοσμίως, οι Υποδομές Χωρικών Δεδομένων αποτελούν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη της διαχείρισης της χωρικής πληροφορίας, μετά τα GIS. Πλέον, η συλλεγόμενη γεωγραφική πληροφορία δεν αφορά αποκλειστικά σε μία χρήση, αλλά αποτελεί μέρος και μιας ευρύτερης γεω-χωρικής υποδομής. Ουσιαστικά, η εξέλιξη των SDIs ακολουθεί στενά τον ρυθμό και τα στάδια εξέλιξης της ευρύτερης κοινωνίας της πληροφορίας, δηλαδή την διεύρυνση της πρόσβασης σε πληροφορίες από το κοινό, απόρροια της διευρυνόμενης εξοικείωσης με τους Η/Υ και της διάδοσης του διαδικτύου.

Ωστόσο, εντοπίζεται αδυναμία των υφιστάμενων ή προτεινόμενων μοντέλων των Υποδομών Χωρικών Δεδομένων, σε Εθνικό ή διεθνές επίπεδο, να αντιμετωπίσουν μέσω του μοντέλου τους τα χρονικά χαρακτηριστικά των αποθηκευμένων δεδομένων, ώστε να εξυπηρετήσουν εκτεταμένες εργασίες ανάλυσης – οι οποίες αποτελούν άλλωστε και βασικό στόχο υλοποίησης ενός SDI. Στην παρούσα διατριβή, αφενός τεκμηριώνονται και αξιολογούνται τα μοντέλα χωρικής αναπαράστασης που υιοθετούνται από τα διεθνή πρότυπα και τις σύγχρονες Χωρικές Υποδομές, και αφετέρου, εισάγονται έννοιες σε ένα μοντέλο το οποίο να είναι ικανό να αντιμετωπίσει χρονικά ζητήματα. Ο στόχος είναι να τυποποιηθούν αυτές οι έννοιες σε ένα ενοποιημένο μοντέλο βάσης δεδομένων, ικανό να διαχειρίζεται όχι μόνο χωρικά ζητήματα, αλλά και τη μεταβολή των φαινομένων.

Ως Μοντέλο βάσης, επί του οποίου επιχειρήθηκε η δοκιμαστική επέκταση σε πλήρη χώρο-χρονικό σχεδιασμό, επιλέχθηκε το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο (ΓΕΜ) του INSPIRE. Η επιλογή στηρίχθηκε στο γεγονός ότι, έπειτα από συνεχή ανάπτυξη από το 2005, η οποία διαρκεί ακόμη, και με τη συμμετοχή άνω των 100 επιστημόνων από όλη την Ευρώπη, το INSPIRE αποτελεί το state of the art επί των θεμάτων διαχείρισης χωρικών (και μη) δεδομένων σε ένα SDI. Προσφέρει πλήρως τυποποιημένες προδιαγραφές για τη σύνταξη application schemas σε 34 διαφορετικά επιστημονικά πεδία, και συνδυάζοντας πρακτικές από 23 κράτη. Το ΓΕΜ προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα της σύνταξης Βασικών Μοντέλων (Base Models), τα οποία μπορούν να το «συμπληρώνουν» και να χρησιμοποιούνται κατ' επιλογή στα application schemas. Ωστόσο, αν και το ΓΕΜ προβλέπει χαρακτηριστικά και UML στερεότυπα για την καταγραφή της χρονικής πληροφορίας, δεν διαθέτει πλήρες Base Model για απόδοση των αντικειμένων ως χώρο-χρονικά. Αποτέλεσμα είναι τα data sets του INSPIRE να μπορούν να αντεπεξέλθουν μόνο σε στοιχειώδη Ερωτήματα χρονικής αναζήτησης –και αυτά μέσω metadata- και να αδυνατούν να εξυπηρετήσουν ανάγκες χώρο-χρονικής ανάλυσης και σχεδιασμού.



Σχήμα 7.1 Κύρια σημεία που αντιμετωπίστηκαν στην παρούσα έρευνα

Τα προαναφερθέντα καταδεικνύουν τη σημαντικότητα, επικαιρότητα και χρησιμότητα διεξαγωγής έρευνας σχετικής με χώρο-χρονική απόδοση των αντικειμένων στις Χωρικές Υποδομές. Κατά την εξέλιξη της παρούσας διατριβής, αντιμετωπίστηκαν και παρουσιάστηκαν τα εξής (Σχήμα 7.1):

- ✓ Αναλύονται οι έννοιες του Χρόνου και της Μεταβολής και μελετάται το πως αντιμετωπίζονται στη σύγχρονη ερευνητική δραστηριότητα, ενώ διατυπώνονται οι Βασικές Παραδοχές για το προτεινόμενο μοντέλο (Κεφάλαιο 2).
- ✓ Αναλύονται οι τρέχουσες δυνατότητες αναπαράστασης του χρόνου στο Ενωσιολογικό Μοντέλο και τα εξειδικευμένα Application Schemas μιας Χωρικής Υποδομής όπως καθορίζεται από το INSPIRE. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν το Γενικευμένο Ενωσιολογικό Μοντέλο και τα Θεματικά Επίπεδα για τις επιλογές και εργαλεία που διαθέτουν για την απεικόνιση της χρονικής πληροφορίας. Εντοπίστηκαν βασικές απαιτήσεις χώρο-χρονικής ανάλυσης σε εφαρμογές σχετικές με τα 34 Θεματικά Επίπεδα του INSPIRE (Κεφάλαιο 3).
- ✓ Αναπτύσσονται οι διαθέσιμες δυνατότητες αναπαράστασης των χρονικών ιδιοτήτων σε Χωρικές Υποδομές, και συγκεκριμένα μέσω του Γενικευμένου Ενωσιολογικού Μοντέλου του INSPIRE, και διερευνάται η αποτελεσματικότητά τους. Καθορίζεται η έννοια των Χώρο-Χρονικών Μονάδων (Spatiotemporal Units - STUs) και περιγράφεται η επέκταση του ΓΕΜ του INSPIRE ώστε να συμπεριλάβει την Ταυτότητα και τη Χρονική Μεταβολή. Αξιοποιείται η δυνατότητα των STUs να υποβληθούν σε 4 μοναδιαίες μεταβολές για να συστηματοποιηθεί ο τρόπος εντοπισμού των ευρύτερων Μεταβολών στα application schemas (Κεφάλαιο 4).
- ✓ Εξετάζεται η συνεισφορά του προτεινόμενου μοντέλου, με το πώς μπορούν εξυπηρετήσουν τα STUs τις διαδικασίες χώρο-χρονικής Ανάλυσης μέσω των δεδομένων ενός SDI. Ανάγονται οι χρονικές ιδιότητες με τρόπο όμοιο με των χωρικών, ώστε να εκφραστούν έννοιες όπως η Κλίμακα, η Ακρίβεια, η Οπτικοποίηση, και η Γενίκευση, και εξετάζεται ο βαθμός συνεισφοράς των Χώρο-Χρονικών Μονάδων. Ειδικά για την περίπτωση της Χώρο-Χρονικής Ενωσιολογικής Γενίκευσης, καθορίζονται τέσσερις (4) τελεστές, οι οποίοι περιγράφουν πως μπορεί να αλλάξει η χρονική κλίμακα των δεδομένων για ανάγκες ανάλυσης (Κεφάλαιο 5).

- ✓ Το προτεινόμενο μοντέλο αξιοποιείται και αξιολογείται σε επίπεδο συγκεκριμένων εφαρμογών, καθώς δοκιμάζεται η υιοθέτηση των STUs ως τύπων αντικειμένων σε ισχύοντα application schemas του INSPIRE, και διενεργούνται στοιχειώδεις εργασίες χώρο-χρονικής ανάλυσης ως Case Studies.

Η εισαγωγή του τύπου αντικειμένου SpatioTemporalUnit αποτελεί κεντρικό σημείο στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες αποτελούν αφαιρετικές έννοιες, καθώς αντιμετωπίζονται ως 4διάστατα «κομμάτια» του χώρο-χρόνου, τα οποία εάν ενωθούν περιγράφουν όλη τη ζωή μιας οντότητας. Η δομή τους επιτρέπει την περιγραφή των τριών τομέων των χαρακτηριστικών (Θεματικό/Ταυτότητα, Χρονικό, Χωρικό) και ταυτόχρονα τήρηση της ιστορικότητας. Αυτό το δίπτυχο ανταπεξέρχεται στο πώς θα επιλέξει ο τελικός χρήστης να ορίσει την ταυτότητα και τη λειτουργία του φαινομένου, εάν δηλαδή απασχολεί η ιστορία του ως οντότητα, ή η κίνησή του ως δυναμική εξέλιξη. Έτσι, τα STUs επιτρέπουν την βέλτιστη ανάκτηση των στοιχείων που ενδιαφέρουν, την αξιοποίησή τους μέσω χώρο-χρονικής Ανάλυσης, και προσφέρουν καλύτερες λύσεις σε εξειδικευμένα θέματα χώρο-χρονικής έρευνας, όπως η οπτικοποίηση και η χώρο-χρονική Γενίκευση.

Βασικό πλεονέκτημα των STUs είναι πως προβλέπονται μόνο 4 δυνατές μεταβολές, οπότε ελέγχοντας την εξέλιξη των Μεταβολών των επιμέρους STUs, μπορεί κανείς να τυποποιήσει προβλεπόμενες Μεταβολές του μοντέλου, βάσει του τι έχει αλλάξει στην κατάσταση των STUs που απαρτίζουν το κάθε αντικείμενο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα σε μια time-stamped βάση όπως αυτή του INSPIRE να μπορεί να απαντήσει σε ερωτήματα της κατηγορίας «τι συνέβη». Επίσης, είναι σε θέση να αποδώσουν τόσο το χωρικό όσο και το χρονικό επίπεδο λεπτομέρειας κάθε Αντικειμένου, διευκολύνοντας την αξιοποίηση σε συγκεκριμένες χώρο-χρονικές κλίμακες. Αυτή η πληροφορία κλίμακας, σε συνδυασμό με την πληροφορία ταυτότητας, διευκολύνει σημαντικά την επιβολή των τεσσάρων τελεστών χώρο-χρονικής Γενίκευσης, ώστε να αλλάξουν κλίμακα τα Αντικείμενα του μοντέλου.

Φυσικά το προτεινόμενο μοντέλο επιδέχεται βελτιώσεων. Η δοκιμαστική αξιοποίησή του σε application schemas του INSPIRE ανέδειξε την πολυπλοκότητα την οποία προσθέτει σε ένα υφιστάμενο μοντέλο δεδομένων, ειδικά σε schemas με πολλές οντότητες, όπως αυτά της Υδρογραφίας. Επιπλέον, το μοντέλο των STUs ταιριάζει για την απόδοση Evolving Objects, δηλαδή οντοτήτων που μεταβάλλονται σε κανονικούς ρυθμούς και τακτά διαστήματα – αλλά δεν αποτελεί τη βέλτιστη λύση για την απόδοση της τροχιάς moving objects, είτε σε επίπεδο μοντέλο, είτε γραφικά. Τέλος, καθώς πρόκειται για ένα ερευνητικό Base Model, η υιοθέτησή του από το Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο είναι μια πολύ δύσκολη διαδικασία, τόσο γιατί δεν αποτελεί προϊόν INSPIRE Drafting Team, όσο και για τη διαδικασία έγκρισής του από το αρμόδιο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο.

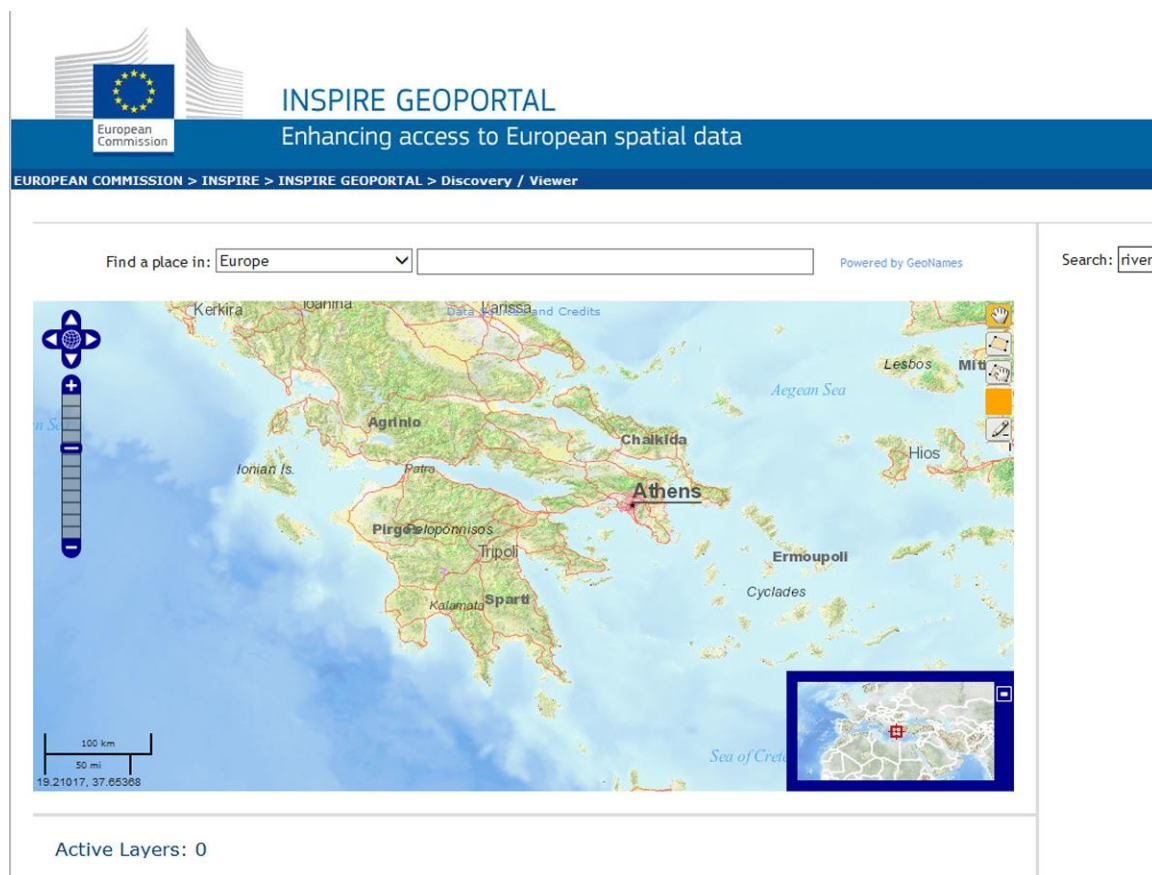
Συνολικά, από την παρουσίαση της προσέγγισης που ακολουθήθηκε, προκύπτει πως το μοντέλο των Χώρο-Χρονικών Μονάδων αποτελεί μια λύση η οποία μπορεί να υποστηρίξει την εξέλιξη των Υποδομών Χωρικών Δεδομένων, ώστε να εξυπηρετούν και διαδικασίες Χώρο-Χρονικής Ανάλυσης – ως εκ τούτου, τεκμηριώνεται η γενικότερη συνεισφορά της παρούσας διατριβής.

Μελλοντική Έρευνα

Αν και η μελέτη των Χώρο-Χρονικών Μονάδων στην παρούσα έρευνα καθόρισε τα βασικά χαρακτηριστικά τους, και με ποιους τρόπους μπορούν να αξιοποιηθούν σε Υποδομές Χωρικών Δεδομένων, προέκυψαν με τη σειρά τους νέα θέματα προς διερεύνηση. Πρόκειται για θέματα τα οποία αφορούν είτε στην εκτενέστερη χρήση του μοντέλου των STUs στο INSPIRE, είτε στην επέκταση των δυνατοτήτων

του μοντέλου και βελτίωση τυχόν αδυναμιών. Καθώς αποτελούν ζητήματα που είναι εκτός του πλαισίου της παρούσας διατριβής, πρόκειται να αναλυθούν σε μελλοντική έρευνα. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται:

- *Υιοθέτηση του μοντέλου των STUs σε Θεματικά Επίπεδα των Παραρτημάτων II & III:* οι τεχνικές προδιαγραφές για τα application schemas των Παραρτημάτων αυτών βρίσκονται ακόμη σε μορφή προσχεδίου και δεν έχουν λάβει την τελική τους έκδοση. Η μελέτη του πως ανταπεξέρχονται οι τύποι των STUs στα αντικείμενα που προδιαγράφονται θα είναι ιδιαίτερος ενδιαφέρουσα, καθώς τα περισσότερα από αυτά τα Θεματικά Επίπεδα χρησιμοποιούν για χωρική αναφορά αντικείμενα από το Παράρτημα I.
- *Βελτίωση των τοπολογικών συσχετίσεων μεταξύ STUs:* οι χώρο-χρονικές τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των Χώρο-Χρονικών Μονάδων μπορούν να ενισχυθούν με τα κατάλληλα constraints που να επιτρέπουν την διαρκή τήρησή τους.
- *Τυποποίηση Μεταβολών ανά application schema βάσει STUs:* να αξιοποιηθεί η δυνατότητα τυποποίησης των Μεταβολών ανά Θεματικό Επίπεδο, και να αντιστοιχηθούν στις επιμέρους Χώρο-Χρονικές Μονάδες. Συμπλήρωση με τις αναλύσεις των Μεταβολών του Registry.
- *Δημιουργία Generic Change Model ως βασικό μοντέλο:* να προστεθεί ένα δεύτερο base model στο Γενικευμένο Εννοιολογικό Μοντέλο του INSPIRE, το οποίο να διαθέτει τα εργαλεία εκείνα που θα επιτρέπουν ταξινόμηση των Μεταβολών ανά Θεματικό Επίπεδο με φορμαλιστικό τρόπο.
- *Βελτίωση δυνατοτήτων οπτικοποίησης στο INSPIRE Geoportal:* Στην τωρινή του έκδοση (Σχήμα 7.2) το Geoportal του INSPIRE παρέχει πολύ βασικές λειτουργίες ανάκτησης και θέασης δεδομένων. Θα ήταν χρήσιμο να επεκταθούν οι δυνατότητές τους για visualization των δεδομένων, τόσο χωρικά, όσο και χώρο-χρονικά, και τα STUs θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για αυτό.



Σχήμα 7.2 Το INSPIRE GeoPortal ως έχει

- *Χρήση των STUs για Πολλαπλές Απεικονίσεις:* Οι Χώρο-Χρονικές Μονάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη χαρτογραφική γενίκευση, και να συνδεθούν με πολλαπλές απεικονίσεις του ίδιου αντικειμένου. Το INSPIRE υποστηρίζει τα multiple representations, αλλά δεν έχει υλοποιηθεί κάτι σχετικό σε application schema. Τα STUs θα μπορούσαν να προσθέσουν πληροφορία για πολλαπλές απεικονίσεις στο Χωρικό Τομέα.
- *Εξαγωγή άτυπων πληροφοριών χρόνου από ελεύθερες περιγραφές:* Ερευνητικό θέμα που δεν άπτεται απαραίτητως των STUs, αφορά στην χρήση της TimeML και των δυνατοτήτων του Semantic Web, για συμπλήρωση χαρακτηριστικών στους Χρονικούς και Θεματικούς Τομείς.

8. Αναφορές

- Abraham T. and Roddick J.F. (1996), *Survey of Spatio-Temporal Databases*, Technical Report CIS-96-011, School of Computer and Information Science, University of South Australia.
- Al-Taha Kh. (2001), Why Time Matters in Cadastral Systems, *Life and Motion of Socio-economic Units*, Frank A., Raper J., Cheylan J.P. (Eds.), GISData 8, Taylor & Francis, London
- Allen J. F. (1983), Maintaining Knowledge about Temporal Intervals, *Communications of the ACM*, vol. 26, pp. 832-843
- Andrienko N. and Andrienko G. (2006), *Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data - A Systematic Approach*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Beveridge A. (2002), Immigration, Ethnicity and Race in Metropolitan New York, 1900-2000, *Past Time, Past Place: GIS for History*, Knowles A.K. (Ed.), ESRI Press, Redlands, California
- Böhlen M., Gamper J., Jensen C. S. (2006), Multi-dimensional Aggregation for Temporal Data, *Advances in Database Technology – EDBT 2006*, 10th International Conference on Extending Database Technology Proceedings, Ioannidis Y. et al. (Eds.), LNCS 3896, Springer, pp. 257–275
- Böhlen M., Gamper J., Jensen C. S. (2009), Temporal Aggregation, *Encyclopedia of Database Systems*, Liu L. and Ozsu M. T. (Eds.), Springer, pp. 2924 – 2929
- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. (2000), *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley Longman
- Bothwell J. and Yuan M. (2012), A Spatiotemporal GIS Framework Applied to the Analysis of Changes in Temperature Patterns, *Transactions in GIS*, 16(6), Blackwell Publishing Ltd, pp. 901–919
- Callender C. (2012), Physics: Is Time an Illusion? , *Scientific American*, Vol. 21, No. 1, pp. 14-21
- Claramunt C. and Thériault M. (1995), Managing Time in GIS: An Event Oriented Approach, *Recent Advances on Temporal Databases*, Clifford. J. and Atuzhilin. A (Eds.), Springer, pp. 23-42
- Claramunt, C. and Thériault, M. (1996), Towards Semantics for Modeling Spatio-Temporal Processes within GIS, *Advances in GIS Research II*, Seventh International Symposium on Spatial Data Handling (SDH'96), pp. 2.27-2.43
- Claramunt C., Thériault M., and Parent C. (1998), A Qualitative Representation of Evolving Spatial Entities in two-dimensional Topological Spaces, *Innovations in GIS 5*, Carver S. (Ed.), Taylor & Francis, pp. 129-138
- Coveney P. and Highfield R. (1990), *The Arrow of Time*, W. H. Allen
- Craglia M. (2010), *Building INSPIRE: The Spatial Data Infrastructure for Europe*, ArcNews Online, Spring 2010, <http://www.esri.com/news/arcnews/spring10articles/building-inspire.html>

- Δάρρα Α. (2009), *Πλαίσιο Δημιουργίας και Σύγκρισης Χωρικών Κοινωνικοοικονομικών Μονάδων*, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα
- Darwen H. (2000), *Temporal Databases, An Introduction to Databases*, C.J. Date (Ed.), Addison-Wesley Publishing
- Davies P. (2012), *Chronology: That mysterious Flow*, *Scientific American*, Vol. 21, No. 1, pp. 8-13
- Davis J. (2012), *Range Types and Temporal: Past, Present, and Future*, PGCon 2012 -The PostgreSQL Conference, <http://www.pgcon.org/2012/schedule/events/439.en.html>
- Dekkers M. and Craglia M. (2008), *Temporal Metadata for Discovery: A review of current practice*, EUR23209-EN, Scientific and Technical Reports, Joint Research Center (JRC), Institute for Environment and Sustainability, European Commission
- Dignös A., Böhlen M., Gamper J. (2012), *Temporal Alignment*, Proceedings of the 2012 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data - SIGMOD '12, pp. 433-444, May 20–24, Scottsdale, Arizona, USA
- Duce S. and Janowicz K. (2010), *Microtheories for Spatial Data Infrastructures - Accounting for Diversity of Local Conceptualizations at a Global Level*, *Geographic Information Science, International Conference GIScience 2010 Proceedings*, Fabrikant S.I. et al. (Eds.), LNCS 6292, Springer, pp. 27–41
- Dupenois M. and Galton A. (2012), *Maintenance of Dot Pattern Footprints via Efficient Identification of Change*, *Understanding And Modeling Collective Phenomena - Aisb/Iacap World Congress 2012*, Galton A. and Wood Z. (Eds.), Birmingham, UK, 2-6 July 2012, pp. 11-18
- Erwig M., Güting R. H., Schneider M., Vazirgiannis M. (1999), *Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases*, *GeoInformatica 3:3*, pp. 269-296, Kluwer Academic Publishers, Boston
- Eschenbach C. and Schill K. (1999), *Studying Spatial Cognition: The Representation of Motion*, a report on the DFG Workshop, *Künstliche Intelligenz 3/1999*
- European Commission (2008), *Implementing Directive 2007/2/EC as regards metadata*, Commission Regulation (EC) No 1205/2008, 3 December 2008
- European Commission (2009), *Implementing Directive 2007/2/EC as regards the Network Services*, Commission Regulation (EC) No 976/2009, 19 October 2009
- European Commission (2010a), *Implementing Directive 2007/2/EC as regards Interoperability of Spatial Data Sets and Services*, Commission Regulation (EU) No 1089/2010, 23 November 2010
- European Commission (2010b), *Technical Guidelines Annex I on INSPIRE Data Specifications*, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2>
- European Commission (2013), *Technical Guidelines Annex II & III on INSPIRE Data Specifications-Draft*, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2>

- European Parliament and European Council (2007), *Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*, Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council, 14 March 2007
- Frank A.U., Raper J., Cheylan J.P. (Eds.) (2001), *Life and Motion of Socio-Economic Units*, GISDATA 8, Taylor and Francis, London
- Frentzos E., Theodoridis Y., Papadopoulos A. (2009), Spatio-Temporal Trajectories, *Encyclopedia of Database Systems*, Liu L. and Ozsü M. T. (Eds.), Springer, pp. 2742 - 2746
- Gaffuri J. (2011), *Time in INSPIRE data specifications (annex II and III)*, discussion paper, INSPIRE Data Specifications Drafting Team and Consolidation Team
- Gaffuri J. and Lutz M. (2013), *Visualisation in INSPIRE: Status and next steps*, Web Cartography for National SDIs, EuroSDR- ISPRS- ICA-AGILE Workshop, Leuven, Belgium, 14 May 2013, http://kartoweb.itc.nl/webcarto13/PDFs/pres_gaffuri.pdf
- Galton A. (2003), Desiderata for a Spatio-temporal Geo-ontology, *Spatial Information Theory - Foundations of GIScience, International Conference COSIT 2003 Proceedings*, Kuhn W. et al. (Eds.), LNCS 2825, Springer, pp. 1–12
- Galton A. (2005), Dynamic Collectives and Their Collective Dynamics, *Spatial Information Theory, International Conference COSIT 2005 Proceedings*, Cohn A. and Mark D. (Eds.), LNCS 3693, Springer, pp. 300–315
- Goodall J., Maidment D., Sorenson J. (2004), *Representation of Spatial and Temporal Data in ArcGIS*, AWRA GIS and Water Resources III Conference, Nashville, US
- Goudie A. (1995), *The Changing Earth: Rates of Geomorphological Processes*, Blackwell, Oxford
- Gregory N.I. and Ell S.P. (2007), *Historical GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship*, Cambridge Studies in Historical Geography, Cambridge University Press
- Gregory N.I. (2010), Exploiting Time and Space: A Challenge for GIS in the Digital Humanities, *The Spatial Humanities*, Bodenhamer D. et al. (Eds.), Indiana University Press, pp. 58 – 75
- Güting R. H., Böhlen M., Erwig M., Jensen C., Lorentzos N., Nardelli E., Schneider M., Viqueira J. (2003), Spatio-temporal Models and Languages: An Approach Based on Data Types, *Spatio-Temporal Databases: The CHOROCHRONOS Approach*, Koubarakis M., Sellis T. et al. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 117-176
- Halaris G., Hadzilakos Th., Kavouras M., Kokla M., Panopoulos G., Paraschakis I., Sellis T., Tsoulos L., Zervakis M. (2000), Interoperability and Definition of a National Standard for Geospatial Data: The Case of the Hellenic Cadastre, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation (JAG)*, Vol. 2, Issue 2, pp.120-128
- Hupchick P.D. and Cox E.H. (2001), *The Palgrave Concise Historical Atlas of the Balkans*, Palgrave, New York

- Illert A. (Ed.) (2008a), *Definition of Annex Themes and Scope*, Deliverable D2.3, INSPIRE Drafting Team "Data Specifications", 18-03-2008
- Illert A. (Ed.) (2008b), *INSPIRE Methodology for the development of data specifications*, Deliverable D2.6, INSPIRE Drafting Team "Data Specifications"
- International Standard Organization / ISO TC211 (2002), *Geographic Information – Temporal Schema*, ISO 19108:2002(E)
- International Standard Organization / ISO TC211 (2003), *Geographic Information – Spatial Schema*, ISO 19107
- International Standard Organization / ISO TC211 (2005a), *Geographic Information – Conceptual Schema Language*, ISO 19103
- International Standard Organization / ISO TC211 (2005b), *Geographic Information – Rules for application Schema*, ISO 19109
- International Standard Organization / ISO TC211 (2005c), *Geographic Information – Schema for Coverage geometry and functions*, ISO 19123
- International Standard Organization / ISO TC211 (2007a), *Geographic Information – Data Product Specifications*, ISO 19131
- International Standard Organization / ISO TC211 (2007b), *Geographic Information – Geography Markup Language (GML)*, ISO 19136
- Jensen S. C. and Snodgrass R. (2009), Temporal Database, *Encyclopedia of Database Systems*, Liu L. and Ozsu M. T. (Eds.), Springer, pp. 2957 – 2960
- Jin P., Yue L., Gong Y. (2005), Research on a Unified Spatiotemporal Data Model, in Proceedings of International Symposium on Spatial-temporal Modeling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining and Data Fusion, ISPRS Press, China
- Kavouras M. (2001), Understanding and Modeling Spatial Change, *Life and Motion of Socio-economic Units*, Frank A., Raper J., Cheylan J.P. (Eds.), GISData 8, Taylor & Francis, London
- Kavouras M. and Kokla M. (2008), *Theories of Geographic Concepts: Ontological Approaches to Semantic Integration*, CRC Press, Taylor & Francis Group
- Lagrange J. P., Ruas A., Bender L. (1993), *Survey on Generalization*, Institut Geographique National
- Langran, G. (1992), *Time in Geographic Information Systems*, Taylor & Francis, London
- Longley P.A., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. (2011), *Geographic Information Systems and Science*, Third edition, John Wiley & Sons
- Lorentzos N. and Mitsopoulos Y. (1997), SQL Extension for Interval Data, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 9, No. 3
- Massey P. (2005), *For Space*, Sage, London

- Molenaar M. (1998), *An Introduction to the Theory of Spatial Object Modelling for GIS*, Taylor & Francis, London
- Mota J.S., Câmara G., Escada M. I. S., Bittencourt O., Fonseca L.M.G., Vinas L. (2009), Case-Based Reasoning for Eliciting the Evolution of Geospatial Objects, *Spatial Information Theory, International Conference COSIT 2009 Proceedings*, Hornsby K.S. et al. (Eds.), LNCS 5756, Springer, pp. 405–420
- van Oosterom P. and Stoter J. (2010), 5D Data Modelling: Full Integration of 2D/3D Space, Time and Scale Dimensions, *Geographic Information Science - GIScience 2010*, Fabrikant S.I. et al. (Eds.), LNCS 6292, Springer, pp. 310–324
- Πανόπουλος Γ., Μαρακάκης Γ., Παγουρτζή Ε., Τσιγάνη Σ., Χατζηχρήστος Θ. (2008), *Έκθεση παρακολούθησης Οδηγίας INSPIRE - Πρόταση Υλοποίησης & Διαχείρισης της Κοινοτικής Οδηγίας στην Ελλάδα*, Ομάδα Εργασίας για την Κοινοτική Οδηγία INSPIRE, Δ/ση Επιστημονικής και Αναπτυξιακής Δραστηριότητας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
- Πανόπουλος Γ. (2009), Η Εφαρμογή της Οδηγίας INSPIRE στην Ελλάδα, Ημερίδα «Διαλειτουργικότητα στη Γεωγραφική Πληροφορία», OGC & HellasGIS, 3 Απριλίου 2009, Αθήνα
- Πανόπουλος Γ. και Περπερίδου Δ. (2010), Εισήγηση Π.Σ.Δ.Α.Τ.Μ. επί της Εθνικής Υποδομής Γεωγραφικών Πληροφοριών, Διημερίδα ΟΚΧΕ «Δημιουργία Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών», 19-20 Νοεμβρίου 2010, Αθήνα
- Panopoulos G. and Kavouras M. (1997), A Data Dictionary Supporting Multi-Scale Cartographic Production from a Single Database, in *Proceedings of 18th ICA/ACI International Cartographic Conference ICC 97*, pp. 1703-1711, Stockholm, Sweden
- Panopoulos G. and Kavouras M. (2001), The Concept of generalization in Spatio-Temporal Modelling, in *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference*, pp. 1965-1973, Beijing, China
- Panopoulos G., Stamatopoulos A., Kavouras M. (2003), Spatiotemporal Generalization: The *Cronograph* Application, in *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference*, pp. 1997-2007, Durban, South Africa
- Pelekis N., Theodoulidis B., Kopanakis I., Theodoridis Y. (2004), Literature review of spatiotemporal database models, *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 19, Issue 03, Cambridge University Press, pp. 235 – 274
- Peuquet J. D. (1994), It's About Time: a Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in GIS, *Annals of the Association of American Geographers*, No. 84, pp. 441 – 461
- Peuquet J. D. and Duan N. (1995), An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data, *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 9, no.1, Taylor & Francis, pp. 7-24
- Plumejeaud C., Moiscu B., Bimonte S., Villanova M., Gensel J. (2009), An Object-Oriented Model for the Sustainable Management of Evolving Spatio-temporal Information, *Geocomputation & Urban Planning*, Murgante B. et al. (Eds.), SCI 176, Springer, pp. 167–186

- Portele C. (Ed.) (2008), *Questionnaire on the use of the elements of spatial and temporal schema – Report*, INSPIRE Drafting Team "Data Specifications", 08-02-2008
- Portele C. (Ed.) (2013a), *INSPIRE Generic Conceptual Model*, Deliverable D2.5, Version for Annex II/III data specifications v3.0rc3, INSPIRE Drafting Team "Data Specifications", 05-04-2013
- Portele C. (Ed.) (2013b), *Guidelines for the encoding of Spatial Data*, Deliverable D2.7, INSPIRE Drafting Team "Data Specifications", 11-06-2013
- Rabinowitz N. (2011), Interfaces for Geotemporal Visualization, SXSW Interactive 2011: Geotemporal Visualization, 12 March 2011, Austin, Texas, http://nickrabinowitz.com/projects/sxsw/sxsw_slides/
- Ramachandran A., MacLoad F., Dowers S. (1994), Modeling Temporal Changes in a GIS using an Object Oriented Approach, *Advances in GIS Research*, Sixth International Symposium on Spatial Data Handling (SDH'94)
- Reitsma F. and Bittner T. (2003), Scale in Object and Process Ontologies, *Spatial Information Theory - Foundations of GIScience, International Conference COSIT 2003 Proceedings*, Kuhn W. et al. (Eds.), LNCS 2825, Springer, pp. 13-27
- Renolen A. (1997), *Generalization and Data Reduction in Spatiotemporal Data Sets*, Norwegian University of Science and Technology (NTNU)
- Revesz P. (2010), *Introduction to Databases: From Biological to Spatio-Temporal*, Springer, London
- Sack J.-R., Speckmann B., Van Loon E., Weibel R. (2011), Representation, Analysis and Visualization of Moving Objects, *Dagstuhl Seminar Proceedings*, Schloss Dagstuhl, Leibniz Center for Informatics, <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2011/3087>
- Santos M. Y., Mendes J., Moreira A., Wachowicz M. (2011), Towards a Spatio-Temporal Information System for Moving Objects, *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011, Part I*, International Conference Proceedings, Murgante B. et al. (Eds.), LNCS 6782, Springer, pp. 1–16
- Σαραφίδης Δ. (2008), *Δημιουργία και εφαρμογή ενός προτύπου μεταδεδομένων για την τεκμηρίωση των ψηφιακών χωρικών δεδομένων του Εθνικού Κτηματολογίου*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, 2008
- Σαραφίδης Δ., Τζιαχρής Π., Παρασχάκης Ι., (2010), *Ανάπτυξη δικτυακού τόπου για τη δημιουργία μεταδεδομένων για χωρικά δεδομένα του Ελληνικού χώρου με βάση τις κατευθύνσεις της οδηγίας INSPIRE*, Πρακτικά 6ου Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρίας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών , 2-3 Δεκεμβρίου 2010, Αθήνα
- Shi M. and Winter S. (2010), Detecting Change in Snapshot Sequences, *Geographic Information Science, International Conference GIScience 2010 Proceedings*, Fabrikant S.I. et al. (Eds.), LNCS 6292, Springer, pp. 219–233

- Siabato W. and Manso - Callejo M.A. (2011), Integration of Temporal and Semantic Components into the Geographic Information through Mark-Up Languages- Part I: Definition, *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011, Part I*, International Conference Proceedings, Murgante B. et al. (Eds.), LNCS 6782, Springer, pp. 394–409
- Smith B. and Varzi A.C. (2000), Fiat and bona fide boundaries, *Philosophy and Phenomenological Research*, 60: 401-420
- Smith B. (2001), Fiat objects, *Topoi*, 20:131–148
- Stell J. (2003) Granularity in change over time, *Foundations of Geographic Information Science*, Duckham, M., Goodchild, M., Worboys, M. (Eds.), Taylor and Francis, pp. 95-115
- Stell J. and West M. (2004), A Four-Dimensionalist Mereotopology, *Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the third International Conference FOIS-2004*, Varzi A. C. and Vieu L. (Eds.), IOS Press, pp. 261-272
- Stell J. and Worboys M. (2008), A Theory of Change for Attributed Spatial Entities, *Geographic Information Science, International Conference GIScience 2008 Proceedings*, Cova T. J. et al (Eds.), LNCS 5266, Springer, pp. 308-319.
- Stell J., Del Mondo G., Thibaud R., Claramunt C. (2011), Spatio-temporal Evolution as Bigraph Dynamics, *Spatial Information Theory, International Conference COSIT 2011 Proceedings*, Egenhofer M. et al. (Eds.), LNCS 6899, Springer, pp. 148–167
- Stell, J. (2013), *Granular Description of Qualitative Change*, 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence (to appear), August 2013, Beijing, China
- Styliadis A., Paraschakis I., Zhou M. (2001), Spatio-Temporal Analysis for Digital Documentation of Monuments and Archaeological Sites, *Μνημείο & Περιβάλλον-Monument and Environment*, Τεύχ. 7, σσ 169-181
- Timko I., Böhlen M., Gamper J. (2009), Sequenced Spatio-Temporal Aggregation in Road Networks, *Advances in Database Technology*, International Conference on Extending Database Technology - EDBT '09, pp. 48-59
- Tóth K., Portele C., Illert A., Lutz M., Nunes de Lima V. (2012), *A Conceptual Model for Developing Interoperability Specifications in Spatial Data Infrastructures*, EUR25280-EN, JRC Reference Reports, Join Research Center (JRC), Institute for Environment and Sustainability, European Commission
- Tryfona, N. and Jensen, S. C. (1998), *Conceptual Data Modeling for Spatiotemporal Applications*, Technical Report CH-98-08, Chorochronos Project
- Tryfona N., Price R., Jensen S. C. (2003), Conceptual Models for Spatio-temporal Applications, *Spatio-Temporal Databases: The CHOROCHRONOS Approach*, Koubarakis M., Sellis T. et al. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 79-116
- Τσούλος Λ., Πανόπουλος Γ, Καβάδας Ι. (2010), Τα πρότυπα ISO και η υλοποίηση της Υποδομής Χωρικών Δεδομένων στην Ευρώπη, *Πρότυπα ISO στα Γεωγραφικά Δεδομένα*, Πρόγραμμα Σεμιναρίων, Τμήμα Κτηματολογίου & Χωρομετρίας, Υπουργείο Εσωτερικών Κύπρου

- Wachowicz M. (1999), *Object-Oriented Design for Temporal GIS*, Taylor & Francis, London
- Worboys, M. F. (1994), Unifying the Spatial and Temporal Components of Geographical Information, *Advances in GIS Research*, Sixth International Symposium on Spatial Data Handling (SDH'94)
- Worboys, M. F. (1998), A Generic Model for Spatio-bitemporal Geographic Information, *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*, Egenhofer M. and Golledge R. (Eds.), Oxford University Press, Oxford, pp. 25-39
- Yuan, M. (1994), Wildfire Conceptual Modeling for Building GIS Space-Time models, in Proceedings of GIS/LIS'94, pp.860-869
- Yuan, M. (2008), Temporal GIS and Applications, *Encyclopedia of GIS*, Shekhar S. and Xiong H. (Eds.), Springer, pp. 1147 – 1150
- Ζέστας, Ν. και Παρασχάκης Ι. (2002), *Ολοκλήρωση σε ένα ενιαίο πολυμορφικό αντικείμενο χαρτογραφικών οντοτήτων-περιγραφικών στοιχείων από βάσεις δεδομένων και τοπολογία, σε ένα Ο2 περιβάλλον GIS*, Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, 28.2 – 1.3.2002