



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Προς ένα ιδιαίτερα ελέγχιμο, στιβαρό και θεματικά εύρωστο μοντέλο πληροφορίας στον τομέα των Μεταφορών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Χ. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

Επιβλέπων : Κουκούτσης Ηλίας

Επίκ. Καθηγητής Σ.Η.Μ.Μ.Υ, Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2018

Η σελίδα αυτή παραμένει σκόπιμα λευκή



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Προς ένα ιδιαίτερα ελέγχιμο, στιβαρό και θεματικά εύρωστο μοντέλο πληροφορίας στον τομέα των Μεταφορών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευάγγελος Χ. Φωτόπουλος

Επιβλέπων : Κουκούτσης Ηλίας
Επίκ. Καθηγητής Σ.Η.Μ.Μ.Υ, Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 22 Φεβρουαρίου 2018.

.....

.....

.....

Κουκούτσης Ηλίας, Παπαοδυσσεύς Κωνσταντίνος, Καμπουράκης Γεώργιος,
Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π. Καθηγητής Ε.Μ.Π. Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2018

.....

Ευάγγελος Χ. Φωτόπουλος

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

Copyright © Ευάγγελος Φωτόπουλος, 2018.

Copyright © Ηλίας Κουκούτσης, 2018.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στους γονείς μου,

Χριστάκη και Καλλιόπη

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αφ' ενός παρουσιάζεται η εργασία του συγγραφέα, ο οποίος είναι μέλος της Ομάδας Εργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ, αφ' ετέρου παρουσιάζεται σε πλάτος η Έρευνα της Ομάδας αυτής Εργασίας στον τομέα της ανάπτυξης νέων μεθοδολογιών και εφαρμογών οργάνωσης και χειρισμού της πληροφορίας που σχετίζεται με τις Μεταφορές επιβατών και αγαθών. Κατ' αρχήν, εξετάζεται το προσκήνιο της έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης ειδικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΠΣ), για την υποστήριξη της Σχεδίασης Μεταφορών, της Διακυβέρνησης και Διαχείρισης της Υποδομής των Μεταφορών, της Οργάνωση Υπηρεσιών Μεταφορών, καθώς και της χρήσης της υποδομής των Μεταφορών σε άλλες επιστημονικές περιοχές που περιλαμβάνουν μεταφορές επιβατών ή αγαθών. Στη συνέχεια, προτείνονται καινοτομικές μεθοδολογίες εργασίας και σχετικές δομές δεδομένων και προγραμμάτων για την οργάνωση Πληροφοριακών Συστημάτων στον Τομέα των Μεταφορών με χρήση μιας νέας δομής μεταδεδομένων που ονομάστηκε «Χάρτης Περιεχομένων» ή «Τελεολογική Δομή» του ΠΣ. Η δομή αυτή επιτρέπει σαφώς αυξημένη λειτουργικότητα και βιωσιμότητα του σχετικού συστήματος. Ακόμη, παρουσιάζεται μία καινοτομική μεθοδολογία για την οργάνωση των ΠΣ που χειρίζονται γεωγραφική ή γεωσυσχετισμένη πληροφορία (GIS), η οποία προσφέρει σημαντικά αυξημένες δυνατότητες των σχετικών ΠΣ. Στη συνέχεια, προτείνεται ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος οργάνωσης πυρήνων δεδομένων που αφορούν τα Δίκτυα Μεταφορών, καθώς και μία νέα μεθοδολογία κατασκευής παραγώγων δικτύων, ειδικά προσαρμοσμένων στις συνεχώς εξελισσόμενες ανάγκες των αντίστοιχων εφαρμογών των Μεταφορών. Η χρήση ΠΣ που στηρίζονται στις προταθείσες δομές και μεθοδολογίες οργάνωσης επιτρέπουν σημαντικά βελτιωμένη υποστήριξη των σχετικών εργασιών. Τέλος, επιπρόσθετα, προτείνεται η ανάπτυξη μιας σειράς καινοτομικών, εξειδικευμένων εργαλείων λογισμικού, για την περαιτέρω αύξηση της λειτουργικότητας των ΠΣ των Μεταφορών και την παροχή ακόμη περισσότερων δυνατοτήτων προς τους εργαζόμενους στους προαναφερθέντες τομείς εφαρμογών.

Λέξεις-κλειδιά

Χάρτης Περιεχομένων ενός Πληροφοριακού Συστήματος, Τελεολογική Δομή ενός Πληροφοριακού Συστήματος, Μεταδεδομένα για Πληροφοριακά Συστήματα Μεταφορών, Σχεδιασμός Μεταφορών, Παράσταση Δικτύων Μεταφορών σε υπολογιστές, Αρχιτεκτονική «Θέματα Υπεράνω Χαρτών», «Μέθοδος Διαχωρισμένων Πληροφοριών» για τον χειρισμό πολύπλοκης γεωσυσχετισμένης πληροφορίας

Abstract

In this thesis (a) the results of the work of the author in the area of Designing Advanced Information Systems for supporting a number of Transport applications and (b) the overall work in the Laboratory of Multi-thematic and Georeferenced Information Systems are presented (the author is a member of this Laboratory). The areas of Transport applications of interest include, among others, Transport Planning, Transport Infrastructure Administration, and Transport Services Organization. Firstly, the relative State of the Art, as well as the overall and internal architectures of the relative Information Systems (IS) are examined. Moreover, a number of significant and, in many cases, prohibiting problems, resulting from the increased volume and complexity, as well as the multi-thematic nature of these ISs, are outlined. It is also shown that the conventional internal architectures for representing transport networks in computers are inflexible and of limited usefulness, and actually unable to face the ever-evolving demands for supporting Transport Studies today. Therefore, new overall and internal architectures for significant Transport Information, able to meet the needs of today's Transport Planning Engineers, are needed. To this end:

- a) A novel methodology for organizing complex multi-thematic systems of high volume of data is presented. This methodology is based on the use of a novel metadata structure called heron "Content Map of the Information System" or "Teleological Structure of the IS" (from the ancient Greek word "telos", meaning "purpose").
- b) A novel methodology for representing and handling in the computer generic forms of Transport networks and producing application-specific Instances of the Transport Networks is presented. This methodology allows for easy and efficient reuse of the corresponding information in many areas of Transport applications.
- c) Novel structures and corresponding software tools for implementing useful features, such as routes in networks, point or partial attributes of transport links, references of geometrical points by the distance from the start of a specific route, and so forth are introduced.

Keywords

Content Map of an Information System, Teleological Structure of an Information System, Metadata for Information Systems, Transport Planning, Transport Network representation, "Themes Over Maps" Architecture, "Split Storage" for handling complex georeferenced data

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθους καρδίας τον Επιβλέποντά μου, Καθηγητή κ. Ηλία Κουκούτση για την ουσιαστική καθοδήγηση και την αδιάληπτη στήριξη που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αλλά και στη γενικότερη ακαδημαϊκή μου πορεία. Οι γνώσεις και οι εμπειρίες που απέκτησα κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας ήταν πολύ σημαντικές και ενδιαφέρουσες.

Θα ήθελα επί πλέον να ευχαριστήσω τον έτερο Επιβλέποντά μου, Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Παπαοδυσσέα, για τη συνεχή συνεργασία και συμπαράστασή του τόσο κατά την περίοδο της εκπόνησης της παρούσας εργασίας, όσο στην ακαδημαϊκή μου εξέλιξη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Αθανάσιο Μπαλλή, Καθηγητή στους Πολιτικούς Μηχανικούς ΕΜΠ για τη συμμετοχή του και τις καίριες υποδείξεις του κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ταγματάρχη (ΠΒ) Γεώργιο Τσαβδαρίδη για την άψογη συνεργασία, τη βοήθεια και την εργατικότητά του σε όλες τις κοινές μας προσπάθειες, αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται και στην παρούσα εργασία. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον Δημήτριο Καρολίδη, ο οποίος συνετέλεσε καταλυτικά στην αρχική παραγωγή κώδικα που αναπτύχθηκε και αποτέλεσε μέρος της παρούσας εργασία. Δε θα μπορούσα να παραλείψω όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με τα οποία συνεργάστηκα κατά καιρούς κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Τέλος, δεν έχω κατάλληλα λόγια να ευχαριστήσω τους Γονείς μου, Χριστάκη και Καλλιόπη για την αιμέριστη συμπαράσταση, την ατέρμονη στήριξη και την ανελλιπή υλική και άυλη υποστήριξη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Χωρίς εσάς, τίποτα από όλα αυτά που έχω επιτύχει έως τώρα δε θα ήταν εφικτό.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	7
Abstract	9
Ευχαριστίες.....	11
1 Εισαγωγή.....	15
2 Διεθνές ερευνητικό και τεχνολογικό προσκήνιο (State of Art)	19
2.1 Πληροφοριακά Συστήματα στον τομέα των Μεταφορών.....	19
2.2 Σχεδίαση Μεταφορών (Transport Planning).....	21
2.3 Ερευνητική Δραστηριότητα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.....	22
2.3.1 <i>INFOSTAT</i> (Μάρτιος 1996 – Σεπτέμβριος 1997)	22
2.3.2 <i>MESUDEMO</i> (Σεπτέμβριος 1997 - Αύγουστος 2000).....	23
2.3.3 <i>CONCERTO</i> (Νοέμβριος 1997 – Σεπτέμβριος 2000).....	24
2.3.4 <i>MYSTIC</i> (Ιανουάριος 1998 – Σεπτέμβριος 1999).....	26
2.3.5 <i>INDICATORS</i> (Δεκέμβριος 2000 – Μάρτιος 2002).....	27
2.3.6 <i>ETIS-AGENT</i> (Φεβρουάριος 2002 – Μάιος 2006).....	29
2.3.7 <i>ETIS-LINK</i> (Αύγουστος 2002 – Ιούλιος 2005).....	32
2.3.8 <i>ETIS-BASE</i> (Δεκέμβριος 2002 - Αύγουστος 2005)	34
2.3.9 <i>TRANSTOOLS</i> (Οκτώβριος 2004 – Σεπτέμβριος 2006).....	36
2.3.10 <i>ETIS-PLUS</i> (Σεπτέμβριος 2009 – Απρίλιος 2012).....	39
2.3.11 <i>TRANSTOOLS 3</i> (Μάρτιος 2011 – Φεβρουάριος 2014).....	41
2.4 Η γενική αρχιτεκτονική ενός επιθυμητού ETIS	42
2.5 Σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.....	44
2.5.1 Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (<i>Geographic Information Systems – GIS</i>)	44
2.5.2 Συστήματα Διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων (<i>Relational DataBase Management Systems – RDBMSs</i>).....	51
2.5.3 <i>Python</i>	58
3 Η πληθώρα των γεωγραφικά συσχετισμένων πληροφοριών που αφορούν τις μεταφορές.....	61
3.1 Οι πηγές από τις οποίες προέρχονται τα δεδομένα.....	61
3.2 Τα είδη των γεωσυσχετισμένων δεδομένων.....	63
3.3 Τα είδη των δικτύων που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μεταφορών.....	64
3.4 Δεδομένα ETIS-Agent και ETIS-PLUS.....	65
3.4.1 Δεδομένα <i>ETIS-Agent</i> (2000)	65
3.4.2 Δεδομένα <i>ETIS-PLUS</i> (2016).....	66
3.5 Είδος και όγκος γεωσυσχετισμένης πληροφορίας και τρόπος συσχέτισης αυτής για μία κατηγορία πρακτικών εφαρμογών	71
3.6 Η συνήθης αρχιτεκτονική της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας: «Χάρτες Υπεράνω Θεμάτων»	72
3.7 Η συνήθης οργάνωση των πυρήνων των γεωσυσχετισμένων δεδομένων που αφορούν σε εφαρμογές στον τομέα των μεταφορών.....	73
4 Τα προβλήματα που προκύπτουν από την έως τώρα χρησιμοποιούμενη δομή των δεδομένων και οι άμεσοι και έμμεσοι περιορισμοί που επιβάλλονται εξ' αιτίας της	77
4.1 Σοβαρότατα προβλήματα που προκύπτουν από τον όγκο, τη διαφοροποίηση και την πολυπλοκότητα της πληροφορίας.....	77
4.2 Άμεσα προβλήματα που δημιουργεί η συμβατική δομή οργάνωσης των δεδομένων.	79
4.3 Περιορισμοί που επιβάλλονται από τον συνήθη τρόπο οργάνωσης της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας.....	80

5 Μια καινοτομική μεθοδολογία οργάνωσης της πληροφορίας σε τέτοιας κλίμακας συστήματα: Ο Χάρτης Περιεχομένων του συστήματος	83
5.1 Μορφή του Χάρτη Περιεχομένων (ή Τελεολογικής Δομής) του συστήματος	83
5.2 Τρόπος Χρήσης του Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος - Βασικές Αρχές Σχεδίασης του αντίστοιχου Πληροφοριακού Συστήματος	90
5.3 Περαιτέρω Ανάγκες Μεταδεδομένων για τον Χάρτη Περιεχομένων	91
5.4 Ένας τρόπος υλοποίησης της Βάσης Μεταδεδομένων του Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος .	93
6 Ένα πληρέστερο λειτουργικά μοντέλο για συστήματα του τύπου του ETIS	97
6.1 Η μέθοδος «διαχωρισμένων πληροφοριών» (split storage) για την οργάνωση γεωγραφικής και γεωσυσχετισμένης πληροφορίας. – Η αρχιτεκτονική «Θέματα Υπεράνω Χαρτών»	97
6.2 Τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας οργάνωσης.....	103
6.3 Η νέα πρόταση για τη λειτουργική αρχιτεκτονική ενός συστήματος παρόμοιου με το ETIS.....	104
7 Πυρήνες δεδομένων πολύ υψηλής οργάνωσης που σχετίζονται με τα δίκτυα μεταφορών – Απαραίτητα σχετικά εργαλεία λογισμικού	107
7.1 Η μελέτη μιας τυπικής περίπτωσης εφαρμογής μεταφορών στο σιδηροδρομικό δίκτυο του ETIS.	107
7.2 Καινοτομική πρόταση δημιουργίας παραγώγου δικτύου για κάθε νέα, διαφορετική εφαρμογή ..	109
7.2.1 Μέθοδος επιλογής των κόμβων του δικτύου	109
7.2.2 Επιλογή των συνδέσμων του δικτύου	111
7.2.3 Επέκταση επιλογής δικτύου για πολυμεσικές εφαρμογές (<i>multimodal networks</i>)	113
7.3 Διατήρηση συσχέτισης των παράγωγων δικτύων με τα αρχικά	113
7.4 Η δομή του διευρυμένου αποθετηρίου της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας	114
7.5 Νέα, επαυξημένη δομή για το μοντέλο των κόμβων – καινοτομική, επαυξημένη δομή γειτνίασης κόμβων	117
7.5.1 Ο σύνθετος ή πολλαπλός, επαυξημένος κόμβος.....	117
7.5.2 Ο «γενικευμένος κόμβος»	118
7.5.3 Η καινοτομική, επαυξημένη δομή γειτνίασης κόμβων, η οποία περιγράφει τη συνδεσμότητα των κόμβων του εκάστοτε στιγμοτύπου δικτύων	118
7.6 Επί πλέον απαραίτητα σχετικά εργαλεία λογισμικού και καινοτομικές δομές δεδομένων	126
7.7 Έρευνα προς την μοντελοποίηση σχετικών πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών	128
8 Σχετικές Δοκιμές	131
9 Συμπεράσματα και προτάσεις συνέχισης της παρούσας εργασίας	135
Αναφορές	139

1

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει, κυρίως, σκοπό την παρουσίαση της εργασίας του συγγραφέα, ο οποίος είναι μέλος της Ομάδας Εργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ένας δεύτερος αλλά σημαντικός σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση του πλάτους της Έρευνας της Ομάδας Εργασίας στον συγκεκριμένο τομέα της ανάπτυξης νέων μεθοδολογιών και εφαρμογών οργάνωσης και χειρισμού της πληροφορίας που σχετίζεται με τις μεταφορές επιβατών και αγαθών. Τέλος, στην παρούσα εργασία διατυπώνεται μία πρόταση και ένας πιθανός οδηγός για την εξέλιξη της έρευνας και ανάπτυξης στον συγκεκριμένο τομέα από την Ομάδα Εργασίας.

Στην παρούσα εργασία, κατ' αρχήν, παρουσιάζεται το προσκήνιο της έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης κατάλληλων Πληροφοριακών Συστημάτων (ΠΣ), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ευρείς τομείς εφαρμογών των Μεταφορών επιβατών και αγαθών. Οι τομείς αυτοί περιλαμβάνουν την *Σχεδίαση Μεταφορών*, την *Διακυβέρνηση* και *Διαχείριση* της *Υποδομής* των Μεταφορών, την *Οργάνωση Υπηρεσιών Μεταφορών*, καθώς και την χρήση της υποδομής των Μεταφορών σε άλλες επιστημονικές περιοχές που περιλαμβάνουν μεταφορές επιβατών ή αγαθών.

Στη συνέχεια της εργασίας προτείνονται καινοτομικές μεθοδολογίες εργασίας και σχετικές δομές δεδομένων και προγραμμάτων για τα ακόλουθα:

- Οργάνωση των σχετικών Πληροφοριακών Συστημάτων με χρήση μιας νέας δομής μεταδεδομένων που ονομάστηκε «*Χάρτης Περιεχομένων*» ή «*Τελεολογική Δομή*» του ΠΣ. Η δομή αυτή επιτρέπει σαφώς αυξημένη λειτουργικότητα και βιωσιμότητα του σχετικού συστήματος.
- Οργάνωση των ΠΣ που χειρίζονται γεωγραφική ή γεωσυσχετισμένη πληροφορία (GIS) που προσφέρει σημαντικά αυξημένες δυνατότητες στους χρήστες των σχετικών ΠΣ.
- Υψηλή οργάνωση συγκεκριμένων πυρήνων δεδομένων που είναι απαραίτητοι στους προαναφερθέντες τομείς εφαρμογών των Μεταφορών. Ιδιαίτερης σημασίας πυρήνας δεδομένων του τύπου αυτού είναι αυτός που αφορά τα Δίκτυα Μεταφορών, για τα οποία προτείνεται ένας πολύ πιο αποτελεσματικός, σε σχέση με τους συνηθισμένους, τρόπος οργάνωσης της πληροφορίας, καθώς και μία νέα μεθοδολογία κατασκευής παράγωγων δικτύων, ειδικά προσαρμοσμένων στις συνεχώς εξελισσόμενες ανάγκες των αντίστοιχων εφαρμογών των μεταφορών.
- Χρήση των ΠΣ που στηρίζονται στις προηγούμενες δομές και μεθοδολογίες οργάνωσης για την σημαντικά βελτιωμένη υποστήριξη εργασιών στους προαναφερθέντες τομείς εφαρμογών των Μεταφορών επιβατών και αγαθών.

- Ανάπτυξη νέων, εξειδικευμένων εργαλείων λογισμικού, αναγκαίων για την αύξηση της λειτουργικότητας των σχετικών ΠΣ και την παροχή νέων δυνατοτήτων προς τους εργαζόμενους στους προαναφερθέντες τομείς εφαρμογών.

Ειδικότερα:

Στο 1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σκοπός, η δομή της εργασίας και τα επί μέρους τμήματά της, για κάθε ένα από τα οποία γίνεται μια σύντομη αναφορά.

Στο 2^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται το διεθνές τεχνολογικό και ερευνητικό προσκήνιο (State of Art – SoA) στα θέματα που αναπτύσσονται στην παρούσα διπλωματική, δηλαδή στα Πληροφοριακά Συστήματα στον τομέα των Μεταφορών, το τεχνολογικό και ερευνητικό γίγνεσθαι στη Σχεδίαση Μεταφορών στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα και κυρίως σε ό,τι είναι σχετικό με την μελέτη και ανάπτυξη του ETIS (European Transport policy Information System). Στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται σύντομη σε σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία που είναι αναγκαία για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, όπως Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, ειδικές βάσεις δεδομένων, rapid prototyping systems, γλώσσα προγραμματισμού Python κ.τ.λ.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές από τις πηγές, από τις οποίες αντλούνται τα δεδομένα που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και κατηγοριοποιούνται τα δεδομένα που είναι απαραίτητα σε εφαρμογές του είδους και της κλίμακας που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Δίνονται δε σχετικά παραδείγματα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλα ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα και καταγράφεται σύντομα ο συνήθης τρόπος οργάνωσης των σχετικών γεωσυσχετισμένων πληροφοριών, ο οποίος στο εξής θα καλείται «Χάρτες Υπεράνω Θεμάτων» (“Maps Over Themes”).

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφονται τα προβλήματα και η σχετική περιορισμοί που προκύπτουν από τον όγκο, τη διαφοροποίηση και την πολυμορφία της πληροφορίας που χρησιμοποιείται σε πληροφοριακά συστήματα του τομέα των Μεταφορών, καθώς από τους ad-hoc τρόπους, με τους οποίους η πληροφορία αυτή συνήθως οργανώνεται.

Στο 5^ο Κεφάλαιο εισάγεται η έννοια του Χάρτη Περιεχομένων (Content Map) ή Τελεολογικής Δομής (Teleological Structure) του ΠΣ και η χρήση του ως κεντρικού σημείου οργάνωσης και διαχείρισης των συστημάτων που εξετάζονται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Γίνεται δε μία σύντομη ανάλυση της δομής αυτής και των πλεονεκτημάτων της.

Στο 6^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται μία καινοτομική μέθοδος για τη διαχείριση του σημαντικού όγκου γεωσυσχετισμένων πληροφοριών που χρησιμοποιούνται στα σχετικά ΠΣ, η οποία ονομάστηκε «Μέθοδος των Διαχωρισμένων Πληροφοριών». Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την κατάτμηση της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας του συστήματος σε περισσότερες, ενδεχομένως γεωγραφικά διεσπαρμένες βάσεις δεδομένων. Ακόμη, εισάγεται η δομή οργάνωσης γεωσυσχετισμένων δεδομένων «Θέματα Υπεράνω Χαρτών» (“Themes Over maps”), η οποία έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, σε σχέση με την έως τώρα χρησιμοποιούμενη μέθοδο οργάνωσης γεωσυσχετισμένων δεδομένων (η οποία κατ’ αντιδιαστολή ονομάστηκε «Χάρτες Υπεράνω Θεμάτων»). Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζεται ένα λειτουργικά βελτιωμένο, συνολικό μοντέλο για ένα σύστημα του τύπου του ETIS.

Στο 7^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται ειδικοί πυρήνες δεδομένων πολύ υψηλής οργάνωσης που σχετίζονται με τα δίκτυα μεταφορών. Στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται καινοτομικές μεθοδολογίες εργασίας που βασίζονται στη χρήση μιας ειδικά οργανωμένης βάσης δεδομένων των κόμβων και των συνδέσμων των δικτύων και μια σειρά εργαλείων και νέων δομών για τον καθαρισμό και την

απλούστευση της περιγραφής των δικτύων. Από την καινοτομική αυτή βάση δεδομένων, με τη χρήση ειδικών υπολογιστικών εργαλείων παράγονται «Στιγμιότυπα Δικτύων», τα οποία είναι αναγκαία για την εργασία σε συγκεκριμένες εφαρμογές της πράξης. Τέλος, παρουσιάζεται η έρευνα που λαμβάνει χώρα σχετικά με τη μοντελοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών, καθώς τα μοντέλα αυτά συμπληρώνουν, σε μεγάλο βαθμό, την εργασία πάνω στους οργανωμένους πυρήνες δεδομένων και προγραμμάτων των μεταφορικών δικτύων.

Στο 8^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σχετικές δοκιμές που έγιναν ή/και βρίσκονται υπό εξέλιξη από την Ομάδα Εργασίας και αφορούν το σύνολο των δομών και των μεθοδολογιών που εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

Στο 9^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας, οι τρέχουσες σχετικές εργασίες και προτείνονται τρόποι για τη συνέχιση και διεύρυνση της εργασίας.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι Βιβλιογραφικές Αναφορές για όλα τα κεφάλαια της εργασίας.

2

Διεθνές ερευνητικό και τεχνολογικό προσκήνιο (State of Art)

Στο παρόν Κεφάλαιο θα εξεταστεί το προσκήνιο της έρευνας και της τεχνολογίας τόσο στα θέματα των Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (Geographic Information Systems – GIS), δηλαδή τις δομές και τις μεθόδους οργάνωσης και παράστασης της γεωγραφικής πληροφορίας, όσο και στα θέματα Σχεδιασμού των Μεταφορών και των Μετακινήσεων (Transport and Transportation Planning). Στην τελευταία ενότητα θα παρουσιαστούν σχετικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

2.1 Πληροφοριακά Συστήματα στον τομέα των Μεταφορών

Η περιοχή των μεταφορών δεν αποτελεί εξαίρεση από τις περιοχές, όπου έχει διεισδύσει η σύγχρονη υπολογιστική τεχνολογία. Οι υπολογιστές σήμερα χρησιμοποιούνται στη γενικότερη περιοχή μεταφορών επιβατών και εμπορευμάτων για τα ακόλουθα:

- Περιγραφή της γενικότερης υποδομής των μεταφορών.
- Περιγραφή των υπηρεσιών των μεταφορών.
- Υποστήριξη της διοίκησης σε θέματα υποδομών και μεταφορών.
- Διευκόλυνση των καθημερινών εργασιών (day-to-day operations) και διοικητικής μέριμνας (logistics) των μεταφορών.
- Σχεδίαση μεταφορών (transport planning).
- Απόκτηση, οργάνωση και επεξεργασία στατιστικών δεδομένων των μεταφορών.
- Διευκόλυνση μελετών και ερευνών (surveys).
- Εκτίμηση μη άμεσα μετρήσιμων μεγεθών σημαντικών για τις μεταφορές (σε αυτά μπορεί να περιλαμβάνονται μεγέθη, το κόστος της μέτρησης των οποίων μπορεί να είναι πολύ υψηλό).
- Μελέτες προβλέψεων μελλοντικών μεγεθών μεταφορών

Εκτός από αυτούς τους τομείς, ειδικές μορφές υπολογιστικών συστημάτων χρησιμοποιούνται ως ενσωματωμένα συστήματα για τον έλεγχο μεταφορικών μέσων. Για παράδειγμα, κεντρικοί υπολογιστές ελέγχου μηχανής και ηλεκτρομηχανικού συστήματος αυτοκινήτων, αντίστοιχα συστήματα σε τραίνα, ιδιαιτέρως εξελιγμένα συστήματα στα αεροπλάνα κ.τ.λ. Υπολογιστικά συστήματα που παρακολουθούν και ελέγχουν τα δίκτυα μεταφορών (η κατηγορία των ITS – Intelligent Transport Systems (The Office of the Secretary of Transportation (OST-R) - Intelligent Transportation Systems (ITS), 2018)) ανήκουν στα συστήματα αυτά. Ιδιαίτερα συστήματα χρησιμοποιούνται για τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες στις μεταφορές, για τον εντοπισμό θέσης με

βάση συγκεκριμένα συστήματα δορυφόρων (GPS, Galileo), συστήματα που χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση, για την παρακολούθηση στόλων οχημάτων, πλοίων ή αυτοδύναμων μεταφορικά μονάδων κ.ά.

Για τις τελευταίες κατηγορίες ιδιαίτερα σημαντική είναι η πολύ μεγάλης κλίμακας σμίκρυνση και η μείωση του κόστους των συνιστωσών των υπολογιστικών συστημάτων, με αποτέλεσμα τη χρήση τους σε πεδία εφαρμογών της πράξης.

Μια κατηγορία συστημάτων ιδιαίτερων δυνατοτήτων, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τις είναι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, δηλαδή συστήματα τα οποία χειρίζονται πληροφορία συσχετισμένη με διδιάστατους ή τριδιάστατους χάρτες. Δεδομένου ότι οι μεταφορές εξ' ορισμού εμπλέκουν γεωγραφικές μετακινήσεις.

Μία άλλη επίσης σημαντική κατηγορία είναι αυτή των Βάσεων Δεδομένων, των Αποθηκών Πληροφοριών (data warehouses) των Αποθετηρίων Πληροφορίας (data observatories). Μπορεί να φανταστεί, εξ' άλλου, κανείς πληθώρα βάσεων δεδομένων στοιχείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις μεταφορές.

Αξίζει να αναφερθεί μια ακόμα ειδική κατηγορία λογισμικού, προς την οποία, ειδικά στις μεταφορές έχει γίνει ιδιαίτερη εργασία και είναι αυτή των μοντέλων. Είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα των περισσότερων διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Στον τομέα των μεταφορών χρησιμοποιείται κυρίως το «Τυπικό Μοντέλο Μεταφορών 4-Βημάτων», κατά το οποίο ακολουθούνται τα εξής στάδια (τα οποία θα περιγραφούν με συντομία):

1. Δημιουργία Σύντομων Διαδρομών (Trip Generation)

Στο στάδιο αυτό γίνεται εκτίμηση των σύντομων διαδρομών που ξεκινούν σε κάθε ζώνη κυκλοφοριακής ανάλυσης (Traffic Analysis Zone – TAZ). Ένα σύνολο εξισώσεων χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του πλήθους των σύντομων διαδρομών που αφορούν κάθε κυκλοφοριακή ζώνη, ανάλογα με τα κοινωνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά της ζώνης. Για παράδειγμα μια οικιστική ζώνη ή μια βιομηχανική ζώνη εργασίας θα έχει περισσότερες διαδρομές.

2. Κατανομή Σύντομων Διαδρομών (Trip Distribution)

Σε δεύτερο στάδιο, δημιουργούνται σχέσεις Προέλευσης-Προορισμού (Origin-Destination). Τα άκρα των διαφορετικών σύντομων διαδρομών συνδέονται, ώστε να προκύψουν τελικοί σύνδεσμοι διαδρομών. Αυτό μπορεί να γίνει είτε εντός μια ζώνης, είτε μεταξύ γειτονικών ζωνών.

3. Επιλογή του Τρόπου μετακίνησης (Mode Choice)

Στο στάδιο αυτό γίνεται πρόβλεψη της επιλογής από κάθε άτομο ή ομάδα ανθρώπων του μέσου, το οποίο θα επιλέξουν, ώστε να μετακινηθούν.

4. Επιλογή Διαδρομών (Route Choice)

Το τελικό στάδιο είναι να καθοριστούν οι διαδρομές που θα επιλέξουν οι χρήστες του δικτύου για να φτάσουν στον προορισμό τους. Σύνδεσμοι δικτύου χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν τους τοπικούς δρόμους ή τις οδούς πρόσβασης. Είναι σημαντικό να γίνει πρόβλεψη για την τελική επιλογή με βάση κανόνες. Για παράδειγμα, ένας δρόμος με κυκλοφοριακή συμφόρηση μπορεί να αλλάξει τη διαδρομή ενός χρήστη, ώστε να

ακολουθήσει μια διαφορετική διαδρομή με μεγαλύτερη απόσταση αλλά τον ίδιο χρόνο ταξιδιού.

Υπάρχουν, όμως, και άλλα εξίσου σημαντικά μοντέλα, όπως:

- Μοντέλα (Πρόβλεψης) Ατυχημάτων
- Μοντέλα (Πρόβλεψης) Κυκλοφοριακής Συμφόρησης, είτε χρονικά εξαρτημένα είτε χρόνο-ανεξάρτητα
- Μοντέλα Στάθμευσης (μοντέλα για το σχεδιασμό στάθμευσης, μοντέλα για την εύρεση χώρων στάθμευσης, μοντέλα για την επιλογή στάθμευσης ανάλογα με τον προορισμό κ.τ.λ.)
- Μοντέλα Ταξινόμησης Ροών Μεταφορών (transit-assignment models)
- Μοντέλα Μεταφορών Φορτίου σε Περιβάλλον πόλης (urban freight movement modelling)
- Μοντέλα Χρήσης Μέσων Μεταφοράς (public transport demand and benefits assignment)
- Μοντέλα για την αξιολόγηση της απόδοσης των δικτύων (network performance modelling)
- Μοντέλα διάρκειας και Περιβαλλοντικής Μέριμνας (duration and environmental models)
- ...καθώς και πληθώρα άλλων μοντέλων.

2.2 Σχεδίαση Μεταφορών (Transport Planning)

Μια ειδικότερη περιοχή εφαρμογών είναι η σχεδίαση μεταφορών (transport planning). Στην περιοχή αυτή υπάρχει ιδιαίτερη ανάγκη κατάλληλου χειρισμού μεγάλου όγκου στατιστικής πληροφορίας για τις μεταφορές, η οποία προέρχεται από πολλές ανεξάρτητες και αυτόνομες πηγές δεδομένων. Για να γίνει ορθή εκμετάλλευση των δεδομένων αυτών, χρειάζονται επί πλέον πληροφορίες που έχουν σχέση με τη υποδομή των μεταφορικών δικτύων, τις υπηρεσίες πάνω στα μεταφορικά δίκτυα, αλλά και πληροφορίες με τις υπάρχουσες διοικητικές περιοχές και τις ροές μεταφορών από και προς περιοχές (origin-destination information).

Για τις ανάγκες της σχεδίασης μεταφορών, στελέχη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οραματίστηκαν τη δημιουργία ενός πανευρωπαϊκού συστήματος πληροφοριών μεταφορών για την υποβοήθηση λήψης αποφάσεων και χάραξης πολιτικών στις μεταφορές. Το (ακόμη ιδεατό) αυτό Σύστημα ονομάστηκε ETIS (European Transport policy Information System). Προς την κατεύθυνση του ETIS αλλά και παραπλήσιων συστημάτων, έγιναν αρκετές προσπάθειες μέσω ερευνητικών και αναπτυξιακών προγραμμάτων, ένας αριθμός από τα οποία θα περιγραφεί στα επόμενα.

Η δομή και η λειτουργία του ETIS σύμφωνα με τη μελέτη ομάδας ερευνητών του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυυεμετατικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στους οποίους ανήκει και ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας, έχει σημαντικό αριθμό κοινών στοιχείων με συστήματα που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη άλλων διοικητικών αναγκών και ενεργειών που σχετίζονται με τον τομέα των μεταφορών, όπως προβλήματα που έχουν σχέση με τη διαχείριση δικτύου δρόμων και συναφών διοικητικών έργων. Κάποια από τα κοινά αυτά σημεία επισημαίνονται στην παρούσα εργασία και καλύπτονται από μερικά από την οργάνωση της πληροφορίας μεταφορών που θα παρουσιαστούν στα επόμενα.

2.3 Ερευνητική Δραστηριότητα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση

Στο παρόν κεφάλαιο γίνονται αναφορές για τα ερευνητικά προγράμματα της ΕΕ που έχουν σχέση με την παρούσα εργασία και στα οποία έγιναν τα πρώτα βήματα για αυτά που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία. Ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας είναι μέλος της ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ. Η εμπειρία της ερευνητικής αυτής ομάδας, μέρος της οποίας παρουσιάζεται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας έχει προκύψει τόσο από συμμετοχή σε Ευρωπαϊκά Ερευνητικά Προγράμματα, ιδιαίτερα αυτά που σχετίζονται με το Ευρωπαϊκό Σύστημα Υποβοήθησης στη Λήψη Αποφάσεων και Χάραξης Πολιτικής σε Θέματα Μεταφορών (ETIS - European Transport policy Information System), όσο και από περαιτέρω εργασία των μελών του Εργαστηρίου. Σχετικά ερευνητικά προγράμματα ήταν τα: INFOSTAT, MESUDEMO, CONCERTO, MYSTIC, ETIS-Agent και ETIS-Plus, τα οποία θα παρουσιαστούν στις αμέσως επόμενες υποενότητες. Από κάποια από τα προηγούμενα προγράμματα και από ανεξάρτητες μελέτες έχουν προκύψει εκδόσεις υποσυνόλων πληροφορίας και υπολογιστικών μοντέλων του ETIS, όπως αυτή που χρησιμοποιεί σήμερα η Ευρωπαϊκή Γενική Διεύθυνση για Μεταφορές (DG TREN και στη συνέχεια DG MOVE). Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια συνοπτική παρουσίαση των προαναφερθέντων ερευνητικών προγραμμάτων με χρονολογική σειρά. Τα δεδομένα αντλήθηκαν αφενός από σχετικά έγγραφα και παρουσιάσεις των μελών που συμμετείχαν στα προγράμματα αυτά και αφετέρου από την επίσημη, πλέον, ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για θέματα Έρευνας Μεταφορών, Καινοτομίας και Πληροφοριακών Συστημάτων, TRIMIS (Transport Research and Innovation Monitoring and Information Systems) (TRIMIS, 2018).

2.3.1 INFOSTAT (Μάρτιος 1996 – Σεπτέμβριος 1997)

Η ευρωπαϊκή ενοποίηση επέφερε σημαντικές μεταβολές στα πρότυπα των μετακινήσεων, τα οποία εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τις οικονομικές δραστηριότητες. Εξ' αιτίας αυτού, αντίστοιχες αλλαγές έπρεπε να γίνουν στατιστικά εργαλεία που παρακολουθούν τα πρότυπα αυτά. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε έλλειψη δεδομένων για τις διεθνείς ροές, τα διευρωπαϊκά δίκτυα, τις αλυσίδες μεταφορών και τη διατροπικότητα. Επί πλέον, η διαθεσιμότητα των αντίστοιχων δεδομένων μειώθηκε, λόγω της κατάργησης των ελέγχων στα σύνορα.

Οι στόχοι του προγράμματος αυτού ήταν η προετοιμασία ενός πλαισίου στατιστικών για ένα Ευρωπαϊκό Σύστημα Υποβοήθησης στη Λήψη Αποφάσεων και Χάραξη Πολιτικής (European Transport policy Information System - ETIS). Το ETIS αποσκοπούσε στη στήριξη των ομάδων ειδικών για τη λήψη αποφάσεων τόσο στον δημόσιο, όσο και στον ιδιωτικό τομέα, στην κατανόηση των μεταβολών της κινητικότητας, των υλικοτεχνικών προτύπων, αλλά και των επιπτώσεων των στρατηγικών πολιτικής.

Το πρόγραμμα INFOSTAT κατάφερε:

- Να δώσει ένα σύνολο αρχών και εννοιών για το πρόγραμμα ETIS
- Να αξιολογήσει την επάρκεια των υφιστάμενων δεδομένων
- Να δώσει προτεραιότητα στα κενά των δεδομένων που απαιτούν άμεση δράση.

Η βασική αρχή του ETIS ήταν να υποστηρίξει τη διαμόρφωση ευρωπαϊκής πολιτικής, χρησιμοποιώντας μια ανοικτή δομή που έπρεπε να ήταν συμπληρωματική (και συνεπής, όπου αυτό θα ήταν εφικτό) αυτής που χρησιμοποιούνταν από τα εθνικά πληροφοριακά συστήματα. Το σύστημα αυτό θα έπρεπε να έχει τη δυνατότητα χειρισμού νέων στατιστικών εννοιών, όπως οι αλυσίδες μεταφορών, οι κοινές κατηγορίες απαιτήσεων προϊόντων με ίδιες υλικοτεχνικές, οι δείκτες επιδόσεων για την ποιότητα των μεταφορών, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα περιβαλλοντικά σημεία ενδιαφέροντος, οι διάδρομοι και τα δίκτυα και η προσβασιμότητα σε περιφέρειες και πόλεις.

Οι πλέον σημαντικές ελλείψεις δεδομένων και οι ανάγκες εναρμόνισης των δεδομένων αφορούσαν:

- Τους κοινωνικούς καθοριστικούς παράγοντες της μεταφοράς
- Τις ροές προέλευσης-προορισμού (origin-destination), ιδίως για τις ροές και τις αλυσίδες μεταφοράς
- Ζητήματα πολυτροπικών μεταφορών
- Υποδομή για δίκτυα μεταφορών
- Δεδομένα σχετικά με τις τιμές και την αξιοπιστία των μεταφορών
- Στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις των μεταφορών στην οικονομία και τη χρήση γης.

Μία πιλοτική βάση δεδομένων δημιουργήθηκε για να καταδειχθεί η σκοπιμότητα του συστήματος ETIS, με επίκεντρο τις μεταφορές εμπορευμάτων κατά μήκος των αλυσίδων μεταφοράς.

2.3.2 MESUDEMO (Σεπτέμβριος 1997 - Αύγουστος 2000)

Σκοπός του προγράμματος αυτού ήταν η κατασκευή ενός συνόλου στατιστικών εργαλείων για την ανάπτυξη μιας ευρωπαϊκής πολιτικής μεταφορών για την αντιμετώπιση διακρατικών προβλημάτων, όπως η περιβαλλοντική ζημία και η συμφόρηση στις περιφερειακές συνδέσεις. Είναι γεγονός ότι τα βασικά δεδομένα συχνά λείπουν, και τα εθνικά σύνολα δεδομένων είναι συχνά μη διαλειτουργικά. Συγκεκριμένα, υπάρχει έλλειψη στοιχείων για τις διεθνείς ροές, τα διευρωπαϊκά δίκτυα, τις νέες υπηρεσίες εφοδιασμού και τις αλυσίδες μεταφορών. Επιπλέον, απαιτούνται εργαλεία λογισμικού για την ανάλυση και τον συνδυασμό των διαθέσιμων δεδομένων ώστε έρθουν σε μορφή χρήσιμη για τη λήψη απόφασης. Ως εκ τούτου, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προωθεί την ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού συστήματος πληροφοριών για την πολιτική μεταφορών (ETIS). Ο στόχος του MESUDEMO ήταν να εντοπίσει και να συστήσει μεθόδους για τη συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών σχετικά με τα δίκτυα μεταφορών και τις ροές αγαθών και επιβατών στο πλαίσιο του ETIS.

Το MESUDEMO πρότεινε μια γενική αρχιτεκτονική και δομή για το ETIS και μια διαδικασία για την ανάπτυξή της. Ένα κρίσιμο συμπέρασμα στο οποίο βασίζονται οι προτεινόμενες μέθοδοι είναι ότι τα δεδομένα μπορούν να παρέχονται καλύτερα σε εθνικό επίπεδο, αλλά τηρούνται από ειδικές ομάδες ειδικών, αντί να αποθηκεύονται σε ένα ενιαίο συγκεντρωτικό σύστημα δεδομένων. Η αρχιτεκτονική των δεδομένων θα πρέπει να βασίζεται στα ερωτήματα πολιτικής (από την κορυφή προς τα κάτω) που πρέπει να αντιμετωπιστούν, ενώ παράλληλα θα λειτουργεί εντός των περιορισμών (από τη βάση προς τα άνω) της διαθεσιμότητας δεδομένων.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος, όπως αυτά αναφέρονται από την επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν τα ακόλουθα:

- Η προτεινόμενη μορφή του ETIS είναι αυτή ενός δικτύου διασυνδεδεμένων συνεργαζόμενων συστημάτων, το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση σε εξωτερικές βάσεις δεδομένων, επεξεργάζεται τα δεδομένα για τη δημιουργία δομημένης βάσης δεδομένων και υποστηρίζει την ανάλυση και την προβολή υποσυνόλων δεδομένων που σχετίζονται με συγκεκριμένα ζητήματα πολιτικής σε περιφερειακό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων και όχι για την εσωτερική οργάνωση του πυρήνα δεδομένων. Θα χρειαστεί να υπάρξει συμφωνία με τα κράτη μέλη σχετικά με ένα μοναδικό και αδιαφισβήτητο σύστημα κωδικοποίησης για τον προσδιορισμό κάθε κόμβου και συνδέσμου του δικτύου στον πυρήνα δεδομένων, αντί να χρησιμοποιούνται μόνο οι γεωγραφικές συντεταγμένες.
- Πιλοτικές μελέτες διαπίστωσαν ότι τα υπάρχοντα εθνικά δεδομένα έχουν μεγάλη διαφοροποίηση για να είναι εναρμονισμένα και πολύ σπάνια για να παρέχουν ευρωπαϊκή κάλυψη σε ικανοποιητικό επίπεδο γεωγραφικής λεπτομέρειας για το ETIS. Επομένως, θα χρειαστεί κάποια προσπάθεια για να ενθαρρυνθούν οι χώρες να εμπλουτίσουν και να προσαρμόσουν τα υπάρχοντα συστήματα συλλογής δεδομένων. Υπάρχουν επίσης προβλήματα με την αντιμετώπιση του εμπιστευτικού χαρακτήρα των δεδομένων των φορέων εκμετάλλευσης. Ωστόσο, οι βάσεις δεδομένων για το εμπόριο και τις μεταφορές αποτέλεσαν αντικείμενο εναρμόνισης με επιτυχία σε ένα εργαλείο επίδειξης που επικεντρώθηκε στην κυκλοφορία μέσω των Άλπεων (Zürichprozess, n.d.).

Το πρόγραμμα MESUDEMO κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η υποστήριξη του ETIS από εθνικούς φορείς είναι απαραίτητη, δεδομένου ότι τα δεδομένα θα συγκεντρωθούν κυρίως σε αυτό το επίπεδο. Ωστόσο, το ETIS θα εξακολουθήσει να έχει να αντιμετωπίσει την ασυμβατότητα των δεδομένων που συγκεντρώνονται για την κάλυψη συγκεκριμένων εθνικών συμφερόντων και, ως εκ τούτου, θα πρέπει να παρέχει μεθοδολογίες για να καθίστανται τα δεδομένα αυτά διαλειτουργικά. Επιπλέον, το ETIS πρέπει να αναπτυχθεί ως ένα σύνολο μεθόδων και ανοικτών και προσαρμοστικών υπολογιστικών εργαλείων ικανών να αντιμετωπίσουν τις αλλαγές στα θέματα πολιτικής, τις τεχνολογίες της πληροφορίας και τη διαθεσιμότητα βάσεων δεδομένων για τις μεταφορές.

Οι προπαρασκευαστικές ενέργειες για το ETIS από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή περιλαμβάνουν τη δημιουργία λεξικού δεδομένων, ορίζοντας ένα βασικό κοινό σύνολο όρων μεταφοράς που αντιστοιχεί στα ζητήματα πολιτικής που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Μία μόνιμη λύση είναι επίσης αναγκαία για τις θεσμικές ρυθμίσεις για τη δημιουργία και τη διατήρηση του ETIS.

2.3.3 CONCERTO (Νοέμβριος 1997 – Σεπτέμβριος 2000)

Η διαδικασία της ενοποίησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η οικονομική ανάπτυξη ενθάρρυναν τη μεταφορά εμπορευμάτων και επιβατών μεταξύ των κρατών-μελών, αυξάνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Ένα ικανό πληροφοριακό εργαλείο σε ευρωπαϊκό επίπεδο κρίθηκε απαραίτητο από τους φορείς χάραξης πολιτικής, ώστε να αναζητηθούν βιώσιμες λύσεις για τις ανάγκες των μεταφορών.

Πολλά ερευνητικά έργα έως τότε συνέβαλαν στην ανάπτυξη του συστήματος ETIS, εστιάζοντας στις εθνικές βάσεις δεδομένων για τις μεταφορές, τον εντοπισμό ελλείψεων σε δεδομένα, τη συλλογή δεδομένων, τον καθορισμό των βασικών εννοιών και των προτύπων για το ETIS και την ανάπτυξη

πιλοτικού πρωτοτύπου. Η διαφορετικότητα των ζητημάτων και η ανάγκη για εξορθολογισμό του σχεδιασμού και του συντονισμού ήταν οι λόγοι για την έναρξη του προγράμματος CONCERTO.

Το CONCERTO αποσκοπούσε να αποτελέσει ένα μόνιμο φόρουμ για την υποστήριξη του προγράμματος ETIS και την παροχή βοήθειας στην Επιτροπή Συντονισμένης Δράσης για τα Πληροφοριακά Συστήματα (Concerted Action Committee on Information System – CAC-IS), την ανταλλαγή των αποτελεσμάτων της έρευνας και την αξιοποίηση του ETIS από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τα κράτη-μέλη, αλλά και τις διάφορες ομάδες χρηστών.

Ειδικότεροι στόχοι του έργου ήταν:

- Να προωθήσει την ανάπτυξη του ETIS με τη συμμετοχή των υπό εξέλιξη ερευνητικών προγραμμάτων στον τομέα των Πληροφοριακών Συστημάτων, των κρατών-μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.
- Να υποστηρίξει και να διευκολύνει τη διασύνδεση των ερευνητικών δραστηριοτήτων για το ETIS με τις επιχειρησιακές ανάγκες σε ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Να προσδιοριστούν οι αναπτυξιακές κατευθυντήριες γραμμές για το ETIS που είναι σε θέση να προβλέπουν τη χάραξη πολιτικής και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Σε επόμενη φάση του έργου, προστέθηκαν και οι ακόλουθοι στόχοι:

- Ανάπτυξη πιλοτικής μελέτης για να καταδειχθεί η ανάγκη και να ελεγχθεί η σκοπιμότητα του ETIS στην περιοχή των Άλπεων.
- Να εκτιμηθούν, με μοντέλα πρόβλεψης, οι επιπτώσεις στις μεταφορές και τις κοινωνικό-οικονομικές δραστηριότητες της διακοπής της λειτουργίας δύο κεντρικών σηράγγων στις Άλπεις, εξ' αιτίας απρόβλεπτων αυτοχημάτων.

Το έργο CONCERTO υπήρξε πραγματικός καταλύτης της διαδικασίας ανάπτυξης του ETIS. Δημιουργήθηκε λεπτομερές ερωτηματολόγιο και διανεμήθηκε στους συντονιστές των ερευνητικών σχεδίων που σχετίζονται με το ETIS για τη συλλογή δεδομένων σύμφωνα με το πλαίσιο ETIS που καθορίστηκε από το πρόγραμμα INFOSTAT. Οι απαντήσεις έχουν μεταφορτωθεί σε μια ειδική βάση δεδομένων.

Στην πιλοτική μελέτη ATIS (ETIS applied to the Alps), τα πολλά αποτελέσματα ερευνητικών έργων ενσωματώθηκαν σε ένα σύστημα που επικεντρώνεται στις εφαρμογές μεταφορών φορτίων (freight transport). Οι προβλέψεις μοντέλων που εκπονήθηκαν κατά τη συγκεκριμένη μελέτη αποδείχθηκαν συνεπείς με τις παρατηρήσεις σχετικά με τους οδικούς άξονες στις Άλπεις, ενισχύοντας την αξιοπιστία του συστήματος προσομοίωσης για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων της χάραξης πολιτικής σε θέματα μεταφορών.

Το CONCERTO δημιούργησε μια μόνιμη πλατφόρμα διαλόγου μεταξύ των υπευθύνων λήψης απόφασης, των ερευνητικών ομάδων και της βιομηχανίας. Ο σημαντικός αριθμός κοινών συναντήσεων που οργανώθηκαν στο πλαίσιο του έργου και το φάσμα των θεμάτων συζήτησης επέτρεψαν στα διάφορα μέρη να εξετάσουν την ανάπτυξη του ETIS από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Αξιολογήθηκαν τα θετικά και τα αρνητικά αποτελέσματα των εξελίξεων του ETIS και εντοπίστηκαν οι συμπληρωματικές συνιστώσες μεταξύ των σχετικών ερευνητικών δραστηριοτήτων. Από τις αναλύσεις προέκυψε ότι τα δυνητικά οφέλη είναι περισσότερα από τα μειονεκτήματα, τόσο για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, όσο και για τα κράτη-μέλη.

Ως αποτέλεσμα των δράσεων διάδοσης και συναντήσεων του CONCERTO, η στάση των πολιτικών ιθυνόντων απέναντι στο ETIS μετακινήθηκε από ένα αφηρημένο και θεωρητικό ενδιαφέρον, σε μία καθοριστική σημασίας λειτουργική ανάγκη. Όλα τα αποτελέσματα του προγράμματος CONCERTO έχουν εγγραφεί για να είναι προσβάσιμα για περαιτέρω εργασία και ενδεχομένως πλήρη υλοποίηση του ETIS στα επόμενα προγράμματα ETIS-BASE, ETIS-LINK και ETIS-AGENT. Ο χρόνος για την υλοποίηση του ETIS έχει ωριμάσει.

2.3.4 MYSTIC (Ιανουάριος 1998 – Σεπτέμβριος 1999)

Προκειμένου να αναπτυχθούν αποτελεσματικές πολιτικές και στρατηγικές στον τομέα των μεταφορών, απαιτούνται αξιόπιστα συστήματα συλλογής δεδομένων και κατάλληλες βάσεις δεδομένων, μοντέλα στατιστικής ανάλυσης και εργαλεία πρόβλεψης για την πρόβλεψη μελλοντικών εξελίξεων. Αυτό είναι απαραίτητο για την αξιολόγηση των αναγκών των υποδομών μεταφορών και για την αξιολόγηση των πιθανών οφελών των δράσεων πολιτικής.

Επί πλέον, οι εταιρείες και οι φορείς που ασχολούνται με τις μεταφορές και τη σχετική υποδομή σε μεταφορικά δίκτυα χρειάζονται πληροφορίες προέλευσης και προορισμού, ώστε να μπορούν να προγραμματίσουν με κατά το δυνατόν μεγαλύτερη σιγουριά την επένδυσή τους σε εγκαταστάσεις, επιχειρήσεις και προώθηση προϊόντων και υπηρεσιών..

Μέχρι πρόσφατα, τα τελωνειακά αρχεία αποτελούσαν μια πηγή δεδομένων για τις μεταφορές εμπορευμάτων για το σκοπό αυτό. Ωστόσο, η πηγή αυτή χάθηκε με την εξαφάνιση των τελωνειακών δασμών μεταξύ των κρατών-μελών της ΕΕ.

Το πρόγραμμα MYSTIC είχε στόχο την ανάπτυξη και δοκιμή μεθοδολογιών για την κατασκευή πινάκων προέλευσης-προορισμού (Origin-Destination matrices – O-D matrices) για τις μεταφορές επιβατών και εμπορευμάτων από τα ήδη διαθέσιμα δεδομένα σε ένα πανευρωπαϊκό επίπεδο και να περιγράψει μια διαδικασία για την ενημέρωση των πινάκων στο μέλλον.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος ήταν τα επόμενα, κυρίως:

Αρχικά, χρησιμοποιώντας πηγές δεδομένων που υπάρχουν σε επτά ευρωπαϊκές χώρες (Δανία, Γαλλία, Γερμανία, Μεγάλη Βρετανία, Νορβηγία, Σουηδία και Φινλανδία) το πρόγραμμα MYSTIC ανέπτυξε και παρουσίασε μια διαδικασία εναρμόνισης των δεδομένων για τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού χάρτη μετακίνησης επιβατών, κυρίως για οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές. Μία μελέτη περίπτωσης στην Αγγλία κατέδειξε πώς τα πλέον αναλυτικά σύνολα δεδομένων μπορούν να συνδυαστούν σε ένα αποθετήριο δεδομένων, ώστε να προκύψουν κατάλληλοι πίνακες μετακίνησης επιβατών, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σχεδίαση μεταφορών.

Μία έρευνα σχετικά με τα συστήματα ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων (Electronic Data Interchange – EDI) κατέδειξε ότι οι πληροφορίες που απαιτούνται για την κατασκευή πινάκων μετακίνησης φορτίου συχνά υπάρχουν στο πληροφοριακό σύστημα κάθε αποστολέα, όμως η αυτοματοποιημένη ανάκτηση δεδομένων από τα συστήματα αυτά θα ήταν επίπονη και χρονοβόρα, αφού δεν υπάρχει τυποποίηση στον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα αυτά τηρούνται στο εκάστοτε σύστημα. Μια άλλη έρευνα των μεταφορέων φορτίων διαπίστωσε ότι αποστολές θα μπορούσαν να εντοπιστούν με επιτυχία από την προέλευση έως τον προορισμό, μέσω κατάλληλων τηλεφωνικών επικοινωνιών σε κάθε σύνδεσμο της αλυσίδας μεταφοράς. Αυτή η μεθοδολογία, η οποία δε χρησιμοποιούνταν έως τότε, επιτρέπει τη δημιουργία πινάκων για κάθε ροή εμπορευμάτων και θα μπορούσε να κλιμακωθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Το πρόγραμμα MYSTIC υπογράμμισε τη σημασία της δημιουργίας μιας οργανωτικής δομής για τη διαχείριση δεδομένων, η οποία διασφαλίζει τα ευαίσθητα δεδομένα, αλλά και την ποιότητα. Για παράδειγμα, στον τομέα των μεταφορών εμπορευμάτων, φαίνεται ότι οι έρευνες μεταξύ των φορτωτών πρέπει να χρηματοδοτούνται από επίσημες υπηρεσίες, δεδομένου ότι οι εταιρείες διστάζουν να ανταποκριθούν σε μη κυβερνητικές πρωτοβουλίες.

Το MYSTIC μετέβαλε την πολιτική της Ευρώπης στον τομέα των μεταφορών, καταδεικνύοντας ότι οι ευρωπαϊκοί πίνακες προέλευσης-προορισμού στη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων θα μπορούσαν να βοηθήσουν τις κυβερνήσεις να σχεδιάσουν αποτελεσματικά τις οικονομικές και μεταφορικές πολιτικές τους. Το MYSTIC επέδειξε σχετικές βιώσιμες μεθοδολογίες.

2.3.5 INDICATORS (Δεκέμβριος 2000 – Μάρτιος 2002)

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμμετείχε σε μία μακροπρόθεσμη αποστολή για τη βελτίωση του Διευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφορών – ΔΕΔ-Μ (Trans-European Network for Transport – TEN-T), ώστε το τελευταίο να λειτουργεί με αποτελεσματικό και απρόσκοπτο τρόπο σε όλες τις περιοχές. Τον Ιούλιο του 1996, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο εξέδωσαν την απόφαση υπ' αριθμ.1692/96/EK σχετικά με τις κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών. Περιλαμβάνονταν κατευθυντήριες γραμμές για τους δρόμους, τους σιδηρόδρομους, τις εσωτερικές πλωτές οδούς, τα αεροδρόμια, τους θαλάσσιους λιμένες, τους λιμένες εσωτερικής ναυσιπλοΐας και τα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας που εξυπηρετούσαν ολόκληρη την ήπειρο, μετέφεραν τον κύριο όγκο της κυκλοφορίας σε μεγάλες αποστάσεις και συνέδεαν τις γεωγραφικές και οικονομικές περιοχές της Ένωσης.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο εξέδωσαν την απόφαση υπ' αριθμ.1346/2001/EK τον Μάιο του 2001 ως τροποποίηση των κατευθυντήριων γραμμών για το TEN-T όσον αφορά τους θαλάσσιους λιμένες, τους λιμένες εσωτερικής ναυσιπλοΐας και τους τερματικούς σταθμούς διατροπικών μεταφορών. Η απόφαση αυτή καθόριζε επίσης λεπτομερώς τα κριτήρια των έργων κοινού ενδιαφέροντος σε σχέση με τις υποδομές αυτές.

Η διεύρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης έφερε στο φως την ανάγκη πρόσβασης και ανάπτυξης υποδομών προτεραιότητας για τις υποψήφιες χώρες/νέα κράτη μέλη. Η πρόθεση της Επιτροπής ήταν να αναθεωρήσει τις κατευθυντήριες γραμμές για τα TEN-T περισσότερο θεμελιωδώς το 2004, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η διεύρυνση και οι αναμενόμενες αλλαγές στις ροές της κυκλοφορίας.

Καθοριστικός παράγοντας για τον συντονισμό της προσπάθειας είναι η γνώση των επιδόσεων του TEN-T. Σε διευρωπαϊκό επίπεδο αυτό μεταφράζεται σε εξέταση όλων των επιπτώσεων της επένδυσης και της χρήσης του δικτύου σε σχέση με τους στόχους της πολιτικής μεταφορών, προκειμένου να παρακολουθούνται οι κατευθυντήριες γραμμές που σχετίζονται με το TEN-T. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να αντικατοπτρίζουν τους στόχους πολιτικής όσον αφορά την περιφερειακή ανάπτυξη και την προσβασιμότητα, καθώς και άλλους παράγοντες όπως η κινητικότητα, η ισορροπία των τρόπων μεταφοράς, το περιβάλλον, η ασφάλεια, η διαλειτουργικότητα και η διατροπικότητα. Τα κράτη μέλη διατηρούν εθνικές στατιστικές βάσεις δεδομένων για την παρακολούθηση της υλοποίησης των υποδομών μεταφορών και την παρακολούθηση της προόδου των εθνικών σχεδίων τους. Τα επίπεδα λεπτομέρειας και εμβέλειας του δικτύου διαφέρουν ανάλογα με το πλαίσιο των μεταφορών και τις προτεραιότητες πολιτικής κάθε χώρας.

Το κεντρικό ζήτημα ήταν να αναπτυχθεί ένα σταθερό πλαισιο βασισμένο στις επιδόσεις, το οποίο θα προσφέρει μια αποδοτική (και αποδεκτή) βάση, επί της οποίας θα μετρηθεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων χάραξης πολιτικής σε επίπεδο διευρωπαϊκού δικτύου. Αυτό που χρειάζεται σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι ένα συνοπτικό σύνολο δεικτών (σε μετρήσιμους τυποποιημένους όρους) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια κλίμακα «στοιχείου δικτύου». Αυτό το σύνολο δεικτών θα πρέπει να αξιολογεί και να παρακολουθεί την απόδοση του δικτύου TEN-T.

Οι στόχοι του προγράμματος INDICATORS περιλάμβαναν τη σύνταξη ενός συνόλου δεικτών που καλύπτουν όλους τους τρόπους (οδικές, σιδηροδρομικές, εσωτερικές πλωτές μεταφορές, αεροδρόμια και θαλάσσια λιμάνια) στο πλαίσιο του Διευρωπαϊκού Δικτύου στην ΕΕ των 15, την Ελβετία και τη Νορβηγία και του δικτύου TINA στις υποψήφιες χώρες (όπως ήταν κατά την εποχή του έργου, δηλαδή τα νέα κράτη μέλη που προσχώρησαν στην ΕΕ το 2004 συν τη Ρουμανία και τη Βουλγαρία). Αυτοί οι δείκτες θα αποτελούσαν ένα πλαίσιο παρακολούθησης της απόδοσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Οι στόχοι του έργου INDICATORS ήταν να μελετηθούν οι τεχνικές, θεσμικές, νομικές και συμβατικές πτυχές που σχετίζονται με τη δημιουργία ενός συνεπούς μηχανισμού παρακολούθησης για την αξιολόγηση της διευρωπαϊκής υποδομής και της ζήτησης.

Σύμφωνα με τον ρόλο της ΕΕ και τις κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές και προτεραιότητες για την ανάπτυξη του Διευρωπαϊκού Δικτύου, οι δείκτες απόδοσης στο σχέδιο INDICATORS εξυπηρετούν στους ακόλουθους ειδικούς τομείς στρατηγικού σχεδιασμού υποδομών και αξιολόγησης:

- Παρακολούθηση του δικτύου (παρακολούθηση της εφαρμογής των κατευθυντήριων γραμμών, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης του δικτύου TEN-T, της ασφάλειας, της κινητικότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων)
- Σχεδίαση μεταφορών (αναθεώρηση των διευρωπαϊκών κατευθυντήριων γραμμών για την εκτίμηση των προτεραιοτήτων και των αναγκών).

Οι δείκτες επιδόσεων που εξετάστηκαν καλύπτουν τα ακόλουθα περιβάλλοντα εφαρμογής:

- Τομέας: Μεταφορές επιβατών, Μεταφορές φορτίων
- Τρόπος: Οδικά (με αυτοκίνητα, λεωφορεία, ή φορτηγά), Σιδηροδρομικά, Αεροπορικά, Μέσω εσωτερικών πλωτών οδών, Θαλάσσια. Εξετάστηκαν και διατροπικές εφαρμογές
- Περιοχή εφαρμογών: Εθνικό δίκτυο μεταφορών και συνδέσεις που αποτελούν μέρος του Διευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων για τις (τότε) υποψήφιες προς ένταξη χώρες.

Οι προσδιορισμένοι δείκτες απόδοσης προσδιορίζονται ποσοτικά στο επίπεδο του δικτύου χωρικών μεταφορών των διαδρόμων, των κύριων τμημάτων (συνδέσμων) και των κόμβων (τερματικών σταθμών) στο δίκτυο TEN-T.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν να ακολουθήθουν οι προδιαγραφές από την τότε ευρωπαϊκή Γενική Διεύθυνση Μεταφορών και Ενέργειας (Directorate-General for Transport and Energy – DG-TREN), η οποία σήμερα έχει μετεξελιχθεί σε Γενική Διεύθυνση Κινητικότητας και Μεταφορών (Directorate-General for Mobility and Transport – DG-MOVE). Οι προδιαγραφές αυτές ζητούσαν την ανάπτυξη ενός πλαισίου παρακολούθησης της απόδοσης λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές, θεσμικές, νομικές και συμβατικές πτυχές για την αξιολόγηση των διευρωπαϊκών μεταφορών. Η προσέγγιση του έργου διαρθρώθηκε γύρω από τα ακόλουθα πέντε καθήκοντα:

1. Ανάπτυξη δεικτών για τη μέτρηση των επιδόσεων των επί μέρους έργων, των διαδρόμων, των προγραμμάτων υποδομής ή του δικτύου. Το καθήκον αυτό περιλάμβανε μια ανασκόπηση της οργάνωσης σε εθνικό επίπεδο για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των δικτύων μεταφορών (με ερωτηματολόγιο για καθεμία από τις 29 χώρες που συμμετείχαν), αξιολόγηση των τρεχουσών διαδικασιών αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται στην Επιτροπή για τα TEN-T, εξέταση των τρεχουσών βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούνται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μια ανασκόπηση της τελευταίας τεχνολογίας σχετικά με τα έργα που χρηματοδοτούνται από την ΕΕ και μια επισκόπηση της πραγματικής οργάνωσης και των διαδικασιών συλλογής δεδομένων για τις τρέχουσες βάσεις δεδομένων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.
2. Λεπτομερής ταξινόμηση, αξιολόγηση και επιλογή δεικτών. Αυτό περιλάμβανε την ταξινόμηση και τον καθορισμό των δεικτών σύμφωνα με τους στόχους πολιτικής, τη συνάφεια, τη συγκρισιμότητα μεταξύ των χωρών και τρόπων μεταφοράς και τις πιθανές χρήσεις, τον χαρακτηρισμό και τον ορισμό τους, τη διαβούλευση με τις εθνικές διοικήσεις και τις ομάδες ενδιαφερομένων και τον καθορισμό λεπτομερών διαδικασιών.
3. Αξιολόγηση της χρησιμότητας των δεικτών μέσω μελετών περιπτώσεων της πράξης. Το καθήκον αυτό περιλάμβανε τον χαρακτηρισμό και τον εντοπισμό των σημείων συμφόρησης στα οδικά και τα σιδηροδρομικά δίκτυα και μια μελέτη περίπτωσης που εφαρμόζει ορισμένους από τους δείκτες στα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα στην περιοχή των Πυρηναίων (Γαλλία / Ισπανία).
4. Μελέτη των λειτουργικών και οργανωτικών πτυχών της χρήσης και της διοίκησης του συστήματος παρακολούθησης. Αυτό περιλάμβανε ανάλυση των δαπανών, των απαιτήσεων εμπειρογνωμοσύνης, της κατάστασης και των θεσμικών σχέσεων, τον καθορισμό ελάχιστων κοινών τεχνικών κανόνων για τη λειτουργία των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) και τον προσδιορισμό των ειδικών διατάξεων που απαιτούνται για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της ανάπτυξης των δικτύων στις προς προσχώρηση χώρες.
5. Βελτίωση του καταλόγου δεικτών και καθορισμός τελικών συστάσεων ενόψει της καθιέρωσης του συστήματος παρακολούθησης.

2.3.6 ETIS-AGENT (Φεβρουάριος 2002 – Μάιος 2006)

Οι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής στον τομέα των μεταφορών χρειάζονται πληροφορίες που θα υποστηρίζουν τις αποφάσεις τους σχετικά με την πιθανότητα εφαρμογής μιας συγκεκριμένης πολιτικής. Αυτές οι πληροφορίες έρχονται με τη μορφή δεικτών απόδοσης και υποστήριξης. Αυτοί οι δείκτες υπολογίζονται συνήθως από την επεξεργασία δεδομένων που υπάρχουν αποθηκευμένα σε διασκορπισμένα, ετερογενή αποθετήρια πληροφορίας, τα οποία καταγράφουν δεδομένα από συναλλαγές ή επιχειρησιακά δεδομένα. Η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει συλλογή, επικύρωση, εναρμόνιση, ομαδοποίηση, ενοποίηση, μετασχηματισμό ή/και εφαρμογή μοντέλων.

Ακόμα και σήμερα δεν υπάρχει συστηματικός τρόπος σύνδεσης των δεικτών με μια συγκεκριμένη πολιτική. Επί πλέον, δεν υπάρχουν περιγραφικές πληροφορίες (μεταδεδομένα) σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο υπολογίστηκαν οι δείκτες, ή ακόμη χειρότερα, οι μεταβλητές που απαιτούνται για τον υπολογισμό των απαιτούμενων δεικτών είναι συχνά μη διαθέσιμες. Επίσης, δεν υπάρχει υποστήριξη βάσει τεχνολογίας πληροφοριών (IT) για την αποθήκευση, ανάκτηση και ανάλυση υπολογιστικών

δεικτών. Ακόμα, ο υπεύθυνος χάραξης πολιτικής δεν διαθέτει εγκαταστάσεις για την προβολή υπολογισμένων δεικτών από διαφορετικές προοπτικές που σχετίζονται με την πολιτική. Τέλος, οι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής δεν έχουν ένα περιβάλλον απεικόνισης για να δουν αυτούς τους υπολογισμένους δείκτες στους χάρτες.

Το συνολικό πρόγραμμα ETIS είχε ως στόχο να αποτελέσει μια ολοκληρωμένη λύση στα προηγούμενα προβλήματα και τους περιορισμούς που έχουν οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στην καθημερινή τους εργασία.

Οι στόχοι του ETIS-Agent ήταν οι ακόλουθοι:

1. Να καθορίσουν και να διατηρήσουν τις συσχετίσεις πολιτικών με ερωτήματα πολιτικής, ερωτήματα πολιτικής με δείκτες απόδοσης και δείκτες απόδοσης με τους αντίστοιχους δείκτες που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό τους.
2. Να επιτρέψει στον υπεύθυνο χάραξης πολιτικής να αξιολογήσει τη μεθοδολογία υπολογισμού που ακολουθήθηκε για την παραγωγή ορισμών και τιμών δεικτών.
3. Να επιτρέψει στον υπεύθυνο χάραξης πολιτικής να διατυπώνει και να εκτελεί ερωτήματα σχετικά με τις επιδόσεις και τους δείκτες που αφορούν συγκεκριμένες πολιτικές.
4. Να επιτρέψει στον υπεύθυνο χάραξης πολιτικής να αναλύσει τα αποτελέσματα των ερωτημάτων σχετικά με τις επιδόσεις που σχετίζονται με συγκεκριμένες πολιτικές και να αντίστοιχους δείκτες από διαφορετικές προοπτικές που σχετίζονται με την πολιτική, πραγματοποιώντας Αναλυτικές Διαδικασίες σε Απευθείας Σύνδεση με το σύστημα (On-Line Analytical Processing – OLAP).
5. Υποστήριξη της απεικόνισης των αποτελεσμάτων των ερωτημάτων σχετικά με τις επιδόσεις που σχετίζονται με την πολιτική και των αντιστοίχων δεικτών σε πίνακες, γραφήματα ή / και στο GIS.

Για την επίτευξη των στόχων, το ETIS-Agent διαρθρώθηκε ως έργο «αποθήκευσης δεδομένων» στον τομέα των μεταφορών. Το ETIS-Agent αποτελούνταν από τρία στοιχεία:

- την ενσωμάτωση δεδομένων
- την αποθήκευση δεδομένων
- το περιβάλλον διεπαφής (front-end).

Η ενσωμάτωση δεδομένων αναφέρεται σε εκείνες τις διαδικασίες, μέσω των οποίων ενσωματώνονται δεδομένα κίνησης ή εκμετάλλευσης (π.χ. οδικά τέλη) που είναι αποθηκευμένα σε διεσπαρμένες, ετερογενείς πηγές δεδομένων για την παραγωγή δεικτών που σχετίζονται με την πολιτική. Αυτές οι διαδικασίες αναφέρονται στη συλλογή, την επικύρωση, την εναρμόνιση, την ενοποίηση, την ενοποίηση, τη μετατροπή ή/και την εφαρμογή μοντέλων σε αυτά τα απομακρυσμένα δεδομένα. Επιπλέον, η ενσωμάτωση δεδομένων περιλαμβάνει τη φόρτωση των σχετικών με την πολιτική δεικτών στην αποθήκευση δεδομένων ως έγγραφα XML.

Η αποθήκευση δεδομένων περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα αποθετήρια δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των μεταβλητών και των σχετικών με την πολιτική δεικτών που παράγονται από την ενσωμάτωση δεδομένων. Οι δείκτες αποθηκεύονται στην αποθήκη δεδομένων ως πολυδιάστατες δομές (κύβοι δεδομένων). Μια πολυδιάστατη δομή επιτρέπει στον υπεύθυνο χάραξης πολιτικής να βλέπει έναν δείκτη από μια σειρά πολιτικών προοπτικών.

Εννοιολογικά, ο δείκτης αποθηκεύεται ως σύνολο χαρακτηριστικών που μπορούν να προβληθούν κατά μήκος μιας ή περισσότερων διαστάσεων. Για παράδειγμα, ο δείκτης απόδοσης "% της εμπορευματικής κίνησης" είναι ένας κύβος δεδομένων, ο οποίος μπορεί να προβληθεί κατά μήκος των ακόλουθων τρόπων ή διαστάσεων: δρόμος, αέρας, χρόνος. Οι πιθανές διαστάσεις προβολής εξαρτώνται προφανώς από τη διαθεσιμότητα των αντίστοιχων υποκείμενων δεδομένων. Η αποθήκευση δεδομένων περιλαμβάνει ένα χώρο αποθήκευσης που περιέχει μεταδεδομένα σχετικά με τομείς πολιτικής, ερωτήσεις πολιτικής, επιδόσεις και υποστηρικτικούς δείκτες και πληροφορίες σχετικά με τις σχετικές μεθόδους υπολογισμού.

Το Front-End περιβάλλον παρέχει μια ξεχωριστή διεπαφή για την πρόσβαση, τον υπολογισμό και την απεικόνιση δεικτών που σχετίζονται με την πολιτική και των μεταδεδομένων τους. Μέσω αυτού του περιβάλλοντος, ο υπεύθυνος χάραξης πολιτικής θα είναι σε θέση:

- Να εκτελεί αναζήτηση και επεξεργασία μεταδεδομένων που μπορεί να αφορούν από συγκεκριμένη πολιτική έως δείκτες.
- Να έχει πρόσβαση σε δείκτες και να εφαρμόζει απευθείας λειτουργικές αναλύσεις (OLAP)
- Να εμφανίζει τις ανακτημένες ενδείξεις με τους ακόλουθους τρόπους:
 - Πινακοποιημένη προβολή, η οποία, όπως είναι εμφανές που θα παρουσιάζει τα αποτελέσματα των ερωτημάτων σε μορφή πίνακα.
 - Γραφική προβολή, που θα παρουσιάζει τα ανακτημένα δεδομένα σε γραφική μορφή (π.χ. γραφήματα γραμμών)
 - GIS προβολή, η οποία θα επιτρέπει την εμφάνιση γεωγραφικών αποτελεσμάτων ερωτημάτων σε χάρτες.

Το πρόγραμμα ETIS-Agent (σε συντονισμό με τα έργα ETIS-BASE και ETIS-LINK), ήταν ένα πιλοτικό πρόγραμμα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε όλη την ανάπτυξη του συστήματος, από την ανάλυση των αναγκών έως την επικύρωση του συστήματος. Ο ορισμός του πιλοτικού προγράμματος περιλάμβανε την επιλογή ενός κατάλληλου τομέα προβλημάτων μεταφοράς μαζί με τον προσδιορισμό και την επιλογή των απαιτούμενων δεδομένων, δεικτών, πηγών δεδομένων, εργαλείων κ.τ.λ. Ο καθορισμός του πιλοτικού προγράμματος βασίστηκε σε έρευνα και ανάλυση διαθέσιμων μελετών, μοντέλων, πηγές δεδομένων.

Το ETIS-Agent προσπάθησε να προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση στα τρέχοντα προβλήματα και περιορισμούς που έχουν οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στην καθημερινή τους εργασία. Στην υπηρεσία ETIS, κάθε πολιτική συνδέεται με μια σειρά πολιτικών ερωτήσεων. Στη συνέχεια, κάθε ερώτημα πολιτικής συνδέεται με συγκεκριμένους δείκτες απόδοσης. Αυτοί οι δείκτες απόδοσης υπολογίζονται ή ορίζονται από διάφορους δείκτες υποστήριξης. Όλες αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται σε ένα ενοποιημένο χώρο αποθήκευσης, ο οποίος ενημερώνεται μέσω αυτόματων διαδικασιών, όπου αυτό είναι δυνατό, αλλιώς μέσω εμπειρογνωμόνων. Ο ETIS-Agent επιτρέπει στον υπεύθυνο χάραξης πολιτικής να αξιολογήσει τη μεθοδολογία υπολογισμού που ακολουθήθηκε για την παραγωγή των ορισμών και των τιμών των δεικτών. Ο υπεύθυνος χάραξης πολιτικής θα είναι σε θέση να διατυπώνει και να εκτελεί ερωτήματα σχετικά με τις επιδόσεις που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη πολιτική και να υποστηρίζει δείκτες και να βλέπει αυτούς τους υπολογιζόμενους δείκτες από διαφορετικές προοπτικές που σχετίζονται με την πολιτική. Τέλος, ο υπεύθυνος χάραξης πολιτικής θα είναι σε θέση να απεικονίσει τις ανακτημένες πληροφορίες σε πίνακες, γραφήματα ή/και GIS.

Το πιλοτικό σύστημα ήταν διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.agilis-sa.gr/Etis/>. Τα κράτη μέλη της ΕΕ μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το σύστημα ETIS Agent προκειμένου να φορτώσουν τα δικά τους δεδομένα μεταφοράς και να στηρίξουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

2.3.7 ETIS-LINK (Αύγουστος 2002 – Ιούλιος 2005)

Όσον αφορά τις μεταφορές, η ελεύθερη ροή αγαθών και ανθρώπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση συνεπάγεται την ανάγκη να εξεταστεί ρητά και να συμπεριληφθεί η ευρωπαϊκή διάσταση στον προγραμματισμό, την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των μεταφορών σε όλα τα επίπεδα - σε ευρωπαϊκό, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.

Η ευρωπαϊκή διάσταση είναι σημαντική διότι τόσο η υλοποίηση όσο και η υλοποίηση των οφελών που επιτυγχάνονται μέσω μέτρων πολιτικής είναι δυνατή μόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Για παράδειγμα, η ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών (ΔΕΔ-Μ) απαιτεί συνεργασία μεταξύ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και των κρατών μελών, μεταξύ διαφόρων επιπέδων διακυβέρνησης (ευρωπαϊκής, εθνικής, περιφερειακής και τοπικής) και μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών αρχών.

Η εξέταση της ευρωπαϊκής διάστασης απαιτεί συνεκτικά δεδομένα σχετικά με τη ροή αγαθών και ανθρώπων, τα οποία καλύπτουν όλα τα κράτη μέλη και τα δυνητικά νέα κράτη μέλη. Οι προηγούμενες εργασίες που υποστηρίχθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπογράμμισαν την ανάγκη για μια πανευρωπαϊκή βάση δεδομένων και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει η αξιολόγηση μιας πολιτικής χωρίς μια τέτοια βάση δεδομένων.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό, η Επιτροπή δρομολόγησε ένα σύνολο σχεδίων για την ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού συστήματος πληροφοριών για τις μεταφορές (ETIS).

Δεδομένης της ανάγκης για ένα εργαλείο υποστήριξης των υπευθύνων χάραξης πολιτικής, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε τρία έργα στο πλαίσιο του ETIS.

Αυτά τα προγράμματα, ETIS-BASE, ETIS-AGENT και ETIS-LINK, είχαν ως στόχο να προτείνουν τις μεθόδους και τα εργαλεία για την ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού συστήματος πληροφοριών για την πολιτική μεταφορών.

Το έργο είχε σκοπό να καταδείξει τις εφαρμογές του συστήματος μέσω της ανάπτυξης ενός πιλοτικού συστήματος που θα υποστηρίζει τις πολιτικές που σχετίζονται με την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών. Αυτό το πιλοτικό σύστημα επρόκειτο να αποτελείται από μια βάση δεδομένων αναφοράς (που αναπτύχθηκε από την ETIS-BASE) και μια διασύνδεση συστήματος (που αναπτύχθηκε από την ETIS-AGENT) ικανή να παρέχει πληροφορίες σχετικά με ένα σύνολο επιλεγμένων δεικτών μεταφοράς για τους διαδρόμους ΔΕΔ.

Ένα πλήρες ETIS πρέπει να παρέχει:

- Στοιχεία και πληροφορίες που καλύπτουν την ΕΕ των 25 χωρών
- Ένα συνεπές και πλήρες σύνολο δεδομένων
- Μεταδεδομένα

- Εργαλεία για την πρόσβαση, την ανάκτηση και τη χρήση αυτών των δεδομένων και πληροφοριών
- Έτοιμη πρόσβαση στους πιο σημαντικούς δείκτες παρακολούθησης ορισμένων πολιτικών.

Στο πλαίσιο αυτό, ο ρόλος του προγράμματος ETIS-LINK ήταν να καθοδηγεί και να κατευθύνει την ανάπτυξη του συστήματος και να προάγει την έννοια του ETIS σε πιθανούς χρήστες. Ταυτόχρονα, έπρεπε να συμβάλει στην εξασφάλιση της ποιότητας και της χρησιμότητας του συστήματος, στην ομαλή και ταχεία συναίνεση των εμπλεκομένων μερών και στην αποτελεσματική ανανέωση των αποτελεσμάτων από την Επιτροπή, τα κράτη μέλη και άλλους χρήστες.

Το ETIS LINK συνέδραμε βοηθώντας την διευθύνουσα επιτροπή, συντονίζοντας τις εξελίξεις των τριών έργων ETIS, διοργανώνοντας διασκέψεις και εργαστήρια και διαδίδοντας τα αποτελέσματα του έργου.

Το ETIS-LINK θα έπρεπε να:

- διοργανώνει και υποστηρίζει μια ανεξάρτητη εξωτερική διευθύνουσα ομάδα που κατευθύνει στρατηγικά την ανάπτυξη του ETIS.
- υποστηρίζει την ανάπτυξη της βάσης δεδομένων του ETIS, τη διασύνδεση του ETIS και ενσωματώνει το έργο άλλων έργων του ETIS.
- περιλαμβάνει τους πιθανούς χρήστες του ETIS στη διαδικασία ανάπτυξης, προσελκύοντάς τους από τις δυνατότητές του, προσπαθώντας να διασφαλίσει ότι οι ανάγκες τους λαμβάνονται υπόψη και συνεργαζόμενοι με μια ομάδα χρηστών να δοκιμάζουν το σύστημα.
- επικεντρώνεται σε θέματα που αφορούν την υλοποίηση και τη βιωσιμότητα του ETIS, τα οποία δεν αντιμετωπίζονται από τους προγραμματιστές (π.χ. νομικά, οικονομικά, οργανωτικά και θέματα συντήρησης).

Στην πράξη αυτό περιλαμβανε, μεταξύ άλλων, τον συντονισμό των τριών έργων ETIS, την υποστήριξη της διευθύνουσας ομάδας, τη διοργάνωση διασκέψεων και εργαστήριων και τη διάδοση των αποτελεσμάτων του σχεδίου σε ενημερωτικά δελτία και στην αρχική σελίδα του σχεδίου (www.etislink.info).

Το αποτέλεσμα του προγράμματος αυτού ήταν το πιλοτικό πρόγραμμα ETIS, το οποίο παρουσιάστηκε στο Τελικό Συνέδριο του προγράμματος τον Ιούλιο του 2015. Το πιλοτικό αυτό πρόγραμμα επικεντρώθηκε στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών (ΔΕΔ-Μ) και περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- μια βάση δεδομένων αναφοράς με δείκτες, μεταβλητές δεδομένων και μεταδεδομένα ·
- ένα περιβάλλον λογισμικού για την πρόσβαση, την ανάλυση, τη λήψη και την οπτικοποίηση δεδομένων.
- μια μεθοδολογία για την ενημέρωση των δεδομένων και την κατασκευή δεικτών ·
- κατευθυντήριες γραμμές για την εναρμόνιση και επικύρωση δεδομένων που συλλέγονται από διαφορετικούς παρόχους, τα οποία συχνά ακολουθούν διαφορετικές υποκείμενες μεθόδους.

Το τελικό πρόγραμμα κατέδειξε τη σκοπιμότητα του ETIS, υποστηρίζοντας ταυτόχρονα τη χάραξη της πολιτικής μεταφορών σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Το έργο κατάφερε να προσελκύσει πολλά κράτη μέλη (Γερμανία, Ουγγαρία, Ολλανδία, Πολωνία, Ισπανία, Γαλλία, Τσεχία κλπ.), τα οποία δήλωσαν το ενδιαφέρον τους να αποκτήσουν πρόσβαση στο ETIS και να το εφαρμόσουν για τις δικές τους ανάγκες.

Προκειμένου να εκμεταλλευτούμε πλήρως τα οφέλη αυτού του συστήματος και να προχωρήσουμε προς την κατεύθυνση του οράματος ETIS, απαιτείται ένα οργανωτικό και θεσμικό πλαίσιο για τη λειτουργία, την ενημέρωση και την επέκταση του πιλότου ETIS. Υπάρχουν διάφορα θέματα που σχετίζονται με αυτό το πλαίσιο, όπως: πού πρέπει να είναι το ETIS; Πρέπει να φιλοξενηθεί το ETIS εντός ή εκτός των θεσμικών οργάνων της ΕΕ (π.χ. EUROSTAT, Ευρωπαϊκός Οργανισμός); Ποιο επίπεδο εξυπηρέτησης πρέπει να προσφέρεται; Πρέπει η Επιτροπή να παράσχει κατάρτιση χρηστών για την επέκταση των δυνατοτήτων του τρέχοντος ETIS;

Η υιοθέτηση του πιλοτικού προγράμματος από τις εθνικές διοικήσεις είναι καθοριστική για ένα επιτυχημένο και βιώσιμο μέλλον του ETIS, όχι μόνο επειδή αυτό θα βοηθούσε στην εξοικείωση των δυνητικών χρηστών με το σύστημα, αλλά και επειδή οι εθνικοί φορείς είναι σημαντικοί δυνητικοί πάροχοι δεδομένων. την ποσότητα, την ποιότητα και την ανταπόκριση στο χρόνο των πληροφοριών που περιλαμβάνονται στην ETIS.

Η ΕΕ πρέπει να καθιερώσει μια διαδικασία τακτικής ενημέρωσης και συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας των δεδομένων. Αυτό θα απαιτήσει υποστήριξη από τα δεδομένα που προβλέπει ως τώρα, η παροχή δεδομένων στην ETIS είναι εθελοντική, κατά συνέπεια θα πρέπει να παρέχονται κίνητρα. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου θα μπορούσε να δημιουργηθεί νομική βάση για την παροχή δεδομένων στην ETIS.

Οι περαιτέρω βελτιώσεις του συστήματος πρέπει να ενσωματωθούν σταδιακά ώστε να εξελιχθεί ο πιλότος σε ένα πλήρες εργαλείο υποστήριξης για τον στρατηγικό σχεδιασμό των μεταφορών. μεταξύ άλλων, η συμπερίληψη μοντέλων και η αυτοματοποίηση της ενημέρωσης θα πρέπει να εξεταστούν στο πλαίσιο αυτό.

Το πιλοτικό ETIS είναι ένα πολύπλοκο σύστημα εμπειρογνωμόνων, ώστε να βελτιστοποιηθεί η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του όσον αφορά το περιεχόμενο και το λογισμικό, ο χρήστης πρέπει να είναι επαρκώς εκπαιδευμένος. Ως εκ τούτου, η ΕΚ πρέπει να παρέχει μια τέτοια κατάρτιση τόσο στους εσωτερικούς χρήστες όσο και στους χρήστες των κρατών μελών.

2.3.8 ETIS-BASE (Δεκέμβριος 2002 - Αύγουστος 2005)

Το ETIS-BASE οργανώθηκε στο πλαίσιο της δεύτερης βασικής δράσης του πέμπτου προγράμματος-πλαισίου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «Βιώσιμη κινητικότητα και διατροπικότητα», στόχος 2.1 «Κοινωνικοοικονομικά σενάρια για την κινητικότητα ανθρώπων και αγαθών» και στόχος 2.1.1 /9, «Ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού συστήματος πληροφοριών για την πολιτική μεταφορών (ETIS) ως βάση για τον προγραμματισμό των μεταφορών και τη χάραξη πολιτικής». Άλλα τμήματα της εργασίας καλύπτονται από τα ETIS-LINK (εργαλείο προώθησης) και ETIS-AGENT (εργαλείο λογισμικού).

Τα χαρακτηριστικά των τρεχουσών πολιτικών που ενδεχομένως αξιολογούνται από το ETIS αποτελούν κατευθυντήρια γραμμή για το είδος των πληροφοριών που πρέπει να παρέχει η βάση δεδομένων αναφοράς. Τέτοιες πληροφορίες, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν:

- Μέτρηση της έκτασης του κοινοτικού ενδιαφέροντος των έργων υποδομής και άλλων έργων.

- Αντιμετώπιση της διεύρυνσης της ΕΕ.
- Αντιμετώπιση τμημάτων ή διαδρόμων που αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα συμφόρησης.
- Το σχεδιασμό νέας υποδομής.

Οι στόχοι της βάσης δεδομένων αναφοράς του ETIS είναι:

- Η συμβολή του στην οικοδόμηση μιας συναίνεσης όσον αφορά το σύνολο δεδομένων πανευρωπαϊκών μοντέλων αναφοράς για τις μεταφορές.
- Η ανάπτυξη μιας ανοικτής μεθοδολογίας για τη δημιουργία μιας έκδοσης ενός τέτοιου συνόλου από τις υπάρχουσες διεθνείς και εθνικές πηγές.
- Μία πρώτη σύνταξη του συνόλου δεδομένων με την εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθοδολογίας, ως μια νέα on-line βάση δεδομένων.

Κατά την έναρξη του έργου αποφασίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ότι στο πλαίσιο του έργου αυτού οι εργασίες θα πρέπει να επικεντρωθούν στα ακόλουθα:

- Στην ανάπτυξη ενός ETIS για τις πολιτικές TEN-T.
- Σε διαδικασίες και δεδομένα απαραίτητα για την παρακολούθηση των διαδρόμων TEN-T.
- Στη γεωγραφική εμβέλεια, που πρέπει να προσαρμοστεί για τα επερχόμενα 10 νέα μέλη.
- Το ευρωπαϊκό πεδίο εφαρμογής του PAN πρέπει να καθοριστεί κατά μήκος των γεωγραφικών ημισφαιρίων.
- Ο βαθμός λεπτομέρειας γενικά μπορεί να μειωθεί.
- Τα αποτελέσματα πρέπει να είναι διαθέσιμα για περαιτέρω χρήση στο πλαίσιο του συστήματος GETIS.
- Τα καθήκοντα και οι αρμοδιότητες εργασίας πρέπει να προσαρμοστούν αναφορικά με τη νέα εστίαση και τον περιορισμένο προϋπολογισμό.

Το πρόγραμμα εργασίας του ETIS-BASE ακολούθησε τέσσερεις φάσεις:

- Φάση 0: Έρευνα στο τεχνολογικό και ερευνητικό προσκήνιο (state-of-the-art). Εδώ συνελλέγει και ταξινομήθηκε όλα το διαθέσιμο υλικό από τα προηγούμενα έργα.
- Φάση 1: Ανάπτυξη μιας επαναχρησιμοποιούμενης μεθοδολογίας για τη δημιουργία συνόλων δεδομένων από γνωστές και διαθέσιμες πηγές.
- Φάση 2: Φάση δοκιμής του ETIS σε επιλεγμένους διαδρόμους
- Φάση 3: Πιλοτική έκδοση του ETIS.

Στη φάση 0, η οποία οριστικοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2003 και έχει αναφερθεί στο παραδοτέο D2, έχουν αναφερθεί τα ακόλουθα κύρια αποτελέσματα:

- Πολιτικές TEN-T
- Δείκτες απόδοσης

- Σχετικοί δείκτες που απαιτούνται για τον υπολογισμό των δεικτών απόδοσης
- Μοντέλα και τις απαιτούμενες εισόδους τους

Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί τη βάση για τον προσδιορισμό των αναγκών δεδομένων του ETIS.

Η διαδικασία συγκέντρωσης και εναρμόνισης των δεδομένων σχετικά με το TEN-T είναι πολύπλοκη και η πιλοτική βάση δεδομένων αναφοράς ETIS αποτελεί μόνο την αρχή αυτής της διαδικασίας. Για τον λόγο αυτό αναφέρεται επίσης ως «πιλοτική» βάση δεδομένων αναφοράς και όχι ως τελικό προϊόν. Ομοίως, οι μέθοδοι και τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στις εξελίξεις της βάσης δεδομένων αναφοράς δεν πρέπει να θεωρούνται τελικά, αλλά αναγνωρίζονται ότι χρειάζονται συνεχή προσαρμογή, βελτίωση και επέκταση.

Αυτή η συνεχής βελτίωση είναι αναγκαία εξαιτίας της μεταβαλλόμενης κατάστασης όσον αφορά τόσο τη διαθεσιμότητα των δεδομένων όσο και τις ανάγκες πληροφόρησης των διαφόρων χρηστών σε υπερεθνικό, εθνικό και υποεθνικό επίπεδο του ευρωπαϊκού συστήματος μεταφορών.

Η ολοκλήρωση του πιλοτικού προγράμματος ETIS είναι η ολοκλήρωση μιας μακράς διαδικασίας. Η βάση δεδομένων είναι το πρώτο από αποτέλεσμα και η επίδειξη της σκοπιμότητας της ιδέας πίσω από την ETIS. Στα τέλη της δεκαετίας του '70, από την αρχή της δεκαετίας του '80, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, που εκπροσωπούσε τότε 9 χώρες, ξεκίνησε διαγωνισμό για την πρόβλεψη των μεταφορικών ροών αγαθών σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα του 2010. Παράλληλα, ο ΟΟΣΑ διαχειρίστηκε τη διάσημη μελέτη COST33, η οποία ήταν η πρώτη απόπειρα επίτευξης προβλέψεων επιβατών σε ευρωπαϊκή κλίμακα. Αυτό που χαρακτήρισε τις δύο μελέτες ήταν οι τεράστιες προσπάθειες που καταβλήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη ζήτηση μεταφορών ειδικότερα και για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων αναφοράς.

Οι προσπάθειες που καταβλήθηκαν για τη συγκέντρωση των πληροφοριών ήταν τεράστιες, σε σύγκριση με αυτό που ακολούθησε: μια πλήρης έρευνα σε ευρωπαϊκό επίπεδο για τους επιβάτες και μια πολύ λεπτομερή συλλογή δεδομένων από τα κράτη μέλη και η EUROSTAT, η στατιστική υπηρεσία της ΕΕ. Οι πόροι που δαπανήθηκαν ήταν τέτοιοι και τα εμπόδια που έπρεπε να κερδηθούν τόσο μεγάλα, ότι η Επιτροπή δεν ασχολήθηκε ποτέ με τέτοιες προσπάθειες.

Ωστόσο, οι ανάγκες για τέτοια δεδομένα δεν έχουν εξαφανιστεί, ισχύει, μάλιστα, το ακριβώς αντίθετο. Επίσης, υπάρχει, πλέον σχετική γνώση και εμπειρία από αυτή την πρώτη προσπάθεια.

2.3.9 TRANSTOOLS (Οκτώβριος 2004 – Σεπτέμβριος 2006)

Το περιβάλλον πολιτικής αλλάζει, ιδίως λόγω της παγκοσμιοποίησης (αυξανόμενη κινητικότητα ανθρώπων και αγαθών), της αυξανόμενης σημασίας της οικονομίας της γνώσης, των υψηλών τιμών ενέργειας και της νέας Ευρώπης (των περισσοτέρων από 25 κρατών-μελών). Τα σενάρια μεταφορών και άλλα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των επιπτώσεων των προτάσεων πολιτικής θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη όλες αυτές τις πρόσφατες και αναδυόμενες τάσεις. Τα μοντέλα του ευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών παρουσιάζουν ελλείψεις.

Οι κυριότερες ελλείψεις είναι:

- η μη ικανοποιητική εκπροσώπηση του συνδυασμού κίνησης (μικρής/μεγάλης απόστασης και εμπορευμάτων/επιβατών)

- η (μερικώς) ελλείπουσα παρουσία της διατροπικότητας σε μοντέλα
- οι διαφορές στην εφαρμογή του ετήσιου μοντέλου προέλευσης-προορισμού για τη μεταφορά εμπορευμάτων σε ορισμένα μοντέλα .
- ο ξεπερασμένος για τα σύγχρονα δεδομένα χαρακτήρας ορισμένων μοντέλων.
- η ανυπαρξία σύνδεσης μοντέλων μεταφορών με βάση το δίκτυο με κοινωνικοοικονομικά αποτελέσματα και εξωτερικές επιπτώσεις.

Το TRANS-TOOLS στόχευε στην παραγωγή ενός ευρωπαϊκού μοντέλου δικτύου μεταφορών που θα καλύπτει τόσο επιβάτες όσο και εμπορευματικές μεταφορές, καθώς και διατροπικές μεταφορές, οι οποίες θα εξουδετερώσουν τις ελλείψεις των υφιστάμενων ευρωπαϊκών μοντέλων δικτύων μεταφορών. Ο στόχος του σχεδίου ήταν να αξιοποιηθεί η εμπειρία των υφιστάμενων μοντέλων μεταφορών και να εφαρμοστούν ορισμένες βελτιώσεις που θα αποτελέσουν τη βάση για την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μέσου στήριξης πολιτικής για τις μεταφορές σε επίπεδο ΕΕ.

Ως αποτέλεσμα, το μοντέλο TRANS-TOOLS αναμενόταν να περιλαμβάνει τις ακόλουθες καινοτομίες:

- νέα δημιουργία ενός μοντέλου ζήτησης/προσφοράς .
- διατροπικότητα των μεταφορών επιβατών/εμπορευμάτων (καθώς οι εθνικές και οι ευρωπαϊκές πολιτικές μεταφορών στοχεύουν στην προώθηση της διατροπικότητας μέσω διαφόρων μέτρων)
- ενσωμάτωση των διηπειρωτικών ροών (κυρίως για τις εμπορευματικές μεταφορές), καθώς ορισμένα μοντέλα δεν καλύπτουν αυτό το τμήμα
- πλήρης κάλυψη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (προσχωρούσες χώρες και χώρες στα σύνορα της διευρυμένης Ευρωπαϊκής Ένωσης)
- ενσωμάτωση των νέων κρατών μελών σε επίπεδο παρόμοιο με εκείνο της ΕΕ των 15
- (δεδομένου ότι το ζήτημα των έμμεσων επιπτώσεων στην οικονομία και στο επίπεδο του δικτύου είναι σημαντικό, ιδίως όταν οι επενδύσεις έχουν ουσιαστική επιρροή - ιδίως για τις υπό ένταξη χώρες)
- ρητή συμπερίληψη της εφοδιαστικής/εμπορευματικής αλυσίδας μεταφοράς
- ζεύξη με την τοπική κυκλοφορία, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η επίδραση της συμφόρησης στην κυκλοφορία μεγάλων αποστάσεων
- πρόσβαση σε όλες τις σχετικές εμπειρίες σχετικά με τη μοντελοποίηση σε επίπεδο ΕΕ και σε εθνικό επίπεδο
- κατασκευή εργαλείου λογισμικού μοντελοποίησης σε επίπεδο δικτύου

Στόχος, λοιπόν, ήταν να αναπτυχθεί ένα ευρωπαϊκό μοντέλο μεταφορών με βάση το δίκτυο, ξεκινώντας από τις ιδέες που ενσωματώθηκαν στην εμπειρία μοντελοποίησης των εταίρων της κοινοπραξίας. Ορισμένα χαρακτηριστικά των σημερινών μοντέλων της ΕΕ προστέθηκαν, λαμβάνοντας υπόψη ότι ενώ το μοντέλο δεν μπορούσε να είναι ένα εργαλείο για κάθε σκοπό. Η επιλογή των χαρακτηριστικών του μοντέλου έπρεπε να βασίζεται στις ανάγκες πολιτικής που αντιμετωπίζει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ήταν ήδη ξεκάθαρο ότι η προσέγγιση μοντέλου SCENES θα παρείχε καλές προτάσεις για την αντιμετώπιση της μεταφοράς επιβατών και την αλληλεπίδραση της

τοπικής και υπεραστικής κυκλοφορίας. Το δίκτυο μεταφοράς VACLAV θα αποτελούσε κατάλληλη βάση για την ανάπτυξη ενός αποδοτικού μοντέλου αποστολής μεταφοράς. Επιπλέον, η NEAC θα παρείχε τις πληροφορίες για τη σωστή περιγραφή των εμπορευματικών μεταφορών και το μοντέλο SCENES θα αποτελούσε αναφορά για τη μεταχείριση των διατροπικών μεταφορών. Τέλος, το μοντέλο SLAM επικεντρώθηκε στην εφοδιαστική.

Δεδομένου ότι στην Ευρώπη αναμένονταν διαφορετικά μοντέλα διαφορετικών επιλογών και διαφορετικών ρυθμίσεων για τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας (IPR), ήταν χρήσιμο να κατασκευαστεί ένα μέσο χωρίς δικαιώματα ιδιοκτησίας με βάση τις καλύτερες διαθέσιμες γνώσεις.

Η TRANSTOOLS ανέπτυξε το μεγαλύτερο και πιο ολοκληρωμένο μοντέλο ευρωπαϊκών μεταφορών όσον αφορά τις καλυπτόμενες χώρες, τον καλυπτόμενο πληθυσμό και τη γεωγραφική κλίμακα. Καλύπτει όλες τις μορφές (αυτοκίνητα, φορτηγά, τρένα, κανάλια, θαλάσσια πλοία και αεροπορικές μεταφορές) καθώς και τις μεταφορές εμπορευμάτων και επιβατών. Επί πλέον, το μοντέλο είναι ελεύθερο και γενικά διαθέσιμο για τα πνευματικά δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας (IPR), αν και απαιτεί την εκτέλεση του ArcGIS και του TRAFFIC ANALYST.

Το μοντέλο ενσωμάτωσε τα έως τότε υπάρχοντα μοντέλα σε ένα νέο μοντέλο που συνυπολογίζει τις πολυπλοκότητες των ροών εμπορευματικών και επιβατικών μεταφορών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, προκειμένου να είναι σε θέση να εκτιμήσει τα μεγάλης κλίμακας ζητήματα πολιτικής που εγείρει το δύσκολο περιβάλλον μιας διευρυμένης Ευρώπης. Αυτό το νέο εργαλείο μοντελοποίησης είχε το ETIS ως τη βάση για την αξιολόγηση των επιδόσεων των μεταφορών. Οι βασικές ενότητες του μοντέλου TRANSTOOLS ήταν:

- Η Μονάδα για τη Ζήτηση Φορτίου TRANSTOOLS (Freight Demand Module), η οποία αποτελούνταν από τις ακόλουθες υποενότητες:
 - Η Μονάδα Εμπορίου TRANSTOOLS (Trade Module), η οποία χρησιμοποιούσε τον πίνακα προέλευσης-προορισμού για τη μεταφορά εμπορευμάτων ETIS. Παρήγαγε προβλέψεις με τη μορφή O-D πίνακα για τις εμπορευματικές μεταφορές, περιλαμβανομένης της περιφέρειας προέλευσης, των περιοχών μεταφορτώσεων και της περιοχής προορισμού.
 - Η Μονάδα Διαχωρισμού Μέσων TRANSTOOLS (Modal Split Module) για εμπορευματικές μεταφορές με βάση το μοντέλο της NEAC. Ρύθμιζε τη σταθερή κατανομή των μοντέλων που προέκυπταν από το εμπορικό μοντέλο. Το αποτέλεσμα ήταν ένας πίνακας εμπορευματικών μεταφορών για το ETIS (O-D πίνακας, συμπεριλαμβανομένης της διάσπασης των προβλεπόμενων τρόπων μεταφοράς).
 - Η μονάδα Logistics TRANSTOOLS. Με βάση το μοντέλο SLAM, το οποίο ήταν προσαρτημένο στο μοντέλο SCENES, γινόταν αξιολόγηση των επιπτώσεων των αλλαγών στα συστήματα logistics και μεταφορών εντός της Ευρώπης στα χωρικά πρότυπα των ροών εμπορευματικών μεταφορών μέσω αλλαγών στον αριθμό και τον τόπο των αποθηκών για τη διανομή εμπορεύματα. Τα αποτελέσματα ήταν μεταφορικοί πίνακες που χρησιμοποιούνταν από την Μονάδα Εκχώρησης και το γενικευμένο και νομισματικό κόστος ανά προέλευση, προορισμό και τύπο εμπορευμάτων που χρησιμοποιούνταν από την ΕΕ.
- Η Μονάδα Ζήτησης Επιβατών TRANSTOOLS (Passenger Demand Module), η οποία διαμόρφωνε τη μεταφορά επιβατών σε ευρωπαϊκό επίπεδο, εστιάζοντας στα μοντέλα μεταφοράς SCENES, VACLAV και ASTRA. Η έξοδος της μονάδας αυτής προς τη Μονάδα

Εκχώρησης ήταν μήτρες μεταφοράς Ο-Δ επιβατών σε επίπεδο NUTS3, όσον αφορά τον αριθμό επιβατών ανά μέσο και προορισμού ταξιδιού, καθώς και τον αριθμό οχημάτων. Το αποτέλεσμα ήταν ένας πίνακας του επιπέδου των παρεχόμενων υπηρεσιών με γενικευμένο κόστος ανά σχέση Ο-Δ.

- Η Μονάδα Οικονομικών TRANSTOOLS (Economic Module).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρέπει να γνωρίζει τις δυνατότητες του μοντέλου και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να ενσωματωθεί στην ανάλυση πολιτικής.

Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του μοντέλου εξαρτάται από την ακρίβεια των πληροφοριών σχετικά με το έτος βάσης και το έτος πρόβλεψης, οι οποίες πρέπει να ενημερώνονται συχνά. Θα πρέπει να συσταθεί ομάδα χρηστών με εκπροσώπους της Επιτροπής και των κρατών μελών.

Ο σχετικός ιστότοπος πρέπει να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο για τη διάδοση των αποτελεσμάτων του έργου. Θα πρέπει να συμβάλει στη δημιουργία μιας κοινότητας μοντέλων. Επιπλέον, η δημιουργία ενός Helpdesk θα ενίσχυε τη χρήση του μοντέλου TRANSTOOLS.

Απαιτήσεις δεδομένων του μοντέλου TRANSTOOLS συνδέονται με το ETIS. Η ενημέρωση πρέπει αναφέρεται στην τεκμηρίωση ETIS-LINK και ETIS-BASE. Τα στοιχεία της ροής των επιβατών του ETIS έχουν χρησιμοποιηθεί για τη βαθμονόμηση του μοντέλου. Συνιστάται να πραγματοποιείται νέα βαθμονόμηση ανά πενταετία, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα ενημέρωσης του ETIS.

Το μοντέλο TRANSTOOLS βασίζεται στην εφαρμογή ανάλυσης μεταφορικών δικτύων TRAFFIC ANALYST, η οποία βοηθά να καταστούν σαφείς οι σχέσεις μεταξύ των διαφόρων μοντέλων. Στο TRANSTOOLS μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα νέες έννοιες μοντελοποίησης, εφόσον ακολουθείται η μορφή των αρχείων δεδομένων.

Μελετήθηκε η δυνατότητα βελτιστοποίησης των κωδικών λογισμικού και των ροών δεδομένων, προκειμένου να μειωθούν οι χρόνοι λειτουργίας (επί του παρόντος χρειάζονται περίπου 3 ημέρες για να εκτελεστεί το μοντέλο σε πλήρη λεπτομέρεια), καθώς και η βελτίωση της ευχρηστίας του μοντέλου για τον χρήστη.

Η τελική μορφή του μοντέλου TRANSTOOLS μπορεί να βελτιωθεί με την επέκταση του δικτύου, την εκτίμηση για ενδοκοινοτική κυκλοφορία, την παροχή συνδέσμων με άλλα μοντέλα (π.χ. ενεργειακά μοντέλα, περιβαλλοντικά μοντέλα κ.λπ.), συμπεριλαμβανομένων των γειτονικών χωρών (κοντά στην Ευρώπη), βελτίωση της μοντελοποίησης των εναέριων και θαλάσσιων συμπεριλαμβανομένων των εμπορευματοκιβωτίων, ενισχύοντας τους δεσμούς με τα εθνικά μοντέλα, καθιστώντας τις παραμέτρους του μοντέλου μεταβλητές από τους χρήστες. Είναι επίσης σημαντικό να ελέγχονται οι πίνακες και η συνοχή των δεδομένων της EUROSTAT. Ορισμένες από τις βελτιώσεις και τις επεκτάσεις θα αντιμετωπιστούν από τα προγράμματα I-TREN, WORLDNET και REFIT.

2.3.10 ETIS-PLUS (Σεπτέμβριος 2009 – Απρίλιος 2012)

Το ETISPLUS σχεδιάστηκε για να αξιοποιήσει τα δυνατά σημεία του έργου ETIS και να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

Καταρχήν, οι στόχοι δεν έχουν αλλάξει, αλλά απαιτείται μεγαλύτερη έμφαση στη διαδικασία διαχείρισης της γνώσης και στις θεσμικές ρυθμίσεις, ως προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της βάσης γνώσεων του ETISPLUS.

Μεθοδολογία:

Οι ακόλουθες εργασίες (καινοτομίες και επεκτάσεις) πραγματοποιήθηκαν:

- Μια σημαντική καινοτομία ήταν η χρήση έξυπνων συστημάτων μεταφορών για την παροχή δεδομένων.
- Μια άλλη σημαντική καινοτομία ήταν η ανάπτυξη επιχειρηματικού μοντέλου προκειμένου να καταστεί το σύστημα αυτόνομο.
- Μια σημαντική επέκταση ήταν η επέκταση του γεωγραφικού πεδίου εφαρμογής. Αυτό περιλάμβανε λεπτομερέστερα τα δύο τελευταία κράτη μέλη. Οι χώρες που προσχώρησαν και οι γειτονικές χώρες χωρίστηκαν σε ζώνες και τα δίκτυα ήταν λεπτομερή.
- Η σημερινή κατάσταση της συλλογής δεδομένων στα νέα κράτη μέλη και στις γειτονικές χώρες καταδεικνύει ότι τα διαθέσιμα δεδομένα δεν είναι συγκρίσιμα με τα δεδομένα από παλαιότερα κράτη μέλη. Χρησιμοποιήθηκαν αποτελεσματικές και αποδοτικές μέθοδοι για την βελτίωση της ποιότητας των υφιστάμενων και των νέων βάσεων δεδομένων.
- Μια άλλη επέκταση ήταν η συμπερίληψη περισσότερων δεδομένων σε μεταβλητές που επηρεάζουν τις μεταφορές και δεδομένα σχετικά με τις επιπτώσεις (συνέπειες) των μεταφορών. Οι σύνδεσμοι με ιδιωτικές βάσεις δεδομένων δοκιμάστηκαν.
- Τα υφιστάμενα και νέα δεδομένα καθορίστηκαν σε ένα πλαίσιο δεδομένων.
- Ορίστηκε ως έτος βάσης της παρούσας βάσης δεδομένων ETIS το 2000. Τα έτη 2005 και 2008 προστέθηκαν ως νέα έτη αναφοράς.
- Τα δεδομένα σχετικά με τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων στην τρέχουσα βάση δεδομένων ETIS περιορίζονται στις διαπεριφερειακές μεταφορές. Τα αποτελέσματα αυτά δεν αντιστοιχούν σε αυτά που παρουσίασε η EUROSTAT. Με την εισαγωγή δεδομένων σχετικά με τις ενδοπεριφερειακές μεταφορές το κενό ήταν κλειστό.
- Έγινε προσπάθεια αντιμετώπισης των τεχνικών προκλήσεων, όσον αφορά τη στρατηγική υλοποίησης.
- Έγινε εισαγωγή μιας ειδικής διαδικασίας επικύρωσης δεδομένων. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως εσωτερική διαδικασία ελέγχου ποιότητας.
- Δόθηκε εμφαση στην συμμετοχή και τη δέσμευση των ενδιαφερόμενων μερών.

Οι φορείς χάραξης πολιτικής μεταφορών χρειάζονται δεδομένα υψηλής ποιότητας για την υποστήριξη μοντέλων, μεθοδολογιών αξιολόγησης και πλαισίων δεικτών. Οι πληροφορίες πρέπει να ενσωματωθούν σε μια συνεπή πηγή δεδομένων, ώστε να αποφευχθούν προβλήματα ερμηνείας δεδομένων που προκύπτουν από τις ετερογενείς μεθοδολογίες που σχετίζονται με τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων.

Το έργο ETIS-PLUS οδήγησε στην ιδέα μιας κοινής βάσης δεδομένων για τις μεταφορές. Πρόκειται για ένα πληροφοριακό σύστημα, με ένα διαδικτυακό περιβάλλον. Παρέχει μια ενιαία πύλη για την πρόσβαση στη βάση δεδομένων και για την εύρεση σχεδίων και δεδομένων που σχετίζονται με την τεκμηρίωση. Επέφερε καινοτομία αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα που προκύπτει από τις ετερογενείς μεθοδολογίες που σχετίζονται με διάφορες πηγές δεδομένων.

Οι Ευρωπαίοι Δημιουργοί Πολιτικής Μεταφορών έχουν πλέον μια ενιαία πύλη για την πρόσβαση σε δεδομένα, την εύρεση σχεδίων και συναφών εγγράφων. Αυτό τους παρέχει καλά και συνεπή δεδομένα για τη μοντελοποίηση, την αξιολόγηση των μετρήσεων κ.τ.λ.

2.3.11 TRANSTOOLS 3 (Μάρτιος 2011 – Φεβρουάριος 2014)

Το TRANSTOOLS (εδώ αναφέρεται ως «ΤΤ») είναι ένα μοντέλο του ευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών. Οι διάφορες υπηρεσίες της Επιτροπής που ασχολούνται με θέματα μεταφορών, συμφώνησαν να χρησιμοποιήσουν το TRANSTOOLS ως το βασικό μοντέλο για την ανάλυση των πολιτικών.

Ο στόχος αυτού του έργου (TRANSTOOLS3) ήταν η αναβάθμιση και η περαιτέρω ανάπτυξη του υφιστάμενου μοντέλου TRANSTOOLS (TT2), σε ένα νέο και βελτιωμένο ευρωπαϊκό μοντέλο ζήτησης και δικτύου μεταφορών («ΤΤ3»).

Το έργο αποσκοπούσε στη βελτίωση της μεθοδολογικής βάσης του TRANSTOOLS, στη βελτίωση και την επικύρωση της βάσης δεδομένων του, στην αντιμετώπιση των γνωστών ελλείψεων του υφιστάμενου μοντέλου (TT2), στην ταχύτερη και αποδοτικότερη χρήση του λογισμικού και στην εστίαση στις ανάγκες των χρηστών, επικύρωση.

Το έργο ανέπτυξε το TT3 ως ένα έγκυρο φιλικό προς το χρήστη μοντέλο που θα παρέχει στους φορείς χάραξης πολιτικής ένα εργαλείο αξιολόγησης και ανάπτυξης καλύτερων πολιτικών μεταφορών. Το τελικό μοντέλο του TT3 θα είναι δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας ελεύθερα, όσο το δυνατόν περισσότερο, και πιο ανοιχτά από το παρόν μοντέλο.

Το μοντέλο ενημερώθηκε στο έτος βάσης 2010, με βάση τα δεδομένα ETISPLUS. Το επίπεδο λεπτομέρειας όσον αφορά τις ενότητες σιδηροδρομικών, θαλάσσιων και εναέριων μεταφορών αυξήθηκε. Στόχος είναι να αναλυθούν καλύτερα τα ζητήματα κόστους, η χωρητικότητα και οι εξωτερικές επιπτώσεις των μεταφορών. Το μοντέλο αξιολόγησης των επιπτώσεων βελτιώθηκε.

Μέσα στους πρώτους 18 μήνες του έργου, οι συμμετέχοντες στο TRANSTOOLS 3 επικεντρώθηκαν στα εξής:

- Δημιουργία δομών, συστημάτων και διαδικασιών συντονισμού των έργων για την εξασφάλιση της ορθής εκτέλεσης του πλαισίου του έργου.
- Ανάπτυξη του συνολικού σχεδιασμού του μοντέλου καθώς και των υπομοντέλων.
- Προετοιμασία δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της εξειδίκευσης των αναγκών σε δεδομένα, καθώς και διευκρίνιση της πρόσβασης σε επαρκή δεδομένα επαρκούς ποιότητας.
- Επικύρωση δεδομένων για την εξασφάλιση επαρκούς ποιότητας δεδομένων βασικών μοντέλων.
- Βασική ανάπτυξη λογισμικού υπομοντέλων.

Τα ακόλουθα επίσημα παραδοτέα έχουν ολοκληρωθεί και εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή:

- (D3.1) Κατευθυντήρια γραμμή για διαμορφώσεις μοντέλων
- (D5.1) Σημείωση με τις προδιαγραφές για το ETIS +

Η τεκμηρίωση του σχεδίου διεπαφής χρήστη (D3.2) υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αναμένει την έγκρισή της.

Το έργο επικύρωσε δεδομένα σχετικά με τη μεταφορά από το ETIS+ και συγκέντρωσε δεδομένα από άλλες πηγές, συγκέντρωσε και συγχώνευσε τα στοιχεία αυτά σε μια ενοποιημένη βάση δεδομένων που περιγράφει τις μεταφορές στην Ευρώπη. Αυτό παρέχει γενικές γνώσεις σχετικά με τις μεταφορές στην Ευρώπη. Όλα τα δεδομένα θα είναι διαθέσιμα σε ελεύθερο μορφότυπο πνευματικής ιδιοκτησίας, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν - όχι μόνο στη DG MOVE - αλλά και στα κράτη μέλη, τους οργανισμούς μεταφορών, τις ΜΚΟ κ.λπ.

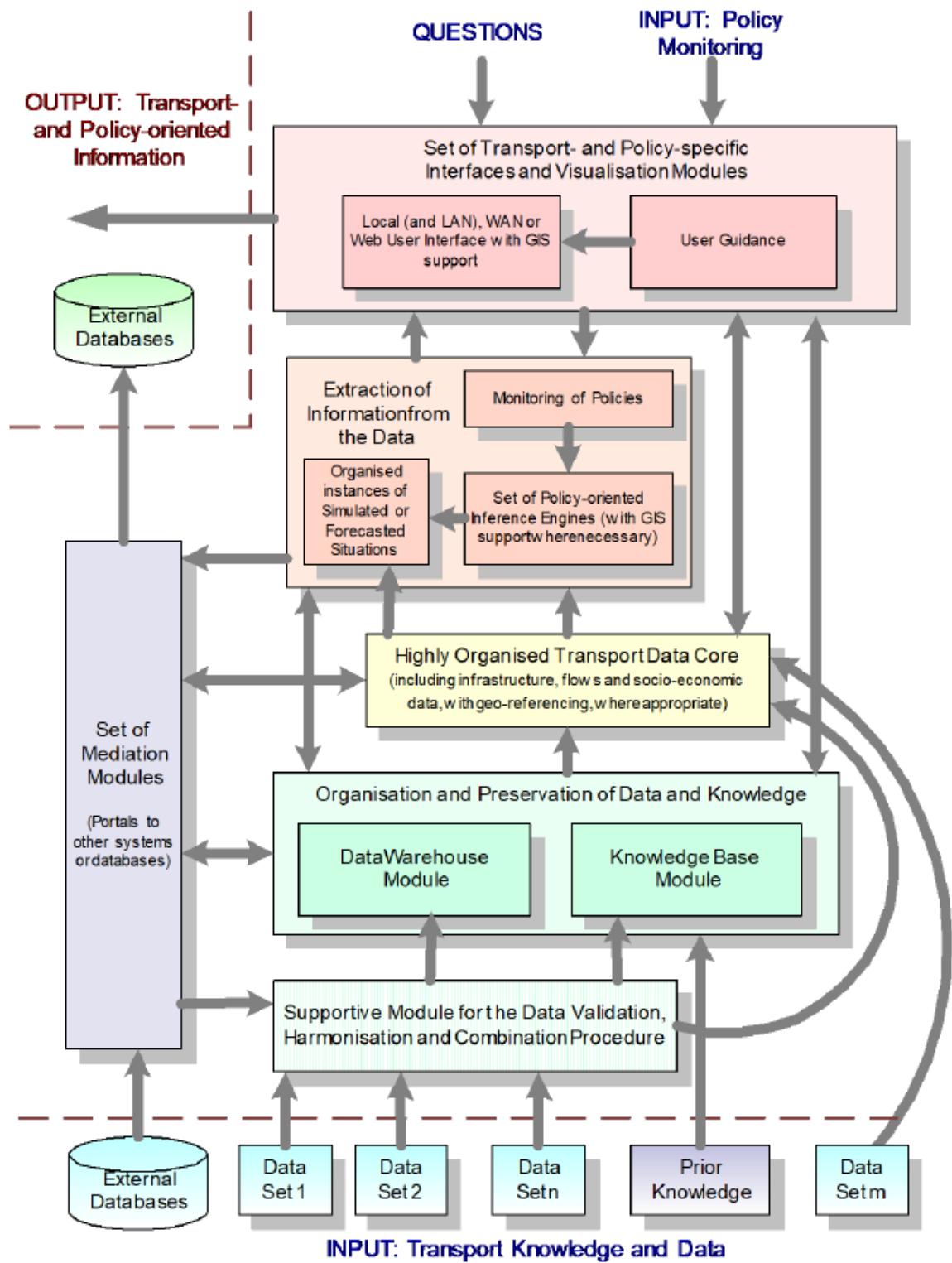
Το ΤΤ3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της συνολικής ευρωπαϊκής πολιτικής μεταφορών, της ενέργειας ή/και των δημοσιονομικών/οικονομικών πολιτικών με επίκεντρο τον τομέα των μεταφορών, καθώς και την αξιολόγηση των έργων ΔΕΔ και άλλων έργων υποδομής.

Το ΤΤ3 μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση μεγάλων εθνικών και διαπεριφερειακών έργων πέραν του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών.

Τέλος, το ΤΤ3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο των εθνικών μοντέλων μεταφοράς - σε περιπτώσεις / χώρες όπου δεν υπάρχει εθνικό μοντέλο, ως βάση για την ανάπτυξη.

2.4 Η γενική αρχιτεκτονική ενός επιθυμητού ETIS

Σύμφωνα με τους ειδικούς σε θέματα του τομέα των Μεταφορών (Koukoutsis, Koukoutsis, Papaodysseus, Moschovou, & Ballis, 2004), ένα σύστημα παρόμοιας κλίμακας και σκοπού με αυτή του προγράμματος ETIS πρέπει να κατασκευάζεται με την αρχιτεκτονική που παρουσιάζεται στην ακόλουθη Εικόνα 2-1.



Εικόνα 2-1: Η γενική αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος ETIS, όπως παρουσιάστηκε στην τελική του μορφή στο πρόγραμμα ETIS-AGENT.

Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική αυτή, τα δεδομένα εισέρχονται στο σύστημα μετά από διαδικασίες επικύρωσης, εναρμόνισης και πράξεων, εάν αυτό είναι απαραίτητο. Στη συνέχεια οργανώνονται σε μονάδες αποθήκευσης ή είναι είσοδοι μονάδων προς τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος. Στην καρδιά του πληροφοριακού συστήματος βρίσκεται ένας υψηλά οργανωμένος πυρήνας δεδομένων.

Ανάλογα με την εφαρμογή (ή την πολιτική) που εφαρμόζεται, με την καθοδήγηση του χρήστη, μέσω μια διαδικτυακής πλατφόρμας εξάγονται τα δεδομένα που είναι αναγκαία για την εφαρμογή αυτή και διατίθενται στο χρήστη είτε διαδικτυακά, είτε αποθηκεύονται σε εξωτερικές βάσεις που αφορούν στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σχήμα αυτό, με γαλάζιο χρώμα σημειώνονται συμβατικές δομές δεδομένων, με διαβαθμίσεις του πράσινου χρώματος παρουσιάζονται πλέον χαλαρότερες δομές δεδομένων (loosely organized data), ενώ με κίτρινο χρώμα σημειώνονται τα υποσυστήματα με πολύ υψηλή οργάνωση των πυρήνων δεδομένων τους (highly organized data cores). Τα υποσυστήματα με διαβαθμίσεις του κόκκινου είναι οι πλέον σημαντικότερες δομές για τη λειτουργία του συστήματος και αυτές με τις οποίες έρχεται σε επαφή ο χρήστης.

Πρέπει να επισημανθεί ότι το μοντέλο στην Εικόνα 2-1 έχει ελεγχθεί και επιβεβαιωθεί από διεθνείς ομάδες ειδικών του Τομέα των Μεταφορών, αλλά και ειδικών σε Πληροφοριακά Συστήματα από όλη των Ευρώπη. Συνεπώς, είναι βέβαιο ότι αφενός η οργάνωση αυτή αποτελεί μία καλή αρχή, αφετέρου είναι ορθές οι ροές των δεδομένων στα υποσυστήματα του συγκεκριμένου μοντέλου.

2.5 Σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία

Στην παρούσα υποενότητα θα παρουσιαστούν με συντομία όλα τα σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστεί το εργαλείο ArcGIS, το οποίο αποτέλεσε τη βασική πλατφόρμα GIS για την παράσταση, την επεξεργασία, τις γεωγραφικές και λογικές πράξεις που έγιναν στα δεδομένα, καθώς το βασικό μέσο για τη δημιουργία των απαραίτητων εργαλείων αλλά και ολόκληρων εφαρμογών. Χωρίς, όμως, το σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων του Microsoft SQL Server, οι προηγούμενες εργασίες δε θα ήταν εφικτές. Έτσι, στη συνέχεια παρουσιάζονται σχετικά τέτοια συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, καθώς και καινούρια σχετικά εργαλεία, η χρήση των οποίων θα μπορούσε να αυξήσει τις δυνατότητες των παρόντων συστημάτων. Τέλος, παρουσιάζεται πολύ συνοπτικά και η προτιμηθείσα γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου Python για τέτοιου είδους εφαρμογές.

2.5.1 Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (Geographic Information Systems – GIS)

Το κυριότερο εργαλείο που έπρεπε να επιλεγεί ήταν η πλατφόρμα GIS, η οποία θα ήταν καταλληλότερη για την υποστήριξη όλης της επί μέρους φόρτωσης, ανάλυσης, επεξεργασίας και παράστασης γεωγραφικών και άλλων συσχετισμένων με γεωγραφία ή/και γεωγραφικές συντεταγμένες δεδομένων. Η τελική επιλογή ήταν η πλατφόρμα ArcGIS της ESRI, για λόγους που θα γίνουν εμφανείς ευθύς αμέσως.

2.5.1.1 Τα σύγχρονα, διαθέσιμα εργαλεία GIS

Ως Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας ή GIS (Geographic information system, 2018) ορίζεται ένα σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα ΣΓΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη", το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περιληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο).

Τα συστήματα GIS, όπως και τα συστήματα CAD, αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό ή χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των ΣΓΠ είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως ονομασία, πληθυσμός κλπ.

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΓΠΣ) είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή χωρικά (spatial) και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά.

Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την λειτουργία αυτή βασίζεται:

- Είτε στο σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.
- Είτε στο αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = "δρόμος", όνομα = "Σταδίου", γεωμετρία = "[X1,Y1],[X2,Y2]...", πλάτος = "15μέτρα").

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των GIS (integrated GIS concept) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και τον μηχανικό εξοπλισμό, όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό, που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια GIS.

Τα πιο διαδεδομένα τέτοια συστήματα σήμερα, είναι μεταξύ άλλων τα ακόλουθα:

- **GIS Εργαλεία Ανοικτού Κώδικα (Steiniger & Bocher, 2009)**

Τα επόμενα εργαλεία ανοικτού κώδικα για desktop εφαρμογές:

- GRASS GIS – Αναπτύχθηκε αρχικά για τον Σώμα Μηχανικών του στρατού των ΗΠΑ. Είναι ένα πλήρες GIS σύστημα.
- gvSIG – Γραμμένο σε Java, εκτελείται σε Linux, Unix, Mac OS X και Windows.
- ILWIS (Integrated Land and Water Information System) – Ενσωματώνει δεδομένα από εικόνες, διανύσματα και άλλη σχετική πληροφορία.
- JUMP GIS / OpenJUMP ((Open) Java Unified Mapping Platform) – Όλα τα συστήματα desktop εφαρμογών OpenJUMP, SkyJUMP, deeJUMP και Kosmo προέκυψαν από το αρχικό σύστημα JUMP.
- MapWindow GIS – Δωρεάν εφαρμογή και προγραμματιστικό εργαλείο.
- QGIS (πρότερα γνωστό ως Quantum GIS) – Εκτελείται σε Linux, Unix, Mac OS X, Windows.
- SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analysis) – Ένα υβριδικό λογισμικό GIS. Έχει μια μοναδική Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογής (Application Programming Interface – API) και ένα σύνολο γεωεπιστημονικών μεθόδων που αυξάνεται συνεχώς, μαζί με μονάδες φορητών βιβλιοθηκών .
- uDig – Διατίθεται ο πηγαίος κώδικας καθώς και μία μονάδα API.

Εκτός αυτών, υπάρχουν και εργαλεία GIS ανοικτού κώδικα:

- Capaware – Μια πλατφόρμα 3D GIS γραμμένη σε C++, η οποία διαθέτει μία αρχιτεκτονική πολλαπλών συνδέσεων μονάδων κώδικα για γεωγραφική γραφική ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων.
- FalconView – Ένα σύστημα χαρτογράφησης, κατασκευασμένο από το Ίδρυμα Ερευνών “Georgia Tech Research Institute” για Windows. Μία δωρεάν, ανοικτού κώδικα έκδοση είναι διαθέσιμη.
- Kalypso – Χρησιμοποιεί Java και GML3. Εστιάζει κυρίως στις αριθμητικές προσομοιώσεις για τη διαχείριση υδάτινων πόρων.
- TerraView – Χειρίζεται διανυσματικά και πινακοποιημένα δεδομένα, που είναι αποθηκευμένα σε σχεσιακές ή γεωσυσχετισμένες βάσεις δεδομένων.
- Whitebox GAT – Δωρεάν και ανοικτού κώδικα λογισμικό GIS.

Διαδικτυακοί Διακομιστές Χαρτών (Internet Map Servers)

- GeoServer – Γραμμένος σε Java στηρίζεται στα GeoTools. Επιτρέπει στους χρήστες να μοιράζονται και να τροποποιούν γεωχωρικά δεδομένα.
- MapGuide Open Source – Εκτελείται σε Linux ή Windows, υποστηρίζει Apache και IIS Web Servers και έχει APIs (PHP, .NET, Java, και JavaScript) για την ανάπτυξη σχετικών εφαρμογών.
- Mapnik – Βιβλιοθήκη C++/Python για την παράσταση γεωχωρικών δεδομένων. Χρησιμοποιείται από το OpenStreetMap.
- MapServer – Γραμμένο σε C. Ανεπτυγμένο από το Πανεπιστήμιο της Μινεσότα.

Συστήματα διαχείρισης χωρικών βάσεων δεδομένων (Spatial database management systems):

- PostGIS – Γεωχωρικές επεκτάσεις για την ανοικτού κώδικα βάση δεδομένων PostgreSQL, οι οποίες επιτρέπουν γεωχωρικά ερωτήματα.
- SpatiaLite – Γεωχωρικές επεκτάσεις για την ανοικτού κώδικα βάση δεδομένων SQLite, οι οποίες επιτρέπουν γεωχωρικά ερωτήματα.
- TerraLib – Παρέχει προηγμένες λειτουργίες ανάλυσης GIS.

Πλατφόρμες λογισμικού και βιβλιοθήκες προγραμματισμού (για διαδικτυακές εφαρμογές):

- GeoBase (Telogis GIS software) – Γεωχωρικό χαρτογραφικό λογισμικό, το οποίο παρέχει διάφορες λειτουργίες, όπως την αναζήτηση με βάση τη διεύθυνση, τη χαρτογράφηση, την επιλογή διαδρομών και την πλοιήγηση. Είναι κατάλληλο για περιβάλλοντα εργασίας με υψηλές απαιτήσεις.
- OpenLayers – Ανοικτού κώδικα βιβλιοθήκης AJAX για την προσπέλαση γεωγραφικών δεδομένων κάθε είδους, με αρχική ανάπτυξη και χορηγία της εταιρείας MetaCarta.
- Leafletjs – Βιβλιοθήκη ανοικτού κώδικα σε JavaScript για τη δημιουργία διαδραστικών χαρτών για κινητές συσκευές.
- Cesium – Μία βιβλιοθήκη ανοικτού κώδικα σε JavaScript για 3D απεικονίσεις και χάρτες

Πλατφόρμες λογισμικού και βιβλιοθήκες (για τοπικά εκτελέσιμες εφαρμογές):

- GeoTools – Εργαλειοθήκη ανοικτού κώδικα γραμμένη σε Java, χρησιμοποιώντας τις προδιαγραφές του Open Geospatial Consortium.
- GDAL / OGR
- Orfeo toolbox

Εφαρμογές καταλόγου για γεωχωρικά αναφερόμενους πόρους:

- GeoNetwork opensource – Εφαρμογή καταλόγου για την διαχείριση γεωχωρικά αναφερόμενων πόρων.
- pycsw – Το pycsw είναι ένας OGC CSW διακομιστής γραμμένος σε Python.

Άλλα εργαλεία:

- Chameleon – Περιβάλλοντα για τη δημιουργία εφαρμογών με χρήση ενός MapServer.
- MapPoint – Μια τεχνολογία (“MapPoint Web Service”, παλαιότερα γνωστή ως MapPoint .NET) και ένα σχετικό πρόγραμμα που αναπτύχθηκε από τη Microsoft που επιτρέπει στους χρήστες να δουν, να τροποποιήσουν και να ενσωματώσουν χάρτες. Η υποστήριξη του MapPoint διακόπηκε στις 31/12/2014.

• Εμπορικές Εφαρμογές και Εργαλεία GIS

Σχεδόν όλες οι επόμενες μεγάλες εταιρείες παρέχουν εφαρμογές για Desktop GIS και Web Map Servers:

- Autodesk – Προϊόντα που διασυνδέονται με τη ναυαρχίδα της, δηλαδή το πακέτο λογισμικού AutoCAD περιλαμβάνουν το Map 3D, το Topobase, και το MapGuide.

- Bentley Systems – Προϊόντα που διασυνδέονται με τη ναυαρχίδα της, δηλαδή το πακέτο λογισμικού MicroStation περιλαμβάνου τα Bentley Map και Bentley Map View.
- ENVI – Χρησιμοποιείται για ανάλυση εικόνων, εκμετάλλευση και υπερφασματική ανάλυση.
- AGINE από την εταιρεία ERDAS Inc – Τα προϊόντας του περιλαμβάνουν το Leica Photogrammetry Suite, το ERDAS ER Mapper, το ERDAS ECW/JP2 SDK (ECW (μορφή αρχείου)) που χρησιμοποιείται από σχεδόν όλη τη χαρτογραφική κοινότητα (GIS, Remote Sensing, Photogrammetry, and image compression), καθώς και το ERDAS APOLLO.
- Esri – Με προϊόντα όπως τα ArcMap, ArcGIS, ArcSDE, ArcIMS, ArcWeb services και ArcGIS Server. Θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε αυτά στην ακόλουθη Ενότητα 2.5.1.2.
- Intergraph – Οι εφαρμογές του περιλαμβάνουν τα G/Technology, GeoMedia, GeoMedia Professional, GeoMedia WebMap.
- MapInfo από την εταιρεία λογισμικού Pitney Bowes Software – Το ισχυρό desktop GIS MapInfo Professional είναι ενισχυμένο με πολλά plug-ins, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται το MapInfo Drivetime για ανάλυση διαδρομών, το MapInfo Engage 3D για 3D και στατιστική ανάλυση, το MapInfo MapMarker για γεωσυσχετισμένη κωδικοποίηση.
- Smallworld – Αναπτύχθηκε στο Cambridge (από την εταιρεία Smallworld, Inc.) και αγοράστηκε από την General Electric.

Αλλά και μικρότερες εταιρείες όπως:

- Cadcorp – (Cadcorp SIS, GeognoSIS, mSIS).
- Caliper – (Maptitude, TransModeler και TransCAD).
- Conform από την GameSim.
- Dragon/ips.
- Geosoft.
- GeoTime.
- Global Mapper.
- Golden Software.
- Kongsberg Gallium Ltd.
- MapDotNet.
- Manifold System.
- CitySurf Globe.
- Netcad.
- RegioGraph από την GfK GeoMarketing.
- RemoteView από Overwatch.

- SuperMap Inc.
- TerrSet (πρότερα γνωστή ως IDRISI).
- TNTmips από την Microlimages.

Πολλοί πάροχοι προσφέρουν διαδικτυακές υπηρεσίες GIS αντί για ολόκληρο πακέτο λογισμικού. Οι υπηρεσίες αυτές, οι οποίες μπορεί να είναι δωρεάν, επιχορηγούμενες ή συνδρομητικές, διαχωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS – Software as a Service)

Το λογισμικό είναι διαθέσιμο ως υπηρεσία στο ίντερνετ. Παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών είναι:

- To ArcGIS Online – Μία cloud έκδοση του ArcGIS της ESRI.
- CartoDB – Διαδικτυακή πλατφόρμα χαρτογράφησης που προσφέρει ένα ανοικτού κώδικα διαδικτυακό μοντέλο SaaS.
- Mapbox – Πάροχος εξατομικευμένων διαδικτυακών χαρτών για ιστοσελίδες.

2. Πλατφόρμα ως υπηρεσία (PaaS – Platform as a Service)

Υπηρεσίες γεωγραφικής κωδικοποίησης ή ανάλυσης, όπως:

- ArcGIS Online
- Google Maps JavaScript API έκδοση 3
- Here Maps JavaScript API
- Microsoft Bing Geocode Dataflow API
- US Census Geocoder

3. Δεδομένα ως υπηρεσία (DaaS – Data as a Service)

Υπηρεσίες δεδομένων ή περιεχομένων. Για παράδειγμα:

- ArcGIS Online
- Apple Maps
- Google Maps
- Here Maps
- OpenStreetMap
- Microsoft Bing Maps

Επί πλέον, υπάρχουν και συστήματα διαχείρισης γεωχωρικών δεδομένων (Spatial DBMS), όπως:

- Boeing's Spatial Query Server
- DB2
- Informix.

- MySQL.
- Microsoft SQL Server (2008 and later).
- Oracle Spatial.
- SAP HANA.
- Teradata.
- VMDS.

Τέλος, θα γίνει αναφορά στο «ίντερνετ των πραγμάτων με γεωχωρικά δεδομένα» ή “Geospatial Internet of Things” με το SensorUp. Το SensorUp προσφέρει Cloud hosting και SDKs, βασισμένα στο πρότυπο “Open Geospatial Consortium SensorThings API”, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν εφαρμογές που συνδέονται με τις παρατηρήσεις και τις λειτουργίες του αισθητήρα Internet of Things sensor. Η πλατφόρμα του SensorUp περιλαμβάνει δεδομένα από τον αισθητήρα, αναλύσεις και χαρτογραφικό περιβάλλον.

2.5.1.2 To ArcGIS της ESRI

Η ESRI (Environmental Systems Research Institute) είναι μία διεθνής εταιρεία κατασκευής και διανομής λογισμικού για GIS με έδρα το Redlands στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. Κατέχει αρκετά μεγάλο μερίδιο της παγκόσμιας αγοράς στα Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (το 2014 κατείχε ποσοστό 43% της παγκόσμιας αγοράς, περισσότερο από κάθε άλλον πάροχο παρόμοιου λογισμικού).

Το προϊόντα λογισμικού της ESRI καλύπτουν ένα πολύ ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων:

- Εφαρμογές για Σταθερούς Υπολογιστές (Desktop GIS)

Από τον Ιούνιο του 2017 παρέχεται η σουίτα λογισμικού “ArcGIS for Desktop v10.5.1”, η οποία απαρτίζεται από αρκετές εφαρμογές, όπως το λογισμικό ArcMap, το ArcCatalog, το ArcToolbox, το ArcScene και το ArcGIS Pro. Η εταιρεία παρέχει άδειες σε 3 επίπεδα, με το υψηλότερο (ArcInfo) να περιέχει όλα τις ενσωματωμένες εφαρμογές και τα διαθέσιμα εργαλεία.

- Εφαρμογές για Εξυπηρετητή (Server GIS)

Η πλατφόρμα αυτή, η οποία προσφέρεται τόσο για Windows Servers (που στηρίζεται σε MySQL) όσο και σε Linux Servers (που τότε βασίζεται στη Java), παρέχει λειτουργικότητα και δεδομένα GIS από ένα κεντρικό περιβάλλον. Πρόκειται για μια διαδικτυακή υπηρεσία εφαρμογής (internet application service), η οποία επεκτείνει τις προαναφερθείσες εφαρμογές για σταθερούς υπολογιστές, ώστε να τρέχουν μέσω ενός απλού φυλλομετρητή (browser). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του ArcSDE (Spatial Database Engine), μιας μηχανής, η οποία διασυνδέει το λογισμικό της ESRI με κοινές βάσεις δεδομένων, ώστε να λαμβάνει και να αποθηκεύει τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζεται η εκάστοτε εφαρμογή. Τέλος, μέσω του ArcIMS (Internet Mapping Server) παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης σε εφαρμογές και στοιχεία του GIS μέσω απλού browser.

- Εφαρμογές για Κινητές Συσκευές (Mobile GIS)

Η ευρεία, πλέον, χρήση των smartphones και των tablets με δυνατότητα GPS (Global Positioning System) από όλο και περισσότερο μέρος του πληθυσμού, δημιούργησε την ανάγκη εφαρμογών που θα ενσωματώνουν λειτουργικότητες GIS, GPS, υπηρεσιών τοποθεσίας για την αμεσότερη ανάκτηση, τροποποίηση και αποθήκευση γεωγραφικών και γεωσυσχετισμένων δεδομένων. Προς τον σκοπό αυτόν, η ESRI έχει αναπτύξει μια σειρά εφαρμογών όπως τα ArcPad, ArcGIS for Mobile, ArcGIS for Server (Server-oriented APIs) και ArcWeb Services (Web-oriented APIs).

- Διαδικτυακό GIS (Online GIS)

Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα της άμεσης και απλής χρήσης πολλών από τις λειτουργίες του ArcGIS, χωρίς την εγκατάσταση τοπικά ενός πακέτου λογισμικού. Μέσω Web APIs, φιλοξενούμενων έτοιμων χαρτών και διαδικασιών τόσο από την ίδια την εταιρεία όσο και από την κοινή χρήση προγραμμάτων και ανεπτυγμένων εφαρμογών από άλλους χρήστες της υπηρεσίας, μπορεί ο χρήστης να κατασκευάσει άμεσα και απλά μία λύση για τα δεδομένα που διαθέτει, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του GIS.

Το λογισμικό ArcGIS παρέχει αυξημένες δυνατότητες στους χρήστες GIS, όπως

- Δημιουργία Γεωγραφικών αντικειμένων και παράστασή τους στο χάρτη, τόσο σε διδιάστατη όσο και σε τριδιάστατη μορφή.
- Χωρική Ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων, τόσο σε 2 διαστάσεις, όπως στην επιφάνεια ενός χάρτη ή στην κάτοψη ενός κτιρίου, όσο και σε 3 διαστάσεις, π.χ. ολόκληρη τριδιάστατη κατοικία ή ολόκληρη πόλη.
- Απεικόνιση γεωγραφικών δεδομένων ή πληροφορίας που σχετίζεται με γεωγραφικά δεδομένα ή γεωγραφικές συντεταγμένες (π.χ. ένα αυτοκίνητο που κινείται ή τη θέση ενός πλοίου στη θάλασσα) σε πραγματικό χρόνο (real time).
- Διαχείριση δεδομένων από διαφορετικές πηγές, ώστε δεδομένα από τις πηγές αυτές να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια εφαρμογή.

Για όλους τους προηγούμενους λόγους το ArcGIS της ESRI επιλέχθηκε ως το κύριο λογισμικό για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, καθώς προσφέρει αυξημένες δυνατότητες για χρήση ως GIS, ενώ έχει την υποστήριξη της ESRI.

Το Εργαστήριο Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης πληροφορίας έχει προμηθευτεί από την εταιρεία Marathon Data Systems, την αντιπρόσωπο της ESRI στην Ελλάδα άδειες χρήσης του λογισμικού ArcGIS της τελευταίας έκδοσης (10.5) στο υψηλότερο επίπεδο (ArcInfo), ενώ διαθέτει έναν πλήρως λειτουργικό ArcGIS Server έκδοσης (10.3) που τρέχει σε περιβάλλον Windows Server.

2.5.2 Συστήματα Διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων (Relational DataBase Management Systems – RDBMSs)

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε εν συντομίᾳ εργαλεία σχετικά με τις βάσεις δεδομένων και τη διαχείριση της αποθήκευσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

2.5.2.1 Microsoft SQL Server

Η σχεσιακή βάση δεδομένων που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της μηχανής ArcSDE του ArcGIS for Server παρέχεται από τον Microsoft SQL Server. Οι κύριες γλώσσες που χρησιμοποιούνται είναι η T-SQL και η ANSI SQL. Πρόκειται για μια συλλογή πινάκων και κώδικα, η οποία αποθηκεύει όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα στην εκάστοτε εφαρμογή που τρέχει ο ArcGIS Server.

Ο Microsoft SQL Server (Microsoft SQL Server, 2018) προσφέρει διάφορες υπηρεσίες, όπως:

- Ο Μεσίτης Υπηρεσιών (Services Broker) που τρέχει ως μέρος της μηχανής βάσεων δεδομένων, παρέχει μια αξιόπιστη πλατφόρμα μηνυμάτων και αναμονής μηνυμάτων για τις εφαρμογές κεντρικών SQL Server. Ο Service Broker έχει ανώτερες δυνατότητες προγραμματισμού στο μέλλον (scheduling).
- Οι υπηρεσίες συγχρονισμού (Replication) του SQL Server χρησιμοποιούνται από τον SQL Server για και να συγχρονίσουν βάσεις δεδομένων, είτε ολοκληρωτικά είτε ένα υποσύνολο των αντικειμένων. Υπάρχουν τουλάχιστον 4 διαφορετικοί μέθοδοι (log shipping, mirroring, replication, back-ups, clustering) για τον συγχρονισμό. Αυτό βοηθάει επίσης και σε περιπτώσεις ολοκληρωτικής καταστροφής της μητρικής βάσης δεδομένων, δίνοντας τη δυνατότητα ακόμη και για αυτόματη λειτουργία της δευτερεύουσας συγχρονισμένης βάσης δεδομένων.
- Οι υπηρεσίες ανάλυσης (Analysis Services) SQL Server προσθέτουν τις ικανότητες OLAP και περίπλοκης ανάκτησης δεδομένων για τις βάσεις δεδομένων SQL, με περίπλοκη ανάλυση χωρίς την ανάγκη για δύσκολες SQL queries. Υποστηρίζεται το MOLAP, ROLAP και HOLAP για τα στοιχεία.
- Ο SQL Server έχει υπηρεσίες Reporting για στοιχεία που συγκεντρώνονται από τις βάσεις δεδομένων SQL Server. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να παραχθεί μια έκθεση Ιστού (Web Report) σχεδόν αυτόματα χωρίς προγραμματισμό HTML, CSS ή JavaScript, μέσα από το Visual Studio.
- Οι υπηρεσίες ανακοίνωσης (Notification Services) δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να παράγει μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με πολύ λίγο κόπο.
- Το Integration Services του SQL χρησιμοποιούνται για να ενσωματώσουν στοιχεία από διαφορετικές πηγές δεδομένων. Χρησιμοποιεί τις ικανότητες ETL. Οι Integration Services περιλαμβάνουν εργαλεία GUI για να χτίσουν διάφορες λειτουργίες ροών δεδομένων, όπως η εξαγωγή στοιχείων από διάφορες πηγές, η συζήτηση στοιχείων, ο μετασχηματισμός των στοιχείων συμπεριλαμβανομένης της συνάθροισης, του διπλασιασμού και η συγχώνευσης.
- Ο SQL Server μπορεί επίσης να αναζητήσει μέσα σε κείμενα (Full Text Search Service). Ο δείκτης αναζήτησης μπορεί να δημιουργηθεί σε οποιαδήποτε στήλη και έτσι η αναζήτηση πραγματοποιείται άμεσα. Για παράδειγμα, κείμενα Word και έγγραφα .pdf αποθηκευμένα στον SQL Server μπορούν αναζητηθούν πολύ γρήγορα.

Δε θα γίνει εμβάθυνση στη δομή ή τη χρήση του εργαλείου SQL, καθώς ξεφεύγει από το πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Τη διεπαφή του GIS με τον Microsoft SQL Server την αναλαμβάνει εξ' ολοκλήρου το ArcGIS for Server.

2.5.2.2 Συστήματα Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπου (Rapid Prototyping Systems)

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν συστήματα τα οποία συνδράμουν στην ανάπτυξη του πρωτοτύπου ενός συστήματος σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρονικό διάστημα. Ο όρος “Rapid Prototyping Systems” εισήχθη στη βιβλιογραφία τις αρχές της δεκαετίας του '90 από τον Steven Ashley (Ashley, 1991). Την εποχή εκείνη ο όρος (Rapid prototyping, 2018) σχετίζοταν με ένα σύνολο τεχνικών για την κατασκευή και παραγωγή βιομηχανικών πρωτοτύπων σε πολύ μικρό χρόνο. Αφορούσε κυρίως την κατασκευή ενός αντιγράφου μικρής κλίμακας, κατασκευασμένο στις τρεις διαστάσεις με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού σχεδίασης με τη βοήθεια του υπολογιστή (Computer Aided Design – CAD) και, αργότερα, την άμεση κατασκευή του με χρήση τριδιάστατης εκτύπωσης (3D printing) ή με κατασκευή «επιπρόσθετων επιφανειών» (“additive layer manufacturing”). Σκοπός ήταν το πρωτότυπο να έχει το σύνολο ή το μεγαλύτερο μέρος της λειτουργικότητας του τελικού συστήματος, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί μέρος της χρήσης ή της χρησιμότητάς του.

Ο όρος της ταχείας παραγωγής πρωτοτύπου άμεσα πέρασε και στην παραγωγή του λογισμικού. Έχουν αναπτυχθεί εργαλεία και μέσα για την κατασκευή πρωτοτύπων λογισμικού (Software prototyping, 2018), δηλαδή την κατασκευή ενός λειτουργικού κορμού που υλοποιεί το μεγαλύτερος μέρος των δυνατοτήτων του λογισμικού, χωρίς αυτό να αποτελεί το τελικό προϊόν, ώστε να μπορούν οι χρήστες να αξιολογήσουν τις δυνατότητες αλλά και τις προοπτικές ενός τέτοιου λογισμικού.

Δύο τέτοια παραδείγματα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας είναι το MATLAB και η γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου Python. Το MATLAB είναι εργαλείο, του οποίου οι μεταβλητές του είναι μητρώα, ενώ έχει πληθώρα σχετικών βιβλιοθηκών για πράξεις μεταξύ πινάκων. Συνεπώς, είναι ιδανικό και εξιδανικευμένο για τον τομέα των μεταφορών για την παραγωγή άμεσων και σε βέλτιστο χρόνο αποτελεσμάτων σε πράξεις στα αντίστοιχα δεδομένα που παρουσιάζονται, τις περισσότερες φορές, σε πινακοποιημένη μορφή.

Η γλώσσα προγραμματισμού Python, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικότερα στην Ενότητα 2.5.3, παρέχει δομές όπως τα λεξικά, τα οποία επιτρέπουν την κατανομή και την προσπέλαση των δεδομένων γρηγορότερα και με μικρότερη έκταση σε κώδικα.

Και τα δύο εργαλεία χρησιμοποιούν διερμηνευτές (interpreters) και όχι μεταγλωττιστές (compilers) με αποτέλεσμα να διευκολύνεται σε πρώτη φάση η αποσφαλμάτωση του κώδικα, ενώ είναι πιο φορητά από συσκευή σε συσκευή.

Παρ' όλα αυτά, η C παραμένει πιο γρήγορη και πιο κοντά στη γλώσσα μηχανής, επομένως στην περίπτωση που χρειάζονται σε δεύτερο στάδιο βιομηχανικό πρωτότυπο με αυξημένη λειτουργικότητα ή χρειάζονται μετρήσεις (π.χ. απόδοση ή χρόνοι εκτέλεσης του λογισμικού) σε πραγματικές συνθήκες, αναγκαστικά θα προτιμηθεί η υλοποίηση σε μια γλώσσα χαμηλότερου επιπέδου, όπως ή C.

2.5.2.3 NoSQL DBs, B και B+ δένδρα

Τα τελευταία χρόνια (NoSQL Databases, 2018) παρατηρήθηκε η χρήση ενός νέου τύπου βάσεων δεδομένων, οι οποίες έγιναν γνωστέ με τον όρο “NoSQL” βάσεις δεδομένων. Ο όρος “NoSQL” προέρχεται από τα αρχικά “Not only SQL”, που σημαίνει ότι κατά τη διαδικασία σχεδίασης του

λογισμικού ή του προϊόντος, τα δεδομένα οργανώνονται εκτός από τη γνωστή σχεσιακή σχέση με SQL δυνατότητες (δηλαδή δεδομένα σε πινακοποιημένη μορφή, στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν ερωτήματα της γλώσσας SQL) και άλλοι μηχανισμοί αποθήκευσης.

Οι βάσεις αυτές δεν είναι καινούριες, υπάρχουν από τα τέλη της δεκαετίας του 1960, αλλά άρχισαν να έρχονται στο προσκήνιο με τον όρο “NoSQL” (NoSQL, 2018) στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, λόγω των αυξανόμενων αναγκών των υπηρεσιών του Web 2.0 που προσέφεραν εταιρείες όπως Google, Amazon και Facebook.

Οι κυριότεροι λόγοι επανεμφάνισης και χρήσης των βάσεων αυτών ήταν (NoSQL Databases Explained, 2018):

- Οι προγραμματιστές ασχολούνται με εφαρμογές που δημιουργούν τεράστιους όγκους νέων, ταχέως μεταβαλλόμενων τύπων δεδομένων: δομημένα, ημι-δομημένα, αδόμητα και πολυμορφικά δεδομένα.
- Το μοντέλο του κύκλου ανάπτυξης λογισμικού με τη μορφή «καταρράκτη», ο οποίος διαρκούσε 12 έως 18 μήνες, έχει αρχίσει να αντικαθίσταται από πιο ευέλικτες και ταχείς μεθόδους. Σήμερα, μικρές ομάδες εργασίας δουλεύουν σε «ευέλικτα σπριντ», παράγοντας γρήγορα νέο κώδικα ή βελτιώσεις του υπάρχοντος κώδικα κάθε μία ή δύο εβδομάδες, ή μερικές φορές ίσως και πολλές φορές τη μέρα.
- Οι εφαρμογές που εξυπηρετούσαν ένα πεπερασμένο κοινό, σήμερα μετατρέπονται σε υπηρεσίες που πρέπει να είναι προσβάσιμες συνεχώς από πολλές διαφορετικές συσκευές και να κλιμακώνονται, ώστε να εξυπηρετούν παγκοσμίως εκατομμύρια χρήστες.
- Οι οργανισμοί στρέφονται τώρα σε αρχιτεκτονικές κλιμάκωσης χρησιμοποιώντας λογισμικό ανοιχτού κώδικα, διακομιστές προϊόντων και cloud computing αντί για μεγάλους μονολιθικούς διακομιστές και υποδομή αποθήκευσης.
- Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων δεν σχεδιάστηκαν για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της κλίμακας και της ευελιξίας που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες εφαρμογές, ούτε επωφελούνται στο μέγιστο βαθμό από την αποθηκευτική ικανότητα και την επεξεργαστική ισχύ που διατίθενται σήμερα.

Οι βασικότεροι μηχανισμοί αποθήκευσης των δεδομένων σε NoSQL βάσεις δεδομένων (και, συνεπώς, οι αντίστοιχες βάσεις), χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Key-value (Κλειδιού-τιμής)

Στις βάσεις αυτές χρησιμοποιείται ένα συσχετισμένος πίνακας (που συχνά ονομάζεται χάρτης ή λεξικό) ως το θεμελιώδες μοντέλο δεδομένων. Πρόκειται, στην πραγματικότητα για μία συλλογή ζευγαριών κλειδιού-τιμής, με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε κλειδί να εμφανίζεται το πολύ μία φόρα στη συλλογή. Οι αποθηκευμένες τιμές μπορεί να οποιουδήποτε δυαδικού τύπου (κείμενο, βίντεο, έγγραφα JSON κ.τ.λ.) Είναι η απλούστερη μορφή οργάνωσης δεδομένων, ενώ πιο πολύπλοκα μοντέλα στηρίζονται σε αυτή και απλά την επεκτείνουν.

Παραδείγματα τέτοιων γνωστών βάσεων είναι οι Aerospike, Amazon DynamoDB, Apache Ignite, ArangoDB, Couchbase, Dynamo, FairCom c-treeACE, FoundationDB, InfinityDB, MemcacheDB, MUMPS, Oracle NoSQL Database, OrientDB, Project Voldemort, Redis, Riak, BerkeleyDB και SDBM/Flat File dbm.

- Document (Εγγράφων)

Η βασική ιδέα μια τέτοιας βάσης δεδομένων είναι, όπως λέει και το όνομά της, το «έγγραφο». Ενώ κάθε διαφορετική βάση υλοποιεί με διαφορετικό τρόπο την έννοια του εγγράφου, στη γενική τους μορφή, οι βάσεις αυτές θεωρούν ότι όλα τα έγγραφα εμπεριέχουν πληροφορίες και κωδικοποιούν δεδομένα με συγκεκριμένα πρότυπα (standard) ή κωδικοποιήσεις. Τέτοιες κωδικοποιήσεις περιλαμβάνουν XML, YAML, και JSON, καθώς και δυαδικές μορφές όπως BSON. Τα έγγραφα διευθυνσιοδοτούνται μέσα στη βάση με τη βοήθεια μοναδικών κλειδιών. Είναι, λοιπόν, παρόμοιες με τις βάσεις κλειδιού-τιμής, αλλά αυτή τη φορά η τιμή είναι ένα ολόκληρο έγγραφο. Ένα από τα σημαντικά διαφοροποιητικά χαρακτηριστικά μιας document NoSQL βάσης είναι ότι εκτός από την αναζήτηση με βάση τα κλειδιά, παρέχεται στους χρήστες και ένα API ή μια γλώσσα ερωτημάτων που μπορεί να ανακτά έγγραφα, με βάση το περιεχόμενό τους.

Παραδείγματα τέτοιων γνωστών βάσεων περιλαμβάνουν τις: Apache CouchDB, ArangoDB, BaseX, Clusterpoint, Couchbase, Cosmos DB, IBM Domino, MarkLogic, MongoDB, OrientDB, Qizx, RethinkDB και άλλες.

- **Wide-Column (Ευρέων-Στηλών)**

Τα δεδομένα στις βάσεις αυτές αποθηκεύονται σε στήλες αντί για γραμμές, όπως συμβαίνει στις παραδοσιακές σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Μία στήλη είναι μια πλειάδα (“tuple”), που αποτελείται από τρία στοιχεία:

- ✓ Μοναδικό όνομα (Name): Ένα όνομα στήλης το οποίο είναι μοναδικό για τη βάση
- ✓ Τιμή (Value): Το περιεχόμενο της στήλης. Μπορεί να είναι διαφόρων τύπων, όπως μεταξύ άλλων AsciiType, LongType, TimeUUIDType ή UTF8Type.
- ✓ Χρονοσφραγίδα: Η χρονοσφραγίδα του συστήματος χρησιμοποιείται για να καθορίσει την εγκυρότητα του περιεχομένου.

Ως παραδείγματα τέτοιων βάσεων αναφέρονται οι Accumulo, Amazon SimpleDB, BigTable, Cassandra, Druid, HBase, HyperTable, Splice και Vertica.

- **Graph (Γράφου)**

Αυτού του είδους οι βάσεις δεδομένων είναι σχεδιασμένες για δεδομένα, τα οποία μπορούν να παρασταθούν καλύτερα με τη μορφή γράφων, που αποτελούνται από διασυνδεδεμένα στοιχεία με πεπερασμένο αριθμού συνδέσεων μεταξύ τους. Οι τύπου αυτών των δεδομένων μπορεί να είναι σύνδεσμοι αλυσίδων μεταφορών, δίκτυα δρόμων, τοπολογίες δικτύων ή ακόμα και κοινωνικές σχέσεις.

Οι κόμβοι αυτών των γράφων μπορεί να παριστάνουν ανθρώπους, εταιρείες, λογαριασμού ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο δύναται να καταγραφεί. Είναι περίπου ισοδύναμοι με μία εγγραφή, μία σχέση ή μία γραμμή σε μία σχεσιακή βάση δεδομένων, ή ένα έγγραφο σε μία document NoSQL βάση. Οι ακμές είναι οι γραμμές που διασυνδέουν τους κόμβους και παριστάνουν τις σχέσεις μεταξύ των κόμβων που συνδέουν. Οι ακμές είναι η βασική ιδέα των graph NoSQL βάσεων δεδομένων, παριστάνοντας μία γενίκευση που δεν μπορεί να παρασταθεί στις προηγούμενες βάσεις. Τέλος, όλη η υπόλοιπη πληροφορία παρουσιάζεται με τη μορφή ιδιοτήτων, οι οποίες υπάρχουν στους κόμβους.

Παραδείγματα τέτοιων γνωστών βάσεων είναι οι AllegroGraph, ArangoDB, InfiniteGraph, Apache Giraph, MarkLogic, Neo4J, OrientDB και Virtuoso.

Τα πλεονεκτήματα της πλέον χαλαρής συσχέτισης των δεδομένων, δηλαδή της ανυπαρξίας σταθερού σχήματος (schema-less data storage), μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν (NoSQL Databases, 2018):

- **Κλιμάκωση:** Οι NoSQL ΒΔ χρησιμοποιούν μία οριζόντια μεθοδολογία, η οποία διευκολύνει την πρόσθεση ή την αφαίρεση πληροφορίας γρήγορα και χωρίς διαταραχή, ανεξαρτήτως του υλικού που χρησιμοποιείται. Αυτό εξαλείφει το τεράστιο κόστος και την πολυπλοκότητα της χειροκίνητης κατανομής των δεδομένων, όπως γίνεται όταν γίνεται προσπάθεια της αύξησης του όγκου συμβατικών σχεσιακών βάσεων δεδομένων.
- **Απόδοση:** Με την προσθήκη απλών πόρων είναι δυνατή η αύξηση της απόδοσης των προϊόντων και των υπηρεσιών με τη χρήση NoSQL βάσεων δεδομένων.
- **Υψηλή Διαθεσιμότητα:** Οι βάσεις δεδομένων NoSQL σχεδιάζονται γενικά για να εξασφαλίσουν υψηλή διαθεσιμότητα και να αποφευχθεί η πολυπλοκότητα που έρχεται με μια τυπική αρχιτεκτονική RDBMS που βασίζεται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς κόμβους. Ορισμένες "κατανεμημένες" βάσεις δεδομένων NoSQL χρησιμοποιούν μια πρωτοποριακή αρχιτεκτονική που διανέμει αυτόματα δεδομένα μεταξύ πολλών πόρων, έτσι ώστε η εφαρμογή να παραμένει διαθέσιμη για τις λειτουργίες ανάγνωσης και εγγραφής, ακόμη και όταν αποτύχει ένας κόμβος.
- **Παγκόσμια Διαθεσιμότητα:** Με την αυτόματη αναπαραγωγή δεδομένων σε πολλούς διακομιστές, κέντρα δεδομένων ή άλλους πόρους, οι κατανεμημένες βάσεις δεδομένων NoSQL μπορούν να ελαχιστοποιήσουν την καθυστέρηση και να εξασφαλίσουν συνεπή λειτουργία των εφαρμογών, ανεξάρτητα με το πού βρίσκονται οι χρήστες. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα είναι το σημαντικά μειωμένο βάρος διαχείρισης της βάσης δεδομένων από τη χειροκίνητη διαμόρφωση ενός RDBMS, επιτρέποντας στις ομάδες εργασίας να επικεντρωθούν σε άλλες προτεραιότητες.
- **Ευελιξία:** Οι NoSQL προσφέρουν τη δυνατότητα εφαρμογής ευέλικτων και ρευστών μοντέλων δεδομένων. Οι προγραμματιστές μπορούν να αξιοποιήσουν τους τύπους δεδομένων και τις επιλογές ερωτημάτων που είναι οι πιο φυσιολογικοί για την περίπτωση της συγκεκριμένης χρήσης εφαρμογών και όχι εκείνοι που ταιριάζουν στο σχήμα της βάσης δεδομένων. Το αποτέλεσμα είναι μια απλούστερη αλληλεπίδραση μεταξύ της εφαρμογής και της βάσης δεδομένων και ταχύτερη και πιο ευκίνητη ανάπτυξη.

Ο επόμενος Πίνακας 2-1 παρουσιάζει συνοπτικά την ενδεικτική ορολογία που ακολουθείται σε κάθε μία από τις διαφορετικές βάσεις δεδομένων (What is NoSQL? – Amazon Web Services (AWS), 2018).

SQL	Key-Value DB	Document DB	Wide-Column DB
Table	Table	Collection	Table
Row	Item	Document	Row
Column	Attribute	Field	Column
Primary Key	Primary-Key	ObjectID	Primary Key
Index	Secondary Index	Index	Index
View	Global Secondary Index	View	Materialized View
Nested Table	Map	Embedded Doc	Map
Array	List	Array	List

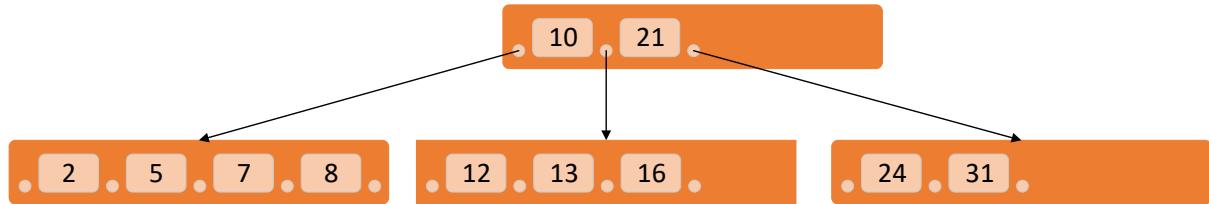
Πίνακας 2-1: Πίνακας ενδεικτικής Ορολογίας μεταξύ των SQL και των NoSQL βάσεων δεδομένων.

Μία πλήρης καταγραφή των περισσότερων NoSQL βάσεων δεδομένων ανά κατηγορία μπορεί να αναζητηθεί στην ιστοσελίδα (NOSQL Databases, 2018).

Η υλοποίηση μεγάλου μέρους των NoSQL βάσεων δεδομένων στηρίζεται σε δομές B και B+ ν-αδικών δέντρων. Για λόγους πληρότητας θα αναφερθούν οι δομές αυτές στα επόμενα με συντομία.

Τα **B-trees** είναι ν-αδικές ισορροπημένες δενδροειδής δομές δεδομένων (B-tree, 2018), στις οποίες αποθηκεύεται πληροφορία και οι οποίες επιτρέπουν αναζήτηση, σειριακή προσπέλαση, εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων σε λογαριθμικό χρόνο. Τα B-trees είναι μια γενίκευση των δυαδικών δένδρων αναζήτησης, υπό την έννοια ότι κάθε κόμβος δύναται να έχει περισσότερα από δύο παιδιά (υποκόμβους). Σε αντίθεση με τα δυαδικά ισορροπημένα δένδρα, τα B-trees είναι βελτιστοποιημένα για συστήματα, τα οποία επιτελούν εγγραφή και ανάγνωση μεγάλου όγκου πληροφορίας.

Στα B-trees, οι εσωτερικοί κόμβοι (όχι τα φύλλα) μπορούν να έχουν ένα μεταβλητό πλήθος από κόμβους, το οποίο μπορεί να πάρει τιμές μέσα από ένα προκαθορισμένο εύρος. Όταν προστίθενται ή αφαιρούνται δεδομένα από έναν κόμβο, ο αριθμός των παιδιών του μπορεί να αλλάξει. Για να διατηρηθεί η διάταξη, κάποιοι εσωτερικοί κόμβοι μπορεί να συνενωθούν ή να διαχωριστούν. Επειδή επιτρέπεται ένα πλήθος παιδιών για τον κάθε κόμβο, τα B-trees δε μεταβάλλονται τόσο συχνά όσα άλλες δενδροειδείς ισορροπημένες δομές, αλλά μπορεί να απαιτούν περισσότερο χώρο, αφού οι κόμβοι τους μπορεί να μην είναι πλήρης. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην επόμενη .

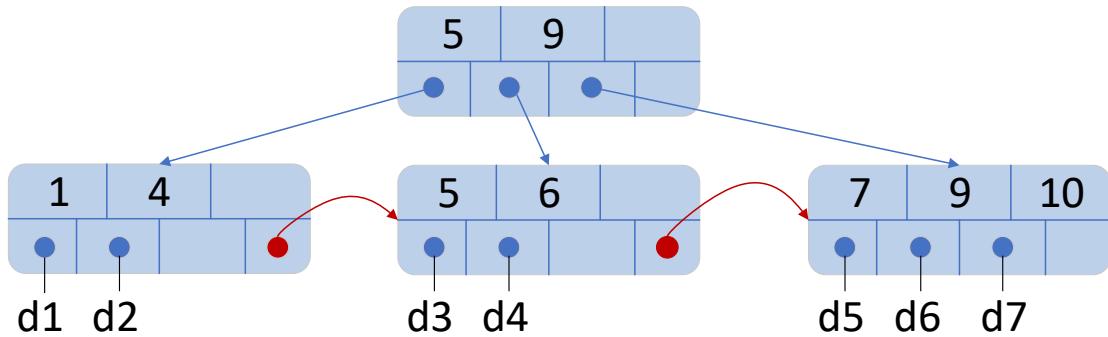


Εικόνα 2-2: Παράδειγμα ενός B-tree 5ης τάξης.

Είναι σύνηθες το εύρος των παιδιών που μπορεί να έχει ένας κόμβος να σημειώνονται μαζί με την ονομασία του B-tree. Δηλαδή, παραδείγματος χάριν, σε ένα 2-3 B-tree (ή όπως συχνά αναφέρεται ένα 2-3 tree) κάθε εσωτερικός κόμβος μπορεί να έχει μόνο 2 ή 3 παιδιά.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο χρόνος προσπέλασης μιας εγγραφής είναι σημαντικά μικρός. Τυπικά, πόσο γρήγορο ή πόσο αργό είναι ένα σύστημα κατά την ταξινόμηση ή την αναζήτηση πληροφοριών εξαρτάται από το πλήθος των συγκρίσεων που θα γίνουν στα δεδομένα. Για παράδειγμα, σε μία δυαδική αναζήτηση ενός ταξινομημένου πίνακα με $M = 1.000.000$ εγγραφές, θα χρειαστούν περίπου $\lceil \log_2 M \rceil = \lceil \log_2 1000000 \rceil \approx 20$ συγκρίσεις στην χειρότερη περίπτωση. Αν σκεφτούμε ότι σε έναν απλό σκληρό δίσκο των 7200RPM η ανάγνωση από τον δίσκο παίρνει περίπου 10ms, τότε ο συνολικός χρόνος προσπέλασης δε θα ξεπερνά τα 0,2 δευτερόλεπτα(!). Αυξάνοντας των αριθμό των παιδιών που κάθε κόμβος μπορεί να έχει, είναι εύκολα κατανοητό ότι ο χρόνος αυτός μειώνεται κατά πολύ.

Μία παραλλαγή της δενδροειδής δομής που περιεγράφηκε και χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα, είναι τα **B+trees**. Είναι και αυτές ισορροπημένες ν-αδικές δενδρικές μορφές, στις οποίες κάθε κόμβος έχει ένα μεγάλο πλήθος παιδιών. Σε αντίθεση με τα B-trees, όμως, κάθε κόμβος περιέχει μόνο κλειδιά (και όχι ζεύγη κλειδιού-τιμής) και υπάρχει ένα επί πλέον επίπεδο συνδεδεμένο στα φύλλα (στους τελευταίους απογόνους) με όλη τη διασυνδεδεμένη πληροφορία. Ο παράγοντας εξισορρόπησης ή η τάξη ενός B+tree μετράει τη χωρητικότητα εσωτερικών κόμβων στο δέντρο, δηλαδή τον αριθμό των κόμβων που θα μπορούσαν να έχουν. Η ρίζα του δέντρου αποτελεί εξαίρεση, καθώς μπορεί να έχει από δύο ή περισσότερα παιδιά. Για παράδειγμα, ένα δέντρο B+tree είναι τάξης 7, κάθε εσωτερικός κόμβος (εκτός της ρίζας) μπορεί να έχει μεταξύ 4 και 7 απογόνων, ενώ η ρίζα μπορεί να έχει μεταξύ 2 έως 7. Ο πρωταρχικός στόχος της δομής B+tree είναι η αποθήκευση δεδομένων για αποδοτική ανάκτηση κυρίως στα συστήματα αρχείων (filesystems).



Εικόνα 2-3: Σχηματική παράσταση ενός δένδρου B+tree

Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου B+tree παρουσιάζεται στην Εικόνα 2-1. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν ζεύγη κλειδιού-τιμής στους ενδιάμεσους κόμβους, αλλά αν υπάρχει εκεί το κλειδί, θα το βρούμε και στο τελευταίο επίπεδο (στα φύλλα), όπου θα είναι διασυνδεδεμένο εκεί με την αντίστοιχη τιμή.

Τα B+trees παρουσιάζουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τα απλά B-trees, καθώς η αναζήτηση, η πρόσθεση και η διαγραφή ενός κόμβου είναι γρηγορότερα, καθώς είναι ανάλογα του λογαρίθμου με βάση την τάξη του B+tree. Επιπλέον, όλα τα κλειδιά είναι στα φύλλα και είναι ταξινομημένα. Τέλος, τα φύλλα των B+trees αποθηκεύουν την ίδια την πληροφορία, και όχι δείκτες προς την πληροφορία αυτή. Για όλους τους προηγούμενους λόγους, τα B+trees προτιμώνται σαφώς για την υλοποίηση βάσεων δεδομένων.

2.5.3 Python

"Η Python ήταν το πιο σημαντικό κομμάτι της Google από την αρχή, και ακόμα παραμένει όσο τα συστήματα επεκτείνονται και εξελίσσονται. Σήμερα εκατοντάδες μηχανικοί στη Google χρησιμοποιούν την Python και ψάχνουμε ακόμα περισσότερους ανθρώπους που να γνωρίζουν τη συγκεκριμένη γλώσσα»

--Peter Norvig, διευθυντής ποιότητας έρευνας στη Google, Inc.

Για να επεκταθεί η λειτουργικότητα και τις δυνατότητες του ArcGIS πέραν των όσων εργαλείων και μεθόδων δίνονται από την ESRI, στην παρούσα διπλωματική έγινε χρήση της γλώσσας Python σε συνδυασμό με την ενσωματωμένη μονάδα (module) ArcPy του ArcGIS.

Η Python (Welcome to Python.org, 2018) είναι μία σχετικά νέα γλώσσα προγραμματισμού (πολύ) υψηλού επιπέδου, αφού δημιουργήθηκε μόλις το 1990 από τον Ολλανδό Guido van Rossum. Κύριος στόχος της γλώσσας είναι η αναγνωσμότητα του κώδικα, η ευκολία της χρήσης της, το απλό συντακτικό της και η δυνατότητα να εκφραστούν έννοιες σε λιγότερες γραμμές κώδικα από ότι θα ήταν δυνατόν σε γλώσσες όπως η C, η C++ ή η Java.

Η Python αναπτύσσεται ως λογισμικό ανοικτού κώδικα (open source software) και η διαχείρισή της γίνεται από τον μη κερδοσκοπικό οργανισμό Python Software foundation. Το όνομά της προέρχεται από την ομάδα Άγγλων κωμικών Monty Python.

Είναι γλώσσα διερμηνευόμενη και η διερμηνευτές της είναι διαθέσιμοι για εγκατάσταση σε όλα σχεδόν τα λειτουργικά συστήματα, επιτρέποντας στην Python την εκτέλεση κώδικα σε πάρα πολλά συστήματα. Ο διερμηνευτής της Python (Python Interpreter) επεκτείνεται εύκολα με νέες μεθόδους και τύπους δεδομένων, τα οποία μπορεί να

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε η έκδοση της γλώσσας “Python 2.7.” και το περιβάλλον ανάπτυξης PyCharm (IDE) της εταιρείας JetBrains, η community έκδοση του οποίου προσφέρεται δωρεάν από την εταιρεία, ενώ η εμπορική έκδοση παρέχεται για εκπαιδευτική ή/και ακαδημαϊκή χρήση με την εγγραφή από διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείο Εκπαιδευτικού Ινστιτούτου (π.χ. με τη χρήση του “user”@mail.ntua.gr). Το λογισμικό αυτό προτιμήθηκε από τη χρήση του ήδη εγκατεστημένου IDLE της Python, καθώς παρέχει αυξημένες αυτοματοποιήσεις τόσο κατά τη συγγραφή και τη βελτιστοποίηση του κώδικα, όσο και κατά τη διαδικασία αποσφαλμάτωσης.

Το ArcPy είναι μία βιβλιοθήκη για τη γλώσσα Python, η οποία εμπεριέχεται στο ArcGIS της ESRI. Παρέχει έτοιμα, προκατασκευασμένα πακέτα συναρτήσεων, μεθόδων και τύπων δεδομένων που αφορούν σε γεωγραφικά και γεωσυσχετισμένα δεδομένα, καθώς και σχετικές με αυτά μεθόδους και διαδικασίες. Αποτελεί έναν χρήσιμο και αποδοτικό τρόπο για την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων, τη μετατροπή και τη διαχείριση των δεδομένων αυτών, καθώς και την αυτοματοποίηση κατασκευής χαρτών, χρησιμοποιώντας την Python. Η μονάδα αυτή παρέχει εκτός της δυνατότητας αυτόματης συμπλήρωσης κώδικα (code completion) και τεκμηρίωση αναφοράς για κάθε λειτουργία και κλάση.

Με τη χρήση της ενσωματωμένης μονάδας ArcPy ο χρήστης είναι σε θέση να παράξει τα δικά του εργαλεία, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του, τα οποία επιδρούν άμεσα και αυτόματα στα δεδομένα του συστήματος, χρησιμοποιώντας το σύνολο των μεθόδων και των δυνατοτήτων του ArcGIS, επεκτείνοντας, έτσι, κατά πολύ τις ήδη πλούσιες δυνατότητες της σουίτας εφαρμογών της ESRI.

3

Η πληθώρα των γεωγραφικά συσχετισμένων πληροφοριών που αφορούν τις μεταφορές.

Τα δεδομένα ενός συστήματος γεωγραφικής και γεωσυσχετισμένης πληροφορίας αποτελούν κυριότερο τμήμα, αλλά και το μεγαλύτερο μέρος ενός τέτοιου συστήματος. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε με συντομία τις κυριότερες πηγές που παράγουν και τηρούν τέτοιου είδους γεωγραφικά και γεωσυσχετισμένα δεδομένα. Στη συνέχεια θα γίνει μια προσπάθεια τοποθέτησής τους σε κατηγορίες, ανάλογα με το είδος και το σκοπό, τον οποίο εξυπηρετούν. Τέλος, θα παρουσιαστούν τα συγκεκριμένα δεδομένα που λάβαμε από τα προγράμματα ETIS από την Ευρώπη και σε συνεργασία με τον Καθηγητή κ. Αθανάσιο Μπαλλή και το Εργαστήριο Σιδηροδρομικής και Μεταφορών της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

3.1 Οι πηγές από τις οποίες προέρχονται τα δεδομένα

Στην Ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν οι κυριότεροι εθνικοί και διεθνείς φορείς και οργανισμοί που αναπτύσσουν, τηρούν και χρησιμοποιούν τέτοιου είδους πληροφορία. Τέτοιοι φορείς είναι:

- Διεθνείς αρχές και οργανισμοί, όπως:
 - Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για την Παγκόσμια Διαχείριση Γεωχωρικής (Geospatial) Πληροφορίας
 - Διευθύνσεις της ΕΕ, όπως το DG-MOVE, το DG-Ener κ.τ.λ.
 - Ομάδες Εργασίας των Ηνωμένων Εθνών για Γεωγραφικές Πληροφορίες
 - NATO
 - NASA
 - ESA
 - Διεθνής Χαρτογραφική Ένωση
 - Διεθνής Υδρογραφική Ένωση
 - Κοινωνία Χαρτογραφίας και Γεωγραφικής Πληροφορίας
- Αρχές, οργανισμοί, ιδρύματα χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και άλλων χωρών:
 - Υπουργεία Μεταφορών
 - Υπουργεία ή Υπηρεσίες Προστασίας του Περιβάλλοντος
 - Υπουργία Άμυνας
 - Εθνικές ή Τοπικές Στατιστικές Υπηρεσίες
 - Περιφερειακές Διοικήσεις και Δήμοι
- Ελληνικές αρχές, οργανισμοί και ιδρύματα, όπως:
 - Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών

- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
 - Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ)
 - Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ)
 - Κτηματική Εταιρεία του Δημοσίου (ΚΕΔ)
 - Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ)
 - Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού
 - Διεύθυνση Τοπογραφίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων
 - Περιφέρειες, Νομαρχιακή και Τοπική Αυτοδιοίκηση
 - ...και άλλοι πολλοί φορείς
- Ιδιωτικές εταιρείες σε όλον τον κόσμο, μεταξύ άλλων:
 - Environmental Systems Research Institute (ESRI)
 - National Geographic
 - NavTech
 - TeleAtlas
 - MLS
 - ...και άλλες
 - Ειδικές βάσεις δεδομένων που ασχολούνται με φυσικές καταστροφές και έκτακτα γεγονότα. Έχει ενδιαφέρον η ανάπτυξη ειδικών διεθνών ή εθνικών βάσεων δεδομένων, στις οποίες αποθηκεύεται σημαντικός όγκος πληροφοριών, που αφορούν αποκλειστικά φυσικές καταστροφές και έκτακτα γεγονότα, όπως:
 - Emergency Disaster Database (EM-DAT) (Disasters, 2011): Το 1988, το γραφείο της Εξωτερικής Βοήθειας των ΗΠΑ για τις Καταστροφές (Office of U.S Foreign Disaster Assistance/OFDA) της Ομοσπονδιακής Κρατικής Υπηρεσίας USAID, χρηματοδότησε τη δημιουργία του Κέντρου Έρευνας για την Επιδημιολογία των Καταστροφών (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED), το οποίο διατηρεί την EM-DAT, μια παγκόσμια βάση δεδομένων για τις καταστροφές. Περιέχει ένα βασικό πυρήνα δεδομένων για περισσότερες από 17.000 καταστροφές ανά τον κόσμο, από το 1900 έως σήμερα.
 - Τα δεδομένα συλλέγονται από διάφορες πηγές όπως τον Οργανισμό Ήνωμένων Εθνών, άλλες μη-Κυβερνητικές Οργανώσεις, ασφαλιστικές εταιρίες, ερευνητικά ιδρύματα και πρακτορεία τύπου.
 - Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα ASSIST (Alpine Safety, Security & Information Services and Technologies) σε συνεργασία με το ευρωπαϊκό δίκτυο GLOSS (Global Monitoring for Security and Stability) είναι ένα σύστημα λήψης δεδομένων από αεροφωτογραφίες και δορυφόρους (τηλεεπισκόπηση), το οποίο παρέχει πληροφορίες σε συστήματα διαχείρισης κρίσης.
 - NatCat της Munich Reinsurance Company (NatCatSERVICE, n.d.): Πρόκειται για μία βάση δεδομένων στη Γερμανία, που συλλέγει πληροφορίες σχετικά με φυσικές καταστροφές από το 79μ.Χ. μέχρι σήμερα (αν και μόνο σημαντικά γεγονότα καταγράφονται πριν από το 1980). Δημιουργήθηκε με πρωτοβουλία του ιδιωτικού τομέα για να παρέχει δεδομένα κυρίως στον ασφαλιστικό κλάδο. Υπάρχουν πάνω από 20.000 εγγραφές καταστροφών, με περίπου 800 νέες εγγραφές ετησίως. Τα στοιχεία της βάσης δεδομένων είναι εν μέρει προσιτά και στο κοινό.
 - GLobal unique disaster IDEntifier number (GLIDE) (GLIDEnumber V2.0, 2018): Πρόκειται για μία βάση δεδομένων του Ασιατικού Κέντρου Μείωσης Καταστροφών (Asian Disaster Reduction Center – ADRC) με την υποστήριξη και άλλων διεθνών

- οργανισμών (ISDR, CRED, UNDP, IFRC, World Bank, OFDA/USAID, OCHA/ReliefWeb). Στη βάση καταχωρούνται δεδομένα όπως ημερομηνίες, διάρκεια εκδήλωσης συμβάντων, τοποθεσία, πηγή πληροφόρησης καθώς και ανθρώπινες απώλειες και οικονομικές επιπτώσεις.
- Βάση δεδομένων του Οργανισμού Ηνωμένου Εθνών για τη Στρατηγική Μείωση των Καταστροφών (International Strategy for Disaster Reduction) (Zsophia & Tom, 2007).
- Εκτός από τις προηγούμενες βάσεις δεδομένων, υφίστανται και άλλες βάσεις σε εθνικό επίπεδο ή ανεξάρτητες, όπως:
- Η Αυστραλιανή βάση καταστροφών που τηρείται από την Emergency Management Australia/EMA (AEMI, 2018)
 - Η Καναδική (Canadian Disaster Database – CDD) (The Canadian Disaster Database, n.d.).
 - Οι Spatial Hazard Event and Losses Database for the United States (SHEDDUS, 2018) και United States Storm and Hazard Database .
 - Η Disaster Database Project, μια ανεξάρτητη βάση δεδομένων στο Πανεπιστήμιο του Richmond (Green III, 2011).
 - Βάση δεδομένων έκτακτης ανάγκης για την πολιτεία της Φλόριντα (Management, 2006).
 - Βάση δεδομένων του μη κερδοσκοπικού οργανισμού Resources for the Future (Pezzey & Toman, 2002).
 - Βάση δεδομένων για τις υδρο-γεωμοφορφολογικής προέλευσης καταστροφές στην Πορτογαλία (Zêzere, και συν., 2014).
 - Η σχετική βάση για την παρακολούθηση και την έγκαιρη ενημέρωση για γεωλογικής καταστροφές στην περιοχή του Ντανζανγκού (Yang, Shen, & Huang, 2015).
 - Το Σύστημα Πρόβλεψης Ζημιάς από Σεισμούς στην περιοχή Λανγκφανγκ που βασίζεται σε GIS (Li & Meng, 2015).
- και άλλες παρόμοιες βάσεις δεδομένων.

3.2 Τα είδη των γεωσυσχετισμένων δεδομένων

Είναι εύκολο να παρατηρήσει ο αναγνώστης ότι τα δεδομένα που μπορούν να αντληθούν από τους προηγούμενους φορείς είναι πολύ μεγάλου όγκου, πολύπλοκα, ποικιλόμορφα (πολυμορφικά), με εσωτερικές αλληλεξαρτήσεις και, επομένως, χρειάζονται ειδικό χειρισμό. Εν γένει, μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι τα δεδομένα, τα οποία πρέπει να αποθηκεύονται και να τηρούνται σε ένα σύστημα που αφορά στις μεταφορές, μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

- Δεδομένα στατικά, τα οποία μεταβάλλονται με πολύ αργό ρυθμό σε σχέση με το χρόνο, όπως πληροφορίες που αφορούν υποδομές π.χ. πόλεις, λιμάνια, αεροδρόμια, εθνικές ή διεθνείς εγκαταστάσεις, σταθμοί, σταθερά σημεία ελέγχου, γενική ή ειδική υποδομή επικοινωνιών, νομοθεσία, κανονισμοί και οδηγίες κ.τ.λ.
- Δεδομένα ημι-στατικά, τα οποία διαφοροποιούνται με σχετικά αργό ρυθμό, όπως πληροφορίες που αφορούν εποχιακές μεταφορικές γραμμές οχηματαγωγών (ferries), δρομολόγια εμπορευματικών πλοίων, προσωρινές αλλαγές δρόμων, περιστασιακές μονοδρομήσεις και υποχρεωτικές παρακάμψεις περιοχών, προσωρινές τοποθεσίες μονάδων, χειριστών και προσωπικού των εμπλεκομένων φορέων κ.τ.λ.

- Δεδομένα δυναμικά, τα οποία μεταβάλλονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, όπως πληροφορίες για τον καιρό, την κυκλοφοριακή κατάσταση, την κυκλοφοριακή συμφόρηση σε μια οδική αρτηρία κ.τ.λ.
- Εκτός των δεδομένων αυτών, υπάρχουν και δεδομένα, των οποίων η εξέλιξη σε σχέση με το χρόνο είναι σημαντική για συγκεκριμένες εφαρμογές. Τα χρονικά αυτά εξελισσόμενα δεδομένα θα καλούνται στο εξής ως «χρονοσειρές» (*time series*). Τα δεδομένα αυτά είναι απαραίτητα κυρίως για διαδικασίες πρόβλεψης, οι οποίες στηρίζονται σε συγκεντρωτικά δεδομένα.
- Επιπλέον, όπως έχει γίνει εμφανές έως τώρα, είναι απαραίτητα δεδομένα με τη μορφή πινάκων «προέλευσης-προορισμού» (*O-D matrices*).
- Μία επίσης σημαντική κατηγορία είναι τα δεδομένα που έχουν σχέση με πίνακες, και στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν ειδικές πράξεις «αφαίρεσης» ή «γενίκευσης» ή «(συναθροιστικής) ανόδου» ή όπως έχει επικρατήσει να λέγεται “*roll-up*”, δηλαδή η μετάβαση από ένα χαμηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας σε υψηλότερο, ή πράξεις «ειδίκευσης» ή «αναλυτικής καθόδου» ή “*drill-down*”, δηλαδή η μετάβαση από υψηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας σε χαμηλότερο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με την εφαρμογή η ίδια πληροφορία μπορεί να ανήκει σε διαφορετική κατηγορία, ή ακόμα και σε περισσότερες από μία κατηγορίες.

3.3 Τα είδη των δικτύων που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μεταφορών

Σε ένα πληροφοριακό σύστημα στον τομέα των μεταφορών, το μεγαλύτερο μέρος των δεδομένων που έχουν παρουσιαστεί έως τώρα έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με χάρτες, είναι δηλαδή γεωγραφικά ή άμεσα ή έμμεσα γεωσυσχετισμένα. Από αυτά, αντικείμενα υψηλού ενδιαφέροντος σε μία πληθώρα εφαρμογών του τομέα των Μεταφορών είναι τα δίκτυα μεταφορών.

Τα δίκτυα μεταφορών χωρίζονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες:

- Πραγματικά Δίκτυα (Actual Networks)

Τα δίκτυα αυτά έχουν άμεση σχέση με την πραγματικότητα. Είναι δίκτυα, των οποίων οι κόμβοι και οι σύνδεσμοι έχουν συνήθως ένα προς ένα γεωμετρική αντιστοίχιση με διασταυρώσεις και οδούς. Οι κόμβοι των δικτύων αυτών μπορεί να συμπίπτουν γεωγραφικά με διασταυρώσεις, πλατείες, γεωγραφικά σημεία ενδιαφέροντος, ενώ κάθε σύνδεσμος μπορεί να είναι ένας δρόμος ή, ανάλογα με το επίπεδο λεπτομέρειας, μία λωρίδα ενός δρόμου.

- Δίκτυα που προέκυψαν από μοντελοποίηση (Modelling Networks)

Όπως δηλώνει και το όνομα της κατηγορίας, πρόκειται για δίκτυα, τα οποία έχουν προκύψει από σχήματα modelling, όπως αυτά περιεγράφησαν στην Ενότητα 2.1 της παρούσας εργασίας. Είναι κατάλληλα για συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. Σχεδίαση Μεταφορών) και οι κόμβοι τους και σε σημαντικό βαθμό και οι σύνδεσμοί τους δεν έχουν απαραίτητα άμεση αντιστοιχία με συγκεκριμένη υποδομή.

- Δίκτυα χωρίς εμφανή ή σταθερή γεωμετρία

Πρόκειται για δίκτυα, όπως, για παράδειγμα, τις αεροπορικές ζεύξεις. Για την περιγραφή αυτών των δικτύων ενδέχεται να αρκούν μόνο πίνακες Προέλευσης-Προορισμού.

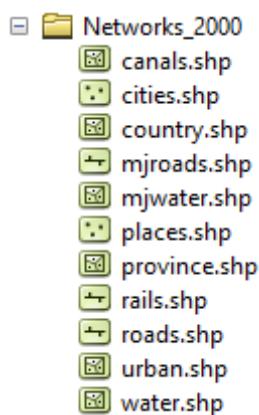
Και οι τρεις αυτές κατηγορίες είναι πολύ σημαντικές στις εφαρμογές στον τομέα των Μεταφορών, ενώ είναι πολύ συχνή η ανάγκη συνύπαρξης στην ίδια εφαρμογή δύο ή περισσότερων δικτύων, συχνά από διαφορετικές κατηγορίες. Η διαδικασία με την οποία αυτό επιτυγχάνεται γίνεται, ως επί το πλείστον «με το χέρι», ενώ στα Κεφάλαια 5, 6 και ιδιαιτέρως στο Κεφάλαιο 7 θα παρουσιαστεί μια μεθοδολογία για την αυτοματοποίηση μέρους ή και όλης αυτής της διαδικασίας, με την εφαρμογή καινοτομικών μοντέλων και συναφών καινοτομικών μεθοδολογιών.

3.4 Δεδομένα ETIS-Agent και ETIS-PLUS.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ασχοληθήκαμε κυρίως με τα δεδομένα του Προγράμματος ETIS, τα οποία ενθέταμε προς διευκόλυνση της ανάγνωσης και του χειρισμού τους σε χάρτες που παρέχει η ESRI μέσω διαδικτύου στο ArcGIS. Τα δεδομένα αυτά είναι κυρίως στατικά, ενώ τα αντίστοιχα δίκτυα είναι δίκτυα που έχουν προέλθει από την μοντελοποίηση των πραγματικών δικτύων (modelling networks).

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των δεδομένων αυτών.

3.4.1 Δεδομένα ETIS-Agent (2000)



Εικόνα 3-1: Η δομή των δεδομένων του Προγράμματος ETIS-Agent. Κάθε πληροφορία με διαφορετικό σκοπό αποτυπώνεται σε διαφορετική βάση (shapefile).

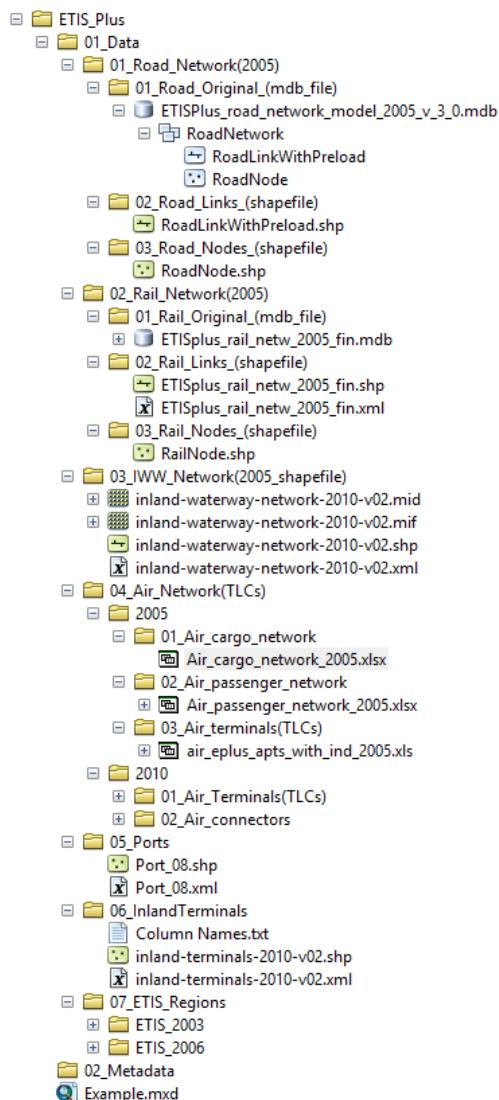
Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3-1, τα δεδομένα του προγράμματος αυτού περιλαμβαναν 11 αυτόνομα αρχεία γεωγραφικής πληροφορίας, ανάλογα με το σκοπό της πληροφορίας αυτής. Είναι εμφανές, ήδη από τότε, ότι το δίκτυο των μεγάλων οδικών αρτηριών (major roads – mjroads) και των απλών οδικών δρόμων (roads) βρίσκονται σε διαφορετικές βάσεις, παρά το ότι για συγκεκριμένες εφαρμογές απαιτούνται και τα δύο είδη δρόμων. Για παράδειγμα, για την αποστολή εμπορευμάτων από το εργοστάσιο μίας εταιρείας στην Ιταλία, έως τα κέντρα διανομής στην Αγγλία, το

εμπορευματικό φορτηγό θα πρέπει να περάσει και από τα δύο είδη οδικών συνδέσμων, τα οποία θα έχουν διαφορετική σημασία, ανάλογα με την περιοχή στην οποία κινείται.

Στα δεδομένα αυτά αξίζει, επίσης, να παρατηρηθεί ότι υπάρχει δύο μόνο αρχεία (shapefiles) κόμβων, που εξυπηρετούν όλους τους συνδέσμους. Δηλαδή, τα αρχεία “cities.shp” και “places.shp” αποτυπώνουν τη συνολική πληροφορία για τους κόμβους για όλα τα επί μέρους δίκτυα. Συνεπώς, αν ένας κόμβος ανήκει στο οδικό ή το σιδηροδρομικό δίκτυο είναι εμφανές μόνο από το αν συμπίπτει γεωγραφικά με το άκρο ενός συνδέσμου.

3.4.2 Δεδομένα ETIS-PLUS (2016)

Τα δεδομένα που μας δόθηκαν από την τελευταία φάση του προγράμματος ETIS-PLUS το 2016 ήταν αρκετά πληρέστερα και χωρίζονταν εξ' αρχής στη γεωγραφική πληροφορία, η οποία ήταν οργανωμένη σε βάσεις γεωγραφικής πληροφορίας (geodatabases) ή/και αρχεία γεωγραφικής πληροφορίας (shapefiles), καθώς και έναν φάκελο μεταδεδομένων (metadata), όπου βρίσκονται σε παραπτήματα οι σχετικές επεξηγήσεις των πεδίων των εκάστοτε πινάκων.



Εικόνα 3-2: Η δομή των δεδομένων του Προγράμματος ETIS-PLUS.

Αξίζει να παρατηρήσουμε στην Εικόνα 3-2 ότι και πάλι η γεωσυσχετισμένη πληροφορία έχει τοποθετηθεί σε διαφορετικές βάσεις (geodatabases ή shapefiles) ανάλογα με το σκοπό που αυτή επιτελεί. Επί πλέον, κάθε νέα βάση προστίθεται απλά στον αντίστοιχο υποφάκελο ως ένα καινούριο γεωγραφικό αντικείμενο, «αντικαθιστώντας» την παλαιότερη. Δηλαδή, κατά την προσθήκη νέων δεδομένων δεν υπάρχει αναβάθμιση και ορθογώνια προσθήκη αντικειμένων στην παλαιότερη βάση, αλλά προτιμάται η «απόρριψη» της παλαιότερης βάσεις και η δημιουργία νέας.

Παρατηρώντας την εσωτερική δομή κάθε γεωγραφικής βάσης δεδομένων, είναι εύκολο να αντιληφθεί κάποιος ότι κάθε γεωγραφική βάση πληροφοριών μπορεί να περιγραφεί με δύο τρόπους, είτε γεωμετρικά (με αποτύπωση στον χάρτη), είτε με μία δομή που στα σύγχρονα συστήματα καλείται “Attribute Table” (Πίνακας Χαρακτηριστικών). Για παράδειγμα, για τα δεδομένα των κόμβων του οδικού δικτύου στο ETIS, έχουμε τις εξής δύο περιγραφές:



Εικόνα 3-3: Η γεωγραφική παράσταση της βάσης των κόμβων του οδικού δικτύου του ETIS.

Στην Εικόνα 3-3 εμφανίζονται όλοι οι κόμβοι του οδικού δικτύου του ETIS αποτυπωμένοι γεωμετρικά. Ελλείψει υποβάθρου, δεν γίνεται άμεσα κατανοητή η γεωγραφική έκταση της σχετικής πληροφορίας, είναι όμως εμφανής η διαβάθμιση στην πυκνότητα των κόμβων που έχουν αποθηκευτεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι με τη μορφή αυτή περιγραφής, δεν είναι δυνατόν να αποτυπωθεί όλη η σχετική πληροφορία που τηρείται μαζί με τους κόμβους.

Η πληροφορία αυτή εμφανίζεται στην επόμενη εικόνα, στον Πίνακα Χαρακτηριστικών της βάσης.

Contents Preview Description

	FID	Shape *	ID	INUSE	ENABLED	ZONEID	COUNTRY	X	Y
▶	0	Point	126337	3	1	110020103	ES	-2.642496	43.179792
	1	Point	126338	3	1	110040106	ES	-4.103347	40.904762
	2	Point	126339	4	1	110040106	ES	-4.216599	40.788271
	3	Point	126340	4	1	127010104	PT	-8.623509	41.241202
	4	Point	126341	2	1	110040301	ES	-6.345236	38.909394
	5	Point	126343	3	1	127010701	PT	-9.160092	38.75829
	6	Point	126345	2	1	110050202	ES	-0.0849	39.950325
	7	Point	126346	2	1	127010606	PT	-8.095482	39.798977
	8	Point	126347	2	1	127010606	PT	-8.090378	39.815742
	9	Point	126351	2	1	110030000	ES	-4.112501	40.686614
	10	Point	126352	2	1	110060108	ES	-5.924251	37.185424
	11	Point	126353	2	1	110060108	ES	-5.922549	37.148185
	12	Point	126354	3	1	127010500	PT	-8.742914	37.157379
	13	Point	126355	2	1	127010500	PT	-8.737966	37.098652
	14	Point	126356	3	1	127010500	PT	-8.694159	37.101668
	15	Point	126357	3	1	127010500	PT	-8.537461	37.156288
	16	Point	126358	3	1	127010500	PT	-8.662984	37.139423
	17	Point	126359	3	1	127010500	PT	-8.691731	37.156105
	18	Point	126360	3	1	127010500	PT	-8.633813	37.172846
	19	Point	126361	3	1	127010500	PT	-8.63241	37.158378
	20	Point	126362	3	1	127010500	PT	-8.529186	37.177974
	21	Point	126363	2	1	127010500	PT	-8.532574	37.175016
	22	Point	126364	3	1	127010500	PT	-8.451513	37.150983
	23	Point	126365	3	1	127010500	PT	-8.468661	37.139392
	24	Point	126366	3	1	127010500	PT	-8.357751	37.13564
	25	Point	126367	4	1	127010500	PT	-8.255237	37.136373
	26	Point	126368	2	1	127010500	PT	-8.040736	37.120556
	27	Point	126369	2	1	127010500	PT	-8.050973	37.098624
	28	Point	126370	2	1	127010500	PT	-7.943433	37.024797
	29	Point	126371	2	1	127010500	PT	-7.916986	37.025858
	30	Point	126372	3	1	127010500	PT	-7.929368	37.042627
	31	Point	126373	3	1	127010500	PT	-7.659499	37.124499
	32	Point	126374	3	1	127010500	PT	-7.698447	37.136198
	33	Point	126375	3	1	127010500	PT	-7.491227	37.182052
	34	Point	126376	3	1	127010500	PT	-7.497071	37.199419
	35	Point	126377	2	1	127010500	PT	-7.438548	37.215328
	36	Point	126378	2	1	127010500	PT	-7.489975	37.333502
	37	Point	126379	3	1	127010801	PT	-8.413843	38.116693
	38	Point	126380	4	1	127010805	PT	-8.735481	38.838232
	39	Point	126381	1	1	127010805	PT	-8.631799	39.207939
	40	Point	126382	3	1	127010805	PT	-8.630691	39.180761
	41	Point	126383	3	1	127010805	PT	-8.705174	39.230864
	42	Point	126385	2	1	127010603	PT	-8.76839	39.740847
	43	Point	126386	3	1	127010603	PT	-8.777988	39.766143
	44	Point	126387	3	1	127010603	PT	-8.773348	39.746
	45	Point	126388	3	1	127010603	PT	-8.815567	39.754743
	46	Point	126389	3	1	127010603	PT	-8.818831	39.746371
	47	Point	126390	3	1	127010603	PT	-8.826489	39.729605
	48	Point	126391	2	1	127010603	PT	-8.933912	39.746675

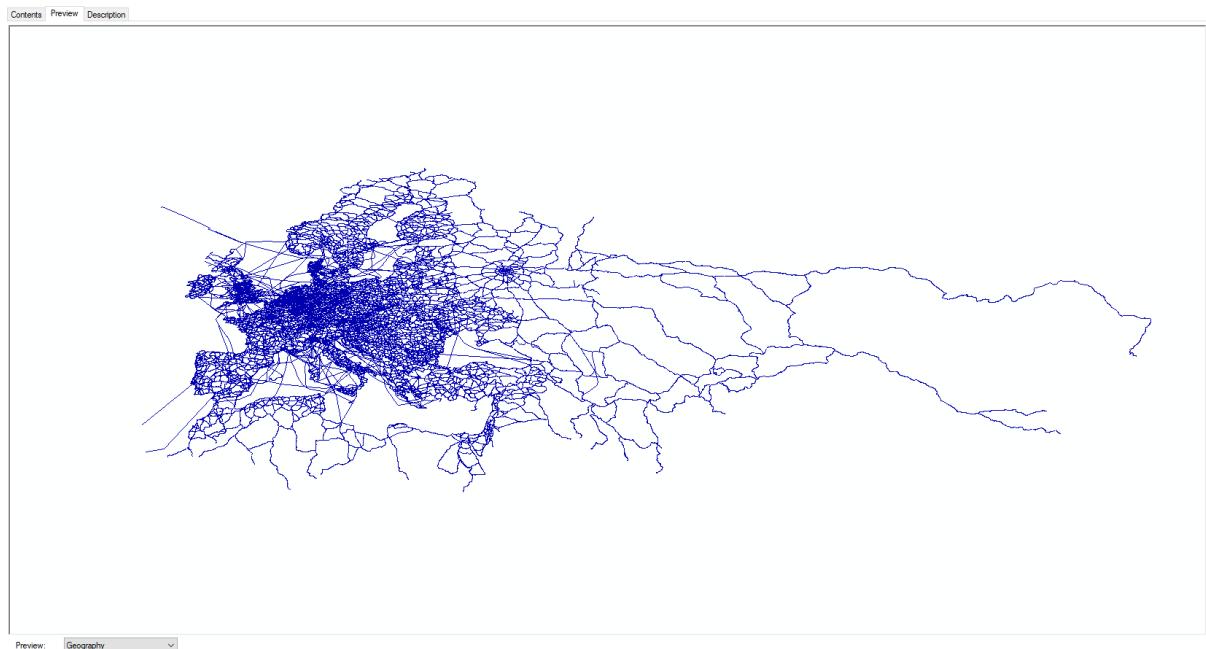
1 ▶ | (of 38987)

Preview: Table

Εικόνα 3-4: Ο Πίνακας Χαρακτηριστικών της βάσης των κόμβων του οδικού δικτύου του ETIS.

Από την Εικόνα 3-4 γίνεται εμφανές ότι εκτός από τη γεωγραφία, δηλαδή τις συντεταγμένες [x,y] του κόμβου που αποτελούν τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα, η βάση αυτή περιέχει και περιγραφική πληροφορία – δηλαδή σε ποια χώρα ή διοικητική ζώνη ανήκει – και λειτουργική πληροφορία, όπως πληροφορία για το αν το κόμβος είναι σε λειτουργία.

Ομοίως, για τους συνδέσμους του οδικού δικτύου του ETIS, οι δύο περιγραφές, γεωγραφική και Πίνακας Χαρακτηριστικών, παρουσιάζονται στις επόμενες εικόνες.



Εικόνα 3-5: Η γεωγραφική παράσταση της βάσης των συνδέσμων του οδικού δικτύου του ETIS.

Contents	Preview	Description																		
FID	Shape *	ID	FromNodeID	ToNodeID	Country	CountryBor	ZoneID	ZoneBorder	NationalNs	Euroname	Active	Length	LinkLength	Shape_Len	OpenFor	OpenBack	FreeSpeedf	FreeSpeedb	LanesFor	LanesBack
0	Polyline	1000607	197074	197072	Germany	0	10700203	0 A7	E45		1	7.957	7959.655	0.071556	1	1	130	80	3	3
1	Polyline	1000608	197100	197101	Germany	0	10700303	0 A7	E45		1	4.452	5471.165	0.052267	1	1	130	80	3	3
2	Polyline	1018144	112526	112529	Germany	0	107100111	0 B20			1	11.442	11429.151	0.062765	1	1	100	60	1	1
3	Polyline	1018123	112804	111708	Germany	0	107100201	0 B364			1	7.16	7160.356	0.064395	1	1	100	60	1	1
4	Polyline	1018413	198378	112723	Germany	0	107100205	1 A4	E40		1	14.387	14397.275	0.139478	1	1	130	80	2	2
5	Polyline	1018414	112724	108506	Germany	0	107100205	0 A44			1	2.514	2513.794	0.022907	1	1	130	80	2	2
6	Polyline	1018415	112724	108507	Germany	0	107100205	0 B264			1	4.863	4863.238	0.043736	1	1	100	60	1	1
7	Polyline	1300308	197543	197544	Germany	0	107042008	0 A2	E30		1	5.83	5829.672	0.052428	1	1	130	80	2	2
8	Polyline	1022206	197547	115062	Germany	0	107042008	0 A10	E55		1	7.098	7098.309	0.063819	1	1	130	80	2	2
9	Polyline	1022080	115044	112007	Germany	0	107040102	1 A10	E55		1	9.603	9603.308	0.086365	1	1	130	80	2	2
10	Polyline	1022081	111991	115044	Germany	0	107040102	0 A10	E55		1	5.534	5533.611	0.049765	1	1	130	80	2	2
11	Polyline	1023115	196675	115672	Germany	0	107090403	0 A28	E22		1	2.638	2637.782	0.023722	1	1	130	80	2	2
12	Polyline	1018550	112674	112792	Germany	0	107100212	0 B56			1	0.899	899.22	0.080867	1	1	100	60	1	1
13	Polyline	1018551	112674	112792	Germany	0	107100212	0 B57			1	1.55	129.107	0.000565	1	1	50	50	1	1
14	Polyline	1020821	122919	115682	Germany	0	107100304	0 B54			1	3.737	3737.264	0.069364	1	1	130	80	2	2
15	Polyline	1024108	123142	123141	Germany	0	107150013	0 B432			1	6.201	201.065	0.01998	1	1	100	60	1	1
16	Polyline	1020834	115792	115770	Germany	0	107100115	0			1	1.974	1974.297	0.017755	1	1	50	50	2	2
17	Polyline	1018363	112560	112698	Germany	0	107100113	1 B9			1	11.488	11487.839	0.103313	1	1	100	60	1	1
18	Polyline	1023408	115770	115793	Germany	0	107100115	0 B58			1	1.816	1815.845	0.01633	1	1	50	50	2	2
19	Polyline	1023409	112587	112586	Germany	0	107100115	0 B58			1	7.898	7898.309	0.071013	1	1	100	60	1	1
20	Polyline	1039172	113339	113330	Germany	0	107140301	1 B1			1	9.683	9682.606	0.080708	1	1	100	60	1	1
21	Polyline	1022186	115137	115138	Germany	0	107042008	0 B2			1	21.358	21358.107	0.192078	1	1	100	60	1	1
22	Polyline	1022188	115056	115139	Germany	0	107042008	0 B102			1	29.494	29494.01	0.265246	1	1	100	60	1	1
23	Polyline	1023733	113010	196546	Germany	0	107100512	0 A2	E34		1	6.167	6168.737	0.055459	1	1	130	80	2	2
24	Polyline	1023752	115858	196557	Germany	0	107100518	1 A2	E34		1	12.571	12571.11	0.130655	1	1	130	80	2	2
25	Polyline	1000402	197132	112560	Germany	0	107100518	0 A14			1	18.836	18836.743	0.101177	1	1	100	60	2	2
26	Polyline	1300303	196412	196401	Germany	0	107100308	0 A51			1	5.653	5652.079	0.050938	1	1	130	80	2	2
27	Polyline	1023577	196560	115853	Germany	0	107100308	0 A2	E34		1	10.754	10752.517	0.096709	1	1	130	80	2	2
28	Polyline	1018152	112542	196404	Germany	0	107100112	1 A3	E35		1	6.482	6482.114	0.058295	1	1	100	60	3	3
29	Polyline	1018161	112543	112112	Germany	0	107100112	1 B8			1	5.618	5617.577	0.052319	1	1	50	50	1	1
30	Polyline	1018231	112806	112803	Germany	1	107100201	1 B1			1	2.528	2525.746	0.022715	1	1	50	50	1	1
31	Polyline	1300308	196410	112567	Germany	0	107100113	0 A540			1	3.264	3263.794	0.029352	1	1	130	80	2	2
32	Polyline	1023328	108482	196429	Germany	0	107100105	0 A52			1	3.059	3059.031	0.027511	1	1	130	80	2	2
33	Polyline	1018186	112568	196428	Germany	0	107100114	0 A52			1	6.198	6197.798	0.055738	1	1	100	60	2	2
34	Polyline	1300309	196430	112396	Germany	0	107100113	0 A52			1	3.752	3752.822	0.033741	1	1	100	60	2	2
35	Polyline	1025332	116927	181033	Netherlands	0	124030206	0 S 100			1	1.948	1948.33	0.017504	1	1	50	50	1	1
36	Polyline	1018107	196554	196554	Netherlands	0	124030206	0			1	1.19	1189.101	0.010501	1	1	80	60	2	2
37	Polyline	1000600	196503	196504	Netherlands	0	124030206	0			1	0.169	397.759	0.011778	1	1	50	50	2	2
38	Polyline	1201193	196100	181037	Netherlands	0	124030203	0 A 9			1	4.289	4289.004	0.038572	1	1	120	80	3	3
39	Polyline	1026244	181037	196098	Netherlands	0	124030203	0 A 22			1	4.68	4670.614	0.041185	1	1	100	60	2	2
40	Polyline	1025243	116891	196092	Netherlands	0	124030203	0 A 22			1	1.743	1743.016	0.015675	1	1	120	80	2	2
41	Polyline	1201052	196092	113594	Netherlands	0	124030203	1 A 9			1	7.632	7632.168	0.070436	1	1	120	80	2	2
42	Polyline	1201053	181037	196092	Netherlands	0	124030203	0 A 9			1	5.927	5926.914	0.053302	1	1	120	80	2	2
43	Polyline	1012768	109467	108321	France	0	112020502	0 N174	E3		1	16.432	16432.379	0.14778	1	1	90	60	1	1
44	Polyline	1005919	108321	109467	France	0	112020502	0 D974			1	10.678	10677.864	0.056027	1	1	90	60	1	1
45	Polyline	1018563	122634	102910	France	0	112080203	0 D35			1	3.38	3387.865	0.030468	1	1	50	50	1	1
46	Polyline	1201006	196102	123690	Portugal	0	127010603	0 A8			1	5.777	5776.564	0.051695	1	1	120	80	2	2
47	Polyline	1001661	101435	101300	Spain	0	110050101	0			1	4.594	4594.101	0.040506	1	1	80	60	2	2

Εικόνα 3-6: Ένα μέρος του Πίνακα Χαρακτηριστικών της βάσης των συνδέσμων του οδικού δικτύου του ETIS.

Είναι προφανές ότι στη βάση αυτή εμπεριέχεται πολύ μεγάλος όγκος γεωγραφικής, δομικής, λειτουργικής αλλά και στατιστικής πληροφορίας. Η αποτύπωση του κάθε μεγέθους γίνεται σε ξεχωριστό αρχείο. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι τα πεδία στη συγκεκριμένη βάση είναι τα ακόλουθα:

ΠΕΔΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
OBJECTID	Μοναδικό κλειδί για το ArcGIS	
ID	Μοναδικό Κλειδί	
SHAPE	Είδος γεωμετρικού αντικειμένου ArcGIS	
FROMNODEID	Το ID του κόμβου αρχής του συνδέσμου (αρχικός κόμβος)	
TONODEID	Το ID του κόμβου τέλους του συνδέσμου (τελικός κόμβος)	
COUNTRY	Χώρα στην οποία βρίσκεται ο σύνδεσμος	
COUNTRYBORDER	Υποδεικνύει αν ο σύνδεσμος περνάει μέσα από σύνορα δύο χωρών	
ZONEID	Διοικητική ζώνη στην οποία βρίσκεται ο σύνδεσμος	
ZONEBORDERCROSSING	Υποδηλώνει αν ο σύνδεσμος περνάει μέσα από όρια δύο χωρών	
NATIONALNAME	Εθνικό όνομα του συνδέσμου	
EURONAME	Ευρωπαϊκό όνομα του συνδέσμου	
ACTIVE	Υποδηλώνει αν ο σύνδεσμος είναι σε λειτουργία ή όχι	
LENGTH	Το μήκος του συνδέσμου σε χιλιόμετρα	km
LINKLENGTH	Το μήκος του συνδέσμου σε μέτρα	m
SHAPE_LENGTH	Το μήκος του συνδέσμου στο ArcGIS	
OPENFOR	Υποδηλώνει αν ο σύνδεσμος μπορεί να διασχιστεί από τον αρχικό προς τον τελικό κόμβο	
OPENBACK	Υποδηλώνει αν ο σύνδεσμος μπορεί να διασχιστεί από τον τελικό προς τον αρχικό κόμβο	
FREESPEEDPASS	Ταχύτητα επιβατικών οχημάτων σε κανονικές συνθήκες	km/h
FREESPEEDFREIGHT	Ταχύτητα φορτηγών οχημάτων σε κανονικές συνθήκες	km/h
LANESFOR	Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας στην κατεύθυνση από τον αρχικό προς τον τελικό κόμβο	lanes
LANESBACK	Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας στην κατεύθυνση από τον τελικό προς τον αρχικό κόμβο	lanes
LINKTYPEID	Το είδος του συνδέσμου	
ROADCLASS	Η οδική κατηγορία του δρόμου	
URBAN	Υποδηλώνει αν ο σύνδεσμος βρίσκεται σε αστική περιοχή ή όχι	
LANEHCFOR	Ωριαία κίνηση ανά λωρίδα κυκλοφορίας στην κατεύθυνση από τον αρχικό προς τον τελικό κόμβο	passenger cars/h per lane
LANEHCBACK	Ωριαία κίνηση ανά λωρίδα κυκλοφορίας στην κατεύθυνση από τον τελικό προς τον αρχικό κόμβο	passenger cars/h per lane
GENERICTOLLCOSTPC	Γενικό κόστος διοδίων για επιβατικά αυτοκίνητα	€
LINKSPECIFICTOLLCOSTPC	Κόστος διοδίων για το συγκεκριμένο σύνδεσμο για επιβατικά αυτοκίνητα	€
TOLLCOSTPC	Συνολικό κόστος διοδίων για επιβατικά αυτοκίνητα	€
FUELCOSTPC	Κόστος καυσίμων για επιβατικά αυτοκίνητα	€
LINKSPECIFICTOLLCOSTTR	Κόστος διοδίων για το συγκεκριμένο σύνδεσμο για φορτηγά οχήματα	€
TOLLCOSTTR	Συνολικό κόστος διοδίων για φορτηγά οχήματα	€
FUELCOSTTR	Κόστος καυσίμων για φορτηγά οχήματα	€
LINKCOSTPC	Συνολικό κόστος διάβασης του συνδέσμου για επιβατικά αυτοκίνητα	€
LINKCOSTTR	Συνολικό κόστος διάβασης του συνδέσμου για φορτηγά	€
FERRYFREQ	Αριθμός φέριμποτ ανά ημέρα	ferries/day
FERRYSAILINGTIME	Χρόνος πλεύσης της διαδρομής	min
FERRYWAITINGTIME	Μέσος χρόνος αναμονής	min
FERRYCOSTPC	Κόστος φέριμποτ για επιβατικά οχήματα	€
FERRYCOSTTR	Κόστος φέριμποτ για φορτηγά	€
TRAFFICCOUNTPASS	Συνολικός αριθμός επιβατών το χρόνον	passengers/year
TRAFFICCOUNTFREIGHT	Συνολικό βάρος μεταφερθέντος φορτίου	tons/year
AADT	Μέση Ημερήσια Κίνηση ανά Έτος (Average Annual Daily Traffic)	vehicles/day

AADTPASSCARS	Μέση Ημερήσια Κίνηση Επιβατικών Αυτοκινήτων ανά Έτος	passenger cars/day
AADTRUCKS	Μέση Ημερήσια Κίνηση Φορτηγών ανά Έτος	trucks/day
AADTCOACHES	Μέση Ημερήσια Κίνηση Λεωφορείων ανά Έτος	coaches/day
AADTUNECE	Μέση Ημερήσια Κίνηση ανά Έτος (UN/ECE)	vehicles/day
AADTTV2	Μέση Ημερήσια Κίνηση ανά Έτος (TTv2)	vehicles/day
AADTCARSTTV2	Μέση Ημερήσια Κίνηση Επιβατικών Οχημάτων ανά Έτος (TTv2)	passenger cars/day
TRAFFICCOUNTTTV2SOURCE	Ενδείκηση της πηγής των δεδομένων TTv2	
ENABLED	Υποδηλώνει αν ο σύνδεσμος πρέπει να ζωγραφιστεί στον χάρτη (απαραίτητο για το ArcGIS)	

Πίνακας 3-1: Τα πεδία του Πίνακα Χαρακτηριστικών των συνδέσμων του οδικού δικτύου του ETIS.

Από τα προηγούμενα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο Πίνακας Χαρακτηριστικών (Attribute Table) μίας βάσης δεδομένων είναι εκείνη η δομή, η οποία:

- Περιγράφει τη συνδεσιμότητα του δικτύου, στηριζόμενο στη γεωγραφική συνέχεια.
- Περιέχει πληροφορία για την υποδομή του δικτύου μεταφορών.
- Περιέχει λειτουργική πληροφορία για τη δυνατότητα χρήσης του δικτύου.
- Περιέχει πληροφορίες για τη στατιστική χρήση των δικτύων στις μεταφορές.

Είναι σαφές ότι η γεωγραφική συνέχεια καθορίζει τη συνδεσιμότητα δύο κόμβων.

3.5 Είδος και όγκος γεωσυσχετισμένης πληροφορίας και τρόπος συσχέτισης αυτής για μία κατηγορία πρακτικών εφαρμογών

Θα εξετάσουμε εν συντομίᾳ τη γεωγραφική και τη γεωσυσχετισμένη πληροφορία που είναι αναγκαία σε μία εφαρμογή της πράξης. Για να γίνει μια αντιπροσωπευτική, αλλά εμπεριστατωμένη μελέτη αναγκών σε δεδομένα και προγράμματα, σχεδιάστηκε σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό λεπτομέρειας και εκτελέστηκε εικονικά ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποστολής. Η αποστολή αυτή περιλάμβανε την εσπευσμένη μεταφορά ενός πολιτικού αξιωματούχου από την εξοχική του κατοικία στην Αίγινα στο κατάλληλο νοσοκομειακό τμήμα στην Αθήνα, έπειτα από επιπλοκές στην υγεία του. Για κάθε τμήμα (υποαποστολή) της αποστολής αυτής εξετάστηκαν οι ανάγκες σε δεδομένα, ώστε να σχηματιστεί μία πρώτη, αντιπροσωπευτική εικόνα του επιθυμητού πυρήνα (κυρίως γεωσυσχετισμένων) δεδομένων. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά εξετάστηκαν περαιτέρω, με σκοπό να διερευνηθούν οι ειδικές ανάγκες χειρισμού και οργάνωσης τους σε ένα κοινό πυρήνα εσωτερικά συμβατών και διαλειτουργικών δεδομένων. Τα απαραίτητα γεωγραφικά και γεωσυσχετισμένα για τον χρήστη του ΠΣ που θα εκτελέσει αυτήν την εφαρμογή αναλύονται λεπτομερώς στην Εργασία (Τσαβδαρίδης & Κουκούτσης, Ανάγκες Ειδικού Χειρισμού Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας σε Συστήματα Διαχείρισης Κρίσεων και Παρακολούθησης και Ελέγχου Επιχειρησιακών Χειρισμών, 2013), από την οποία θα κρατήσουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

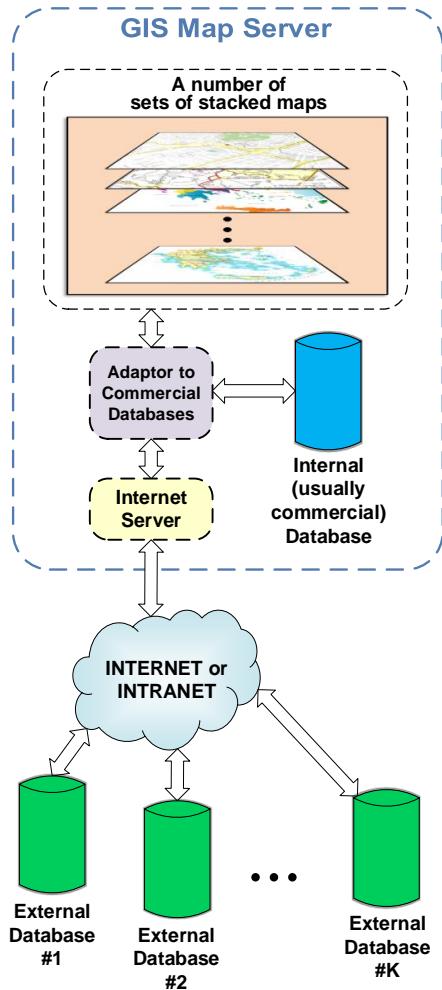
- Ο όγκος της συνολικής πληροφορίας που είναι αναγκαίος για τη συνολική αποστολή, αλλά και για κάθε μία από τις απλούστερες υποαποστολές, στις οποίες θα μπορούσαμε να τη διαχωρίσουμε και εξετάστηκαν είναι εντυπωσιακά μεγαλύτερος από όσο κανείς θα περίμενε (όπως, εξ άλλου, ο συγγραφέας της εργασίας και η ομάδα του Εργαστηρίου περίμεναν).

- Το συντριπτικά κυρίαρχο ποσοστό της πληροφορίας αυτής ήταν άμεσα ή έμμεσα γεωσυσχετισμένη. Τονίζεται ότι σύνολα επιχειρησιακών δεδομένων που δεν θα περίμενε κανείς να είναι γεωσυσχετισμένα, ήταν, στην πραγματικότητα, έμμεσα γεωσυσχετισμένα. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι στοιχεία όπως νομοθεσία, κανονισμοί, οδηγίες και διαταγές, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά περιοχών, επιδημιολογικά χαρακτηριστικά περιοχών, δυνατοί τρόποι επείγουσας μεταφοράς και πλήθος άλλων δεδομένων είναι και αυτά, στην πραγματικότητα, γεωσυσχετισμένα δεδομένα.
- Υπάρχουν σαφή προβλήματα εσωτερικής συμβατότητας και διαλειτουργικότητας των επιθυμητών δεδομένων, που οφείλονται στην ύπαρξη πολλών ανεξάρτητων πηγών πληροφορίας, καθώς και στον μεγάλο όγκο, στην εσωτερική πολυπλοκότητα, στην πολυμορφία της σχετικής πληροφορίας και στην χρήση της συνήθους αρχιτεκτονικής οργάνωσης της πληροφορίας αυτής.
- Είναι απαραίτητη η κατασκευή οργανωμένων πυρήνων γεωσυσχετισμένων δεδομένων (και προγραμμάτων) για την υποστήριξη επιχειρησιακών διαδικασιών και αποστολών. Η ανάπτυξη των συγκεκριμένων πυρήνων πρέπει να γίνει με συστηματικό και ορθολογιστικό τρόπο, ώστε οι πυρήνες αυτοί να μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικό αριθμό διαφορετικών αποστολών. Με τον τρόπο αυτό θα επιτυγχάνεται η μέγιστη επαναχρησιμοποίηση συνόλων δεδομένων (maximum data reuse).
- Είναι σκόπιμη η εκ των προτέρων ανάπτυξη πυρήνων δεδομένων του τύπου αυτού, λόγω του σημαντικού χρόνου και κόστους που μια τέτοια ανάπτυξη απαιτεί.

3.6 Η συνήθης αρχιτεκτονική της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας: «Χάρτες Υπεράνω Θεμάτων»

Έχει δειχθεί ήδη από τις προηγούμενες ενότητες ότι το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας που εμπλέκεται στα συστήματα που εξετάζονται στην παρούσα εργασία είναι γεωσυσχετισμένη. Αν εξετάσουμε μακροσκοπικά τον συνήθη τρόπο οργάνωσης της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας στα εξεταζόμενα συστήματα, θα παρατηρήσουμε ότι τις περισσότερες φορές βασίζεται σε ένα σύστημα GIS (απλό ή σύνθετο), στο οποίο αποθηκεύεται ένα σύνολο χαρτών, που περιλαμβάνουν:

- Τις σημαντικές οντότητες, οι οποίες συνήθως περιέχονται σε ακολουθίες στοιβαγμένων επιπέδων πληροφορίας.
- Γεωσυσχετισμένη πληροφορία που διασυνδέεται με τις οντότητες αυτές ως χαρακτηριστικά (attributes) και συνήθως βρίσκεται οργανωμένη σε ένα GIS.
- Υπόλοιπη πληροφορία που αφορά τις εφαρμογές ή τις υπηρεσίες που παρέχει το σύστημα και συνδέεται με τις οντότητες αυτές, προέρχεται είτε από τοπικές βάσεις δεδομένων, είτε ενδεχόμενα χωρικά διασπαρμένες στο διαδίκτυο εξωτερικές βάσεις δεδομένων.



Εικόνα 3-7: Η σύγχρονη οργάνωση της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας με τους χάρτες να διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο.

Στην Εικόνα 3-7 είναι εύκολο να παρατηρήσουμε ότι πρωταρχικό στοιχείο οργάνωσης του συστήματος αυτού είναι οι Χάρτες (και οι σχετικές σημαντικές οντότητες) και όχι το θέμα ή η εφαρμογή, για την οποία οι Χάρτες και οι οντότητες είναι αναγκαίοι. Εξαιτίας της μορφής της, λοιπόν, ονομάζουμε την αρχιτεκτονική αυτή «Χάρτες Υπεράνω Θεμάτων»

Αν και η αρχιτεκτονική αυτή είναι αρκετά ισχυρή, έχει ένα άνω όριο ευρωστίας. Όταν ο όγκος, η πολυθεματικότητα, και, επομένως, η πολυμορφία της πληροφορίας αυξάνεται, η λειτουργία του συστήματος επιβαρύνεται και το ίδιο το σύστημα τείνει να γίνεται δύσχρηστο και δύσκολα διαχειρίσιμο (έως και μη διαχειρίσιμο), όπως πολλές φορές έχει αποδειχθεί στην πράξη.

3.7 Η συνήθης οργάνωση των πυρήνων των γεωσυσχετισμένων δεδομένων που αφορούν σε εφαρμογές στον τομέα των μεταφορών

Όπως γίνεται κατανοητό από τις προηγούμενες ενότητες, τόσο στις δύο φάσεις του Ευρωπαϊκού Προγράμματος ETIS, καθώς και σε άλλα Πληροφοριακά Συστήματα στον Τομέα των Συγκοινωνιών

και των Μεταφορών, ο τρόπος οργάνωσης της πληροφορίας, τόσο της γεωγραφικής, όσο και της γεωσυσχετισμένης παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά:

- Δημιουργούνται πολλές διαφορετικές γεωγραφικές βάσεις δεδομένων, ανάλογα (συνήθως) με τον σκοπό που η κάθε μία από αυτές εξυπηρετεί, στις οποίες αποθηκεύεται το σύνολο της σχετικής γεωσυσχετισμένης πληροφορίας. Για παράδειγμα, σε ξεχωριστή γεωγραφική βάση δεδομένων τοποθετούνται τα χερσαία δίκτυα μεταφορών και σε ξεχωριστή αυτά των πλοίων, ενώ οι σιδηρόδρομοι τηρούνται σε μία τρίτη. Τα δίκτυα των εναέριων μεταφορών, τα οποία δεν έχουν προκαθορισμένη γεωγραφική σύζευξη (αποτύπωση στο χάρτη), αλλά λογική συνδεσιμότητα, παρατηρήσαμε πως δεν υπάρχουν καθόλου ως παράσταση στο GIS, παρά μόνο ως μια σχέση (πίνακας) στα δεδομένα του ETIS.
- Σε κάθε μία από τις ξεχωριστές βάσεις εμπεριέχεται ένα ή περισσότερα επίπεδα (layers) γεωγραφικών αντικειμένων, μαζί με το σύνολο της πληροφορίας που σχετίζεται με τα αντικείμενα αυτά. Για παράδειγμα, η γεωγραφική βάση για τα οδικά δίκτυα εμπεριέχει ένα επίπεδο με όλους τους κόμβους του οδικού δικτύου (μεγάλες πόλεις, μικρές πόλεις, διασταυρώσεις και άλλα σημεία ενδιαφέροντος), το οποίο αναφέρεται ως «επίπεδο των κόμβων (nodes)», μαζί με όλη τη δομική, λειτουργική, περιγραφική και στατιστική πληροφορία που τους συνοδεύει, με τη μορφή πεδίων στον ίδιο πίνακα. Οι κόμβοι αυτοί έχουν συνήθως διαφορετική σημασία, δηλαδή τόσο οι μεγάλες πόλεις όσο και άσχετα με την εκάστοτε εφαρμογή σημεία ενδιαφέροντος συγκαταλέγονται στο ίδιο επίπεδο. Επί πλέον, οι κόμβοι του ίδιου επιπέδου είναι δυνατόν να έχουν διαφορετική λειτουργικότητα για ένα δίκτυο. Ο εμπορευματικός σταθμός του σιδηροδρομικού δικτύου στην Αθήνα μπορεί να εμφανίζεται ως ένας κόμβος του δικτύου και να συμπίπτει γεωγραφικά με τον σταθμό Λαρίσης, ενώ ταυτόχρονα ο επόμενος κόμβος στο ίδιο δίκτυο να είναι μόνο επιβατικός σταθμός.
- Σε ένα άλλο επίπεδο (layer) της ίδια βάσης περιέχονται όλοι οι σύνδεσμοι (links) του οδικού δικτύου, τα άκρα των οποίων συμπίπτουν γεωγραφικά με τους κόμβους του προηγούμενου επιπέδου, εκ νέου μαζί με όλη την συσχετισμένη πληροφορία (δομική, λειτουργική, περιγραφική και στατιστική) που αφορά καθολικά στον εκάστοτε σύνδεσμο. Παραδείγματος χάριν, η πληροφορία για το μέγιστο όριο ταχύτητας σε έναν δρόμο αφορά ολόκληρο τον εκάστοτε σύνδεσμο και δεν μπορεί να αφορά μέρος του.
- Η κυκλοφοριακή συνέχεια μεταξύ δύο ή περισσοτέρων συνδέσμων σχετίζεται άμεσα με τη γεωγραφική τους συνέχεια. Σε πολλά από τα συστήματα αυτά η κυκλοφοριακή συνέχεια συμπεραίνεται άμεσα ή έμμεσα από τη γεωγραφική συνέχεια. Δεν υπάρχει κάποια σχέση (πίνακας) στη βάση δεδομένων που να δηλώνει ρητά με ποιους συνδέσμους (ή και κόμβους) του δικτύου βρίσκεται σε επαφή (ή έχει άλλη λογική σύνδεση) ένας σύνδεσμος του εξεταζόμενου επιπέδου.
- Το χαρτογραφικό υπόβαθρο τηρείται ξεχωριστά και χρησιμοποιείται μόνο κατά περίπτωση. Σε πολλές, βέβαια, εφαρμογές ως χαρτογραφικό υπόβαθρο χρησιμοποιείται κάποιος χάρτης ή κάποια γεωσυσχετισμένη εικόνα της περιοχής, π.χ. μια εικόνα όπου απεικονίζονται οι χώρες με τα σύνορά τους, ή η εικόνα των διοικητικών περιοχών ή η εικόνα από έναν δορυφόρο κ.τ.λ.
- Όλη η πρόσθετη πληροφορία που μπορεί να αφορά σε γεωγραφικά αντικείμενα ή να είναι ευρύτερη πληροφορία που πρέπει να διασυνδεθεί ή να τηρηθεί στο σύστημα, αποθηκεύεται

με τη μορφή πινάκων, οι οποίοι σχετίζονται με τα γεωσυσχετισμένα δεδομένα και τις πληροφορίες με μοναδικά πεδία-κλειδιά.

- Τέλος, στο σύστημα ενδέχεται να υπάρχει γεωσυσχετισμένη πληροφορία με τη μορφή πινάκων που οργανώνονται εκτός των βάσεων δεδομένων, όπως γίνεται για τις αεροπορικές διαδρομές. Οι πίνακες αυτοί μπορεί, ενδεχομένως να γίνουν πολλών διαστάσεων, όπως παράδειγμα οι ροές εμπορευμάτων μεταξύ των διοικητικών περιοχών της Ευρώπης, διαχωρισμένες ανάλογα με την κατηγορία κάθε εμπορεύματος από το Eurostat.

Αυτή είναι η συνηθέστερη μέθοδος οργάνωσης των γεωσυσχετισμένων δεδομένων που απαντάται σήμερα σε όλα σχεδόν τα GIS. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν τα προβλήματα και οι περιορισμοί που επιβάλλονται από αυτήν την οργάνωση των δεδομένων στη διατήρηση ενός ευρύτερου συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών καθώς και στην ανάπτυξη σχετικών εφαρμογών.

4

Τα προβλήματα που προκύπτουν από την έως τώρα χρησιμοποιούμενη δομή των δεδομένων και οι άμεσοι και έμμεσοι περιορισμοί που επιβάλλονται εξ' αιτίας της.

Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφούν τα προβλήματα που ανακύπτουν από την αναφερθείσα στην Κεφάλαιο 3 δομή των γεωγραφικών και των γεωσυσχετισμένων δεδομένων, όπως αυτά έχουν περιγραφεί και στα Επιστημονικά Άρθρα (Καραδήμας, και συν., 2013) που παρουσιάστηκε στο 2ο Διεθνές Συνέδριο για Εφαρμογές Μαθηματικών και Πληροφορικής στη Στρατιωτική Επιστήμη και στο (Φωτόπουλος, Τσακαλίδου, Κουκούτσης, Μαυριάς, & Τσαπραλής, 2014) που παρουσιάστηκε στο 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGIS, από ομάδα του Εργαστηρίου μέλος της οποίας είναι και ο συγγραφέας της παρούσας Εργασίας.

Θα πρέπει να τονιστεί, επίσης, ότι στο κεφάλαιο αυτό δε θα γίνει αναφορά στην ποιότητα των παρεχόμενων δεδομένων. Δηλαδή, σχετικά προβλήματα από την έως τώρα χρησιμοποιούμενη δομή των δεδομένων ανακύπτουν και ως προς την ορθότητα και ως προς την πληρότητα των δεδομένων. Παραδείγματος χάριν, έχουν παρατηρηθεί ασυνέχειες μεταξύ των κάποιων διαδοχικών συνδέσμων ή γεωγραφική διαφορά μεταξύ της κορυφής ενός συνδέσμου στο επίπεδο των συνδέσμων και του αντιστοίχου σημείου στο επίπεδο των κόμβων. Είναι σαφές πως κάθε νέα ψηφιοποίηση των δεδομένων, προκειμένου αυτά να αποθηκευτούν σε μια νέα βάση ενδέχεται να δημιουργήσει αλλοιώσεις ή τροποποιήσεις ή ακόμα και απώλεια ουσιαστικής σημασίας πληροφορίας. Το γεγονός αυτό, όμως, δεν είναι επί του σκοπού της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

4.1 Σοβαρότατα προβλήματα που προκύπτουν από τον όγκο, τη διαφοροποίηση και την πολυπλοκότητα της πληροφορίας

Είναι εμφανές ότι τα γεωγραφικά και γεωσυσχετισμένα δεδομένα, τα οποία αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3 έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Έχουν σημαντικά μεγάλο όγκο. Τα δεδομένα που εξετάζονται πρέπει να καλύπτουν το σύνολο της Ευρωπαϊκή Ένωσης, ενώ ταυτόχρονα να υπάρχει και να τηρείται πληροφορία για όλους τις αντίστοιχες εφαρμογές για κάθε κράτος ξεχωριστά. Επομένως, υπάρχει ο πολύ σοβαρός κίνδυνος να καταστούν τα υπό εξέταση συστήματα δύσκολα στον χειρισμό και μη ελέγχιμα.
- Αρκετά από τα δεδομένα αυτά παρουσιάζουν σημαντική εσωτερική πολυπλοκότητα. Για παράδειγμα, τέτοιου είδους πληροφορία είναι η ακριβής εσωτερική περιγραφή των οδικών δικτύων, η οποία είναι αναγκαία για τους σύγχρονους αλγορίθμους πλοήγησης, πάνω στην

οποία πρέπει να διασυνδέεται κατάλληλα και επί πλέον πληροφορία για την κυκλοφοριακή κατάσταση των δρόμων.

- Είναι καθοριστική η θεματική διαφοροποίηση, τόσο των διαφορετικών εφαρμογών, όσο και των επί μέρους τμημάτων μιας ευρύτερης εφαρμογής.

Είναι προφανές ότι η θεματική διαφοροποίηση έχει, μεταξύ άλλων, τις ακόλουθες επιπτώσεις:

- Υπάρχει **ισχυρή διαφοροποίηση** των αναγκαίων δεδομένων ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή (διαφορετική μορφή, εσωτερική παράσταση, τρόπος χειρισμού κ.τ.λ.)
- Δημιουργείται **ισχυρή πολυμορφία** μεταξύ της πληροφορίας. Απαιτείται, δηλαδή, διαφορετικό είδος πληροφορίας για την περιγραφή και διαφορετικός τρόπος χειρισμού των δεδομένων αυτών, ανάλογα με τον σκοπό, για τον οποίον αυτά χρησιμοποιούνται.
- Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει ο δημιουργός του συστήματος να περιμένει ότι τα δεδομένα ενδέχεται να μην είναι εσωτερικά συμβατά (*innerly compatible*), δηλαδή να μην είναι δυνατόν να οργανωθούν αποδοτικά στο ίδιο Πληροφοριακό Σύστημα (χωρίς κόστος χρόνου ή χρημάτων) ή να μην είναι εσωτερικά διαλειτουργικά (*innerly interoperable*), δηλαδή να μην είναι εφικτή η χρήση τους με τα υπόλοιπα δεδομένα, ώστε να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή αποτελεσμάτων ή τη λήψη αποφάσεων.
- Όπως παρουσιάστηκε στην Ενότητα 3.1, τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή μπορεί να προέρχονται από 1 ή περισσότερες, πρακτικά αυτόνομες πηγές, με αποτέλεσμα να είναι ετερογενή, με αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητα σε κατάλληλη μορφή για χρήση στην παρούσα εφαρμογή.
- Επί πλέον, τα δεδομένα, όπως σημειώθηκε και στην Ενότητα 3.2 μπορεί να **μεταβάλλονται γρήγορα** ως προς το χρόνο, οπότε να είναι απαραίτητος ειδικός χειρισμός, συγκεκριμένος τρόπος αποθήκευσης ή συνεχείς πράξεις επί των δεδομένων αυτών.

Συνεπώς, εύκολα καταλήγει κανείς στη διαπίστωση ότι ο μεγάλος όγκος, η αυξημένη εσωτερική πολυπλοκότητα και η πολυμορφία της πληροφορίας, εξαιτίας του είδους της, της πηγής από την οποία προέρχεται και του σκοπού που εξυπηρετεί δημιουργούν ιδιαιτέρως σημαντικά προβλήματα, τα οποία σήμερα αντιμετωπίζονται μόνο με την απώλεια χρόνου ή/και χρήματος.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι συνέπειες της προηγούμενης διαπίστωσης στη μορφή και τη λειτουργία των σημερινών πληροφοριακών συστημάτων, στα οποία πρέπει να αναπτυχθούν πυρήνες δεδομένων και πληροφορίας μεγάλου όγκου, αυξημένης εσωτερικής πολυπλοκότητας και σημαντικής πολυμορφίας, σαν αυτούς που εξετάστηκαν στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας:

- Συνήθως, οι τρόποι οργάνωσης των σύγχρονων συστημάτων ακολουθούν κατά περίπτωση, **ευρεστικές μεθοδολογίες** και **μορφές εσωτερικής αρχιτεκτονικής** (*ad hoc heuristic methodologies and internal architectures*). Η πράξη έχει επανειλημμένα αποδείξει ότι, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι λύσεις αυτές δεν είναι στην πραγματικότητα κατάλληλες για πολυθεματικούς και μεγάλου όγκου πυρήνες δεδομένων.
- Ως αποτέλεσμα του προηγούμενου σημείου, η **συντριπτική πλειοψηφία** (με λίγες εξαιρέσεις μόνον) των συστημάτων με πολυθεματικούς και μεγάλου όγκου πυρήνες δεδομένων (κυρίως) γεωσυσχετισμένης πληροφορίας τείνουν να έρθουν σε μια κατάσταση, καθώς

αναπτύσσονται οι πυρήνες τους, στην οποία ο έλεγχός τους γίνεται πολύ δύσκολος ή και αδύνατος (they become unmanageable or even uncontrollable). Ακόμη και πριν φθάσουν σε αυτήν την κατάσταση, όμως, παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα στην επικαιροποίηση και αναβάθμιση (updating and upgrading) τόσο του πυρήνα δεδομένων τους, όσο και του λογισμικού τους.

Οι εξαιρέσεις που αναφέρθηκαν αφορούν κυρίως πολύ επιτυχημένες μηχανές αναζήτησης πληροφορίας (search engines) στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web). Ακόμη και σε αυτές τις πετυχημένες περιπτώσεις όμως, τα δεδομένα δεν έχουν απαραίτητα την επιθυμητή εσωτερική διαλειτουργικότητα που απαιτείται από τα δεδομένα των υπό συζήτηση πυρήνων.

- Ύστερα δε από ένα κατώφλι μεγέθους ή πολυπλοκότητας των προαναφερθέντων συστημάτων, είναι πρακτικά αδύνατο να αυξήσει ή τροποποιήσει κανείς το εύρος των λειτουργιών ή του πυρήνα δεδομένων των συστημάτων αυτών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η λύση που έχει επανειλημμένα προτιμηθεί στο παρελθόν είναι η απόρριψη του εκάστοτε συστήματος και η εξ αρχής σχεδίαση και υλοποίηση ενός ολικά νέου συστήματος, λύση σαφώς οδυνηρή.

Είναι επιτακτική, επομένως, η ανάγκη εύρεσης συστηματικής, γενικής και νομοτελειακής μεθόδου ανάπτυξης πυρήνων δεδομένων και πληροφορίας μεγάλου όγκου, αυξημένης εσωτερικής πολυπλοκότητας και σημαντικής πολυμορφίας. Μια μέθοδος του τύπου αυτού θα προταθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

4.2 Άμεσα προβλήματα που δημιουργεί η συμβατική δομή οργάνωσης των δεδομένων.

Αρχικά θα εξεταστούν τα προβλήματα που δημιουργούνται άμεσα από τον μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενο τρόπο οργάνωσης των δεδομένων. Τα προβλήματα αυτά συνοψίζονται στα επόμενα:

- Η παρουσία πολλών ενδιάμεσων κόμβων.

Σε πολλές εφαρμογές του τομέα των Μεταφορών και των Συγκοινωνιών χρησιμοποιούνται πολλοί ενδιάμεσοι κόμβοι, οι οποίοι ούτε είναι διασταυρώσεις, ούτε έχουν πρακτικά λειτουργική σημασία για την εκάστοτε εφαρμογή. Μελετώντας τους ενδιάμεσους αυτούς κόμβους στα δεδομένα των δικτύων του προγράμματος ETIS, οι κόμβοι μπορεί να έχουν προέλθει ως εξής:

- Έχουν προστεθεί μικρής σημασίας πραγματικοί κόμβοι του δικτύου, οι οποίοι έχουν αποθηκευτεί στο σύστημα για την πληρότητα ψηφιοποίησής του. Τέτοιοι κόμβοι αποτελούν γέφυρες, ανισόπεδες διαβάσεις, σταθμοί ή στάσεις (π.χ. Σταθμοί Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (ΣΕΑ) σε μεγάλους αυτοκινητοδρόμους, σταθμοί λεωφορείων ή τραίνων, κ.τ.λ.)
- Υπήρξε προσωρινή παύση κατά τη διαδικασία της ψηφιοποίησης του αντίστοιχου τμήματος, οπότε στο σημείο αυτό προστέθηκε αναγκαστικά ενδιάμεσος κόμβος, προκειμένου να αποθηκευτεί η αντίστοιχη πληροφορία.
- Η ψηφιοποίηση έγινε από ειδικούς, οι οποίοι ωστόσο είχαν άγνοια των χαρακτηριστικών της περιοχής. Για παράδειγμα, η ψηφιοποίηση του ελληνικού δικτύου μπορεί να έγινε από

Άγγλους ή Γερμανούς ειδικούς σε θέματα μεταφορών, οι οποίοι, ως εκ τούτου μπορεί να μην έχουν όλη την απαραίτητα γνώση για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ελληνικών δρόμων, παρά μόνο μία ψηφιακή φωτογραφία του προς ψηφιοποίηση ελληνικού οδικού δικτύου.

- Τέλος, από οποιονδήποτε αντίστοιχης σημασίας λόγο.

Οι ενδιάμεσοι αυτοί άνευ λειτουργικής σημασίας για την εφαρμογή κόμβοι αυξάνουν τις υπολογιστικές απαιτήσεις στους αλγορίθμους υπολογισμού της βελτιστοποίησης διαδρομών και είναι επιθυμητό να απαλειφθούν από την περιγραφή του δικτύου. Όμως, στην περίπτωση απαλοιφής, τροποποιείται η αρχική αρίθμηση των στοιχείων του δικτύου και ταυτόχρονα χάνεται και η αντίστοιχη με το αρχικό δίκτυο. Εξ ’αιτίας αυτού δημιουργούνται προβλήματα στη χρήση γνωστών προγραμμάτων, όπως το TransCAD.

- Η παρουσία πλεοναζόντων κόμβων ίδιας λειτουργικότητας, αλλά διαφορετικής σημασίας.

Επί πλέον, συχνά παρατηρείται η περίπτωση κατά την οποία στην περιγραφή του δικτύου υπάρχουν πλεονάζοντες κόμβοι, οι οποίοι, αν και έχουν την ίδια λειτουργικότητα, έχουν εντελώς διαφορετική σημασία για την εφαρμογή. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι στο σιδηροδρομικό δίκτυο του ΕΤΙΣ περιγράφονται με εντελώς ισοδύναμο τρόπο όλοι οι σταθμοί, ακόμα και οι μικρότεροι, ήσονος σημασίας σταθμοί, όπως και οι τοπικές διαδρομές, δυσχεραίνοντας την επίλυση προβλημάτων που αφορούν σε διεθνείς μεταφορές.

- Η διαφορά στη λειτουργικότητα των κόμβων ίσης σημασίας για την εκάστοτε εφαρμογή.

Κάθε εφαρμογή έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε γεωγραφική και γεωσυσχετισμένη πληροφορία, ακόμα κι αν αφορά στο ίδιο δίκτυο. Για παράδειγμα, όταν εξετάζουμε τη λειτουργία μιας σιδηροδρομικής υπηρεσίας που εξυπηρετεί μόνο μεγάλες πόλεις (intercity), μία διασταύρωση αποτελεί κόμβο επιβίβασης/αποβίβασης επιβατών, μόνο εάν στη διασταύρωση αυτή προβλέπεται στάση του συρμού. Αντίστοιχα, όταν εξετάζουμε μεταφορές φορτίων (freight ή cargo), ένας σιδηροδρομικός σταθμός αποτελεί κόμβο, μόνο εάν ο σταθμός αυτός είναι (και λειτουργεί) εμπορευματικός και υπάρχει ειδικός εξοπλισμός για το χειρισμό των φορτίων αυτών.

- Προβλήματα διαχείρισης πληροφορίας σε ειδικότερες εφαρμογές περιορισμένου σκοπού ή χρόνου.

Σε πολλές περιπτώσεις τα υπολογιστικά μοντέλα μπορεί να έχουν την απαίτηση προβολής ολόκληρου του δικτύου, αλλά τη χρήση υποσυνόλων των δικτύων, ενδεχομένως μετασχηματισμένων.

4.3 Περιορισμοί που επιβάλλονται από τον συνήθη τρόπο οργάνωσης της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας

Στην Ενότητα 4.1 παρουσιάστηκαν τα προβλήματα που ανακύπτουν από το γεγονός ότι τα γεωσυσχετισμένα δεδομένα οργανώνονται με τον τρόπο που περιεγράφηκε στην Ενότητα 3.7. Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν κάποιοι από τους κυριότερους περιορισμούς που επιβάλλονται από αυτόν τον τρόπο οργάνωσης της πληροφορίας και έχουν άμεση σχέση με τη σημασία, δηλαδή το σύνολο της λειτουργικής πληροφορίας που έχει κάθε κόμβος ή/και κάθε σύνδεσμος του δικτύου για την εκάστοτε εφαρμογή.

Οι κυριότεροι τέτοιοι περιορισμοί είναι οι ακόλουθοι:

- Κάθε κόμβος του δικτύου πρέπει να είναι είτε σημαντικός για την ανά χείρας εφαρμογή κόμβος, είτε διασταύρωση, δηλαδή πρέπει να μπορεί να έχει διαφορετική σημασία.

Ως απλό παράδειγμα σημειώνεται ότι στο δίκτυο των σιδηροδρόμων κάποιοι σταθμοί δεν εξυπηρετούν όλους τους συρμούς (απλούς συρμούς, ταχείες, ιντερσίτι κ.τ.λ.). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σε εφαρμογές που εξετάζουν μόνο κάποιες κατηγορίες συρμών, οι κόμβοι αυτοί του σιδηροδρομικού δικτύου να πρέπει να αφαιρεθούν.

- Πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα οι κόμβοι και οι κυκλοφοριακοί σύνδεσμοι του δικτύου να προέρχονται από διαφορετικές βάσεις δεδομένων.

Παραδείγματος χάριν, έστω ότι μελετάται η αποστολή ενός κιβωτίου παρασκευασμάτων γεωργικών προϊόντων (π.χ. ένα σετ από βαζάκια μαρμελάδας) από την Ελλάδα στην Αγγλία μέσω ταχυδρομείου. Το κιβώτιο αυτό αρχικά θα μετακινηθεί οδικώς στο τοπικό δίκτυο από το εργοστάσιο στο πλησιέστερο σημείο παραλαβής από το ταχυδρομείο, έπειτα θα κινηθεί οδικά μέσω του ευρύτερου εθνικού δικτύου έως το αεροδρόμιο, στη συνέχεια θα μετακινηθεί αεροπορικώς, ακολουθώντας την αντίστροφη διαδικασία μέχρι τον τελικό παραλήπτη. Στο παράδειγμα αυτό πρέπει να χρησιμοποιηθούν οντότητες από διαφορετικές βάσεις δεδομένων, όχι απαραίτητα κατάλληλα εναρμονισμένες.

- Πρόσθετοι περιορισμοί της εφαρμογής μπορεί να διαφοροποιούν σημαντικά το δίκτυο.

Η ύπαρξη εποχιακών συνδέσμων, ή η περιορισμοί της κίνησης των οχημάτων από συγκεκριμένους οδικούς άξονες (π.χ. η ύπαρξη μέγιστου ορίου ύψους σε σύνδεσμο με σήραγγα παρεμποδίζει τη διέλευση κάποιων φορτηγών οχημάτων· αν η εφαρμογή, λοιπόν, αφορά σε αυτά τα οχήματα, οι σύνδεσμοι αυτοί πρέπει να εξαιρεθούν από το δίκτυο της εφαρμογής).

- Επί πλέον, διαφορετικές εφαρμογές απαιτούν συχνά διαφορετικού τύπου γεωσυσχετισμένη πληροφορία.

Για παράδειγμα, σε εφαρμογές μελέτης ρύπων, μπορεί να χρειάζεται, πέραν τη συνηθισμένης πληροφορίας:

- ✓ Το τρισδιάστατο, ψηφιακό μοντέλο του εδάφους
- ✓ Η τρίτη διάσταση (το z), δηλαδή το υψόμετρο του κάθε σημείου του δικτύου, εάν χρησιμοποιούνται μοντέλα, τα οποία από την κλίση των δρόμων εκτιμούν την παραγόμενη από τα αυτοκίνητα ρύπανση
- ✓ Ειδική, δυναμική πληροφορία για τον καιρό, για τη μελέτη της συγκέντρωσης ή της πιθανής μετακίνησης των ρύπων.

Η δημιουργία του εκάστοτε «κατάλληλου» δικτύου για την ανά χείρας εφαρμογή, αποτελεί εξαιρετικά επίπονη διαδικασία, η οποία στις μέρες μας πραγματοποιείται «με το χέρι», δηλαδή μη αυτόματα, και απαιτεί τη χρήση δυνατοτήτων των προγραμμάτων GIS, ή, αν υπάρχει γνώση ειδικού προγραμματισμού, τη δημιουργία ειδικών προγραμμάτων για την επιλογή, την εξαγωγή και τον μετασχηματισμό των γεωσυσχετισμένων δεδομένων. Το αποτέλεσμα, δε, αυτής της διαδικασίας είναι μια νέα βάση, η οποία εξυπηρετεί μόνο την εκάστοτε εφαρμογή, και η οποία, ως επί το πλείστον, δεν έχει αντιστοιχία με το αρχικό δίκτυο.

5

Μια καινοτομική μεθοδολογία οργάνωσης της πληροφορίας σε τέτοιας κλίμακας συστήματα: Ο Χάρτης Περιεχομένων του συστήματος.

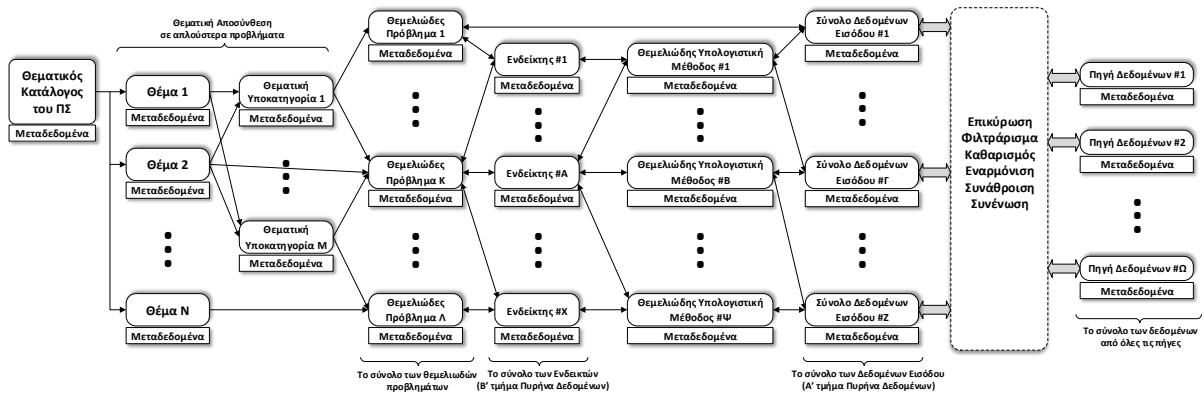
Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάστηκαν τα προβλήματα που ανακύπτουν σε συστήματα μεγάλης κλίμακας και σκοπού παρόμοιου με αυτόν του Πληροφοριακού Συστήματος (ΠΣ) ETIS. Στον παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μία καινοτομική μεθοδολογία οργάνωσης της πληροφορίας ενός τέτοιου ΠΣ. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό μέρος της συγκεκριμένης μεθοδολογίας περιγράφεται και στις εργασίες (Τσαβδαρίδης & Κουκούτσης, Ανάγκες Ειδικού Χειρισμού Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας σε Συστήματα Διαχείρισης Κρίσεων και Παρακολούθησης και Ελέγχου Επιχειρησιακών Χειρισμών, 2013) και (Βρυζάλας & Κουκούτσης, 2016), αλλά θα αναφερθεί κι εδώ για λόγους πληρότητας.

Η βασική ιδέα για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας αυτής έγκειται στο γεγονός ότι αναμένεται να δημιουργηθεί χάος αν δεν ληφθεί ειδική μέριμνα για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων και των συνεπειών τους, γι' αυτό είναι επιτακτική **η εκ των προτέρων πρόθλεψη και η κατάλληλη οργάνωση** της πληροφορίας και του λογισμικού των ΠΣ, ώστε αυτά να παραμείνουν οργανωμένα και ελέγχιμα.

Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση μιας καινοτομικής οργάνωσης των Πληροφοριακών Συστημάτων, η οποία στηρίζεται στην εκτεταμένη χρήση μιας δομής μεταδεδομένων και την οποία Ομάδα Εργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ονομάζει **Χάρτη Περιεχομένων** ενός Συστήματος, ή, εναλλακτικά, **Τελεολογική Δομή** του Συστήματος αυτού.

5.1 Μορφή του Χάρτη Περιεχομένων (ή Τελεολογικής Δομής) του συστήματος

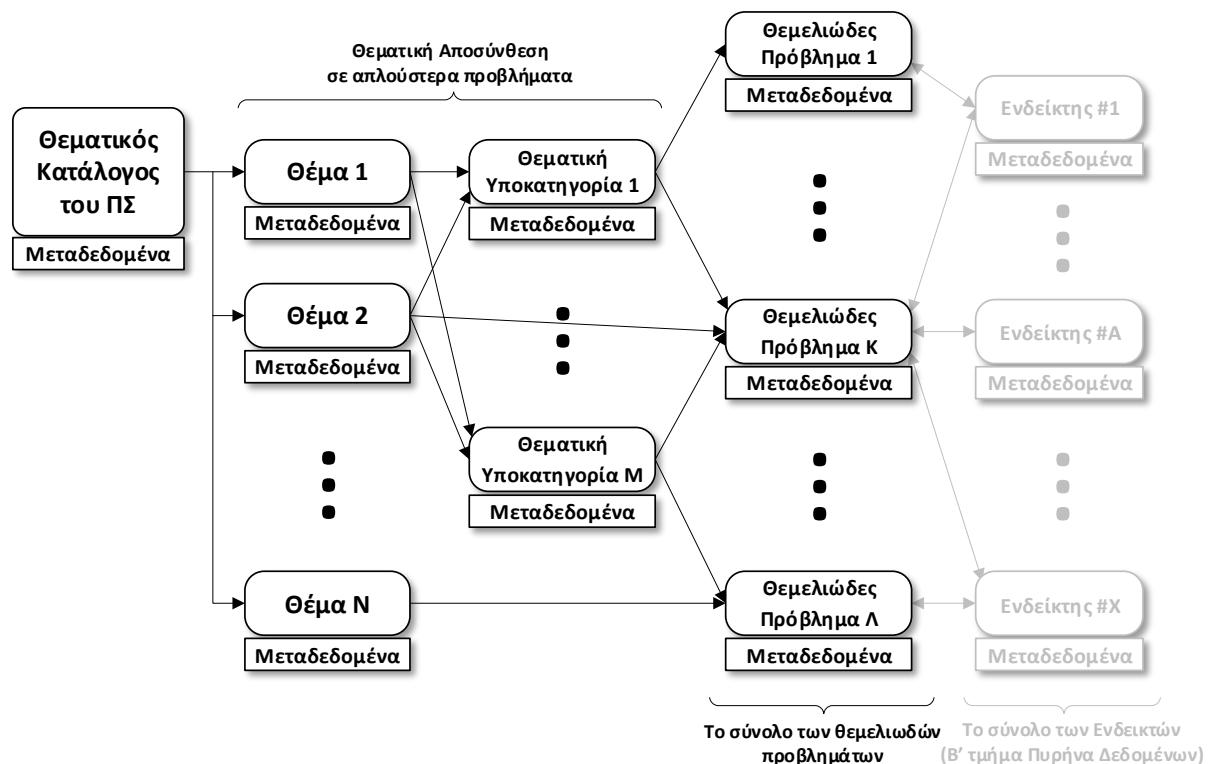
Ο Χάρτης Περιεχομένων (Koukoutsis, Ballis, Koukoutsis, & Koutoumanos, 2006), (Koukoutsis, Papaodysseus, Karadimas, & Ballis, 2008), όπου η χρήση του όρου χάρτης είναι μεταφορική και όχι κυριολεκτική) ή Τελεολογική Δομή (από την αρχαϊκή σημασία της λέξης τέλος που σημαίνει σκοπός) του συστήματος είναι μια ειδική δομή μεταδεδομένων, που περιγράφεται στην υποενότητα αυτή και απεικονίζεται συνολικά (αλλά χονδρικά) στην επόμενη Εικόνα 5-1:



Εικόνα 5-1: Ο Χάρτης Περιεχομένων ή Τελεολογική Δομή του Πληροφοριακού Συστήματος.

Για την καλύτερη κατανόηση της συνολικής δομής του Χάρτη Περιεχομένων από τον αναγνώστη, η προηγούμενη Εικόνα 5-1 «διαιρέθηκε» σε τρία τμήματα, η παρουσίαση των οποίων θα γίνει ευθύς αμέσως.

Αρχικά, το πρώτο τμήμα του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής είναι αυτό που αφορά την θεματική αποσύνθεση του συστήματος. Το τμήμα αυτό φαίνεται στην Εικόνα 5-2.

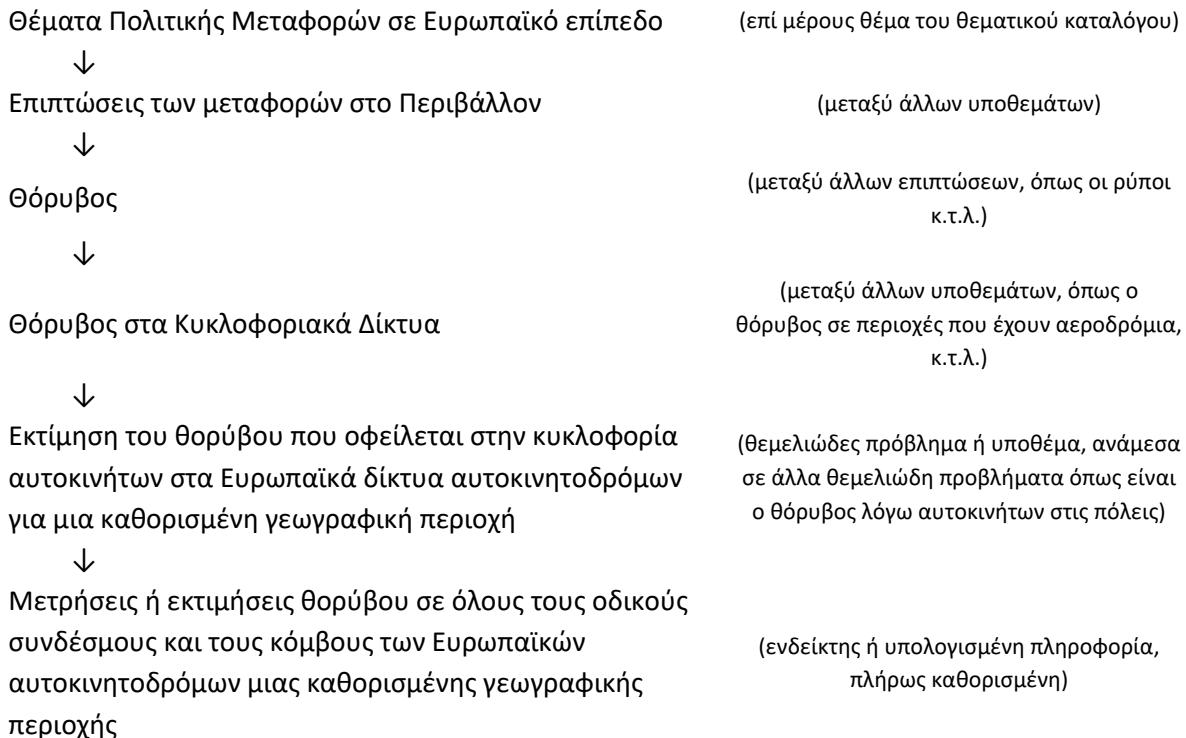


Εικόνα 5-2: Θεματική Αποσύνθεση του ΠΣ.

Με τον όρο Θεματική Αποσύνθεση εννοείται η σταδιακή θεματική ανάλυση όλων των θεματικών περιοχών, γνωστικών αντικειμένων ή περιοχών ενδιαφέροντος, για τις οποίες τις οποίες το σύστημα πρέπει να προσφέρει πληροφορία ή να παρέχει λύσεις, κατευθύνσεις κ.τ.λ. Αρχικά, σχηματίζεται ο Θεματικός Κατάλογος του συστήματος στα αριστερά. Η θεματική αποσύνθεση προχωρεί από τα αριστερά προς τα δεξιά, με ανάλυση κάθε **θέματος** σε **θεματικές υποκατηγορίες**, και αυτών σε

περαιτέρω υποθέματα και ούτω καθεξής, μέσω μιας δομής που μοιάζει με δένδρο (αλλά στην πραγματικότητα είναι ακυκλικός γράφος), έως ότου φθάσει κανείς σε θεμελιώδη (αλλά όχι απαραίτητα απλά) υποθέματα ή προβλήματα. **Θεμελιώδη προβλήματα (υποθέματα)** είναι αυτά τα οποία δεν αναλύονται περαιτέρω, αλλά κάθε ένα από αυτά αποτελεί ένα καλώς καθορισμένο υποθέμα ή πρόβλημα, όπου είναι γνωστό το τι ζητείται ακριβώς, δηλαδή το ακριβές είδος της πληροφορίας (ενδεικτών, δηλαδή υπολογισμένων δεδομένων) που το σύστημα πρέπει να παράσχει στους χρήστες του, ή με χρήση της οποίας το σύστημα μπορεί να προβεί σε περαιτέρω, πλήρως καθορισμένες ενέργειες.

Για να γίνει πιο κατανοητή η θεματική αποσύνθεση, θα δανειστούμε ένα παράδειγμα από την περιοχή των μεταφορών και συγκεκριμένα από την προσπάθεια για την κατασκευή του ETIS. Ένα μονοπάτι του ETIS από τη ρίζα της δενδροειδούς δομής (τον θεματικό κατάλογο του συστήματος), μέχρι ένα καταληκτικό φύλλο (θεμελιώδες πρόβλημα) μπορεί να είναι αυτό που περιγράφεται στη συνέχεια. Στην περίπτωση του παραδείγματος, προχωρούμε λίγο ακόμη στον Χάρτη Περιεχομένων, δείχνοντας τους ενδείκτες ή την υπολογισμένη πληροφορία που είναι αναγκαία για να ληφθούν αποφάσεις σχετικές με το θέμα του παραδείγματος (Π1):



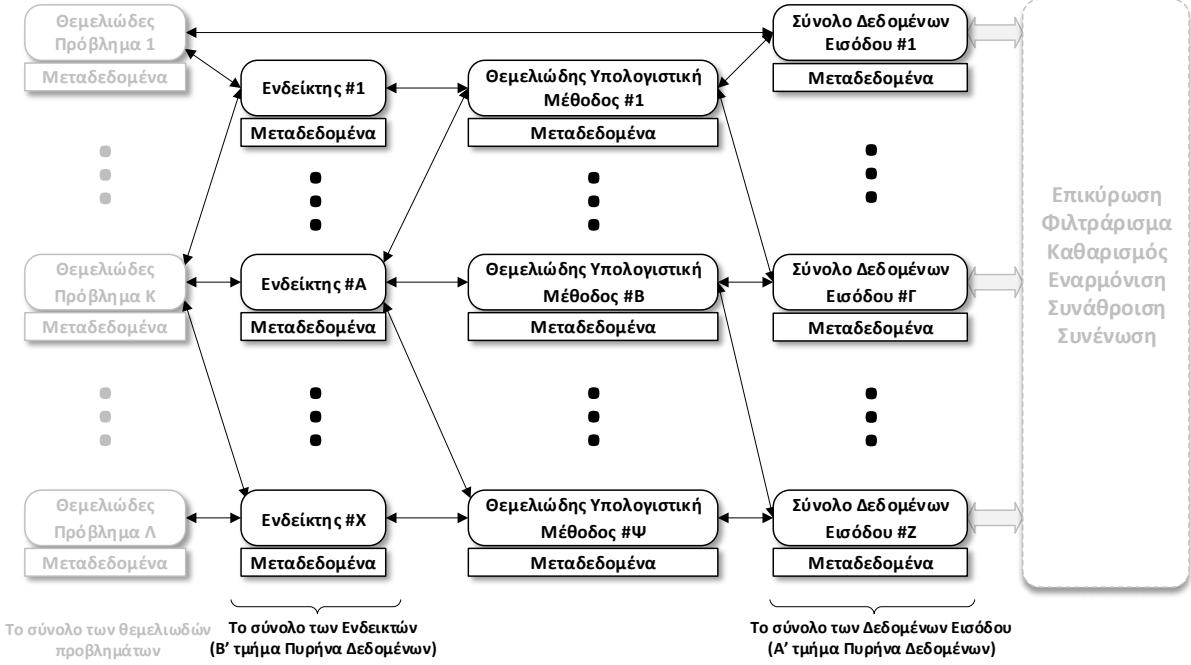
Πίνακας 5-1: Ένα παράδειγμα θεματικής αποσύνθεσης από την περιοχή των μεταφορών.

Από το παράδειγμα φαίνεται ότι, όταν φθάσουμε σε ένα θεμελιώδες πρόβλημα ή θέμα, το τι ζητείται είναι καθορισμένο ακριβώς.

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο ενδείκτης «Μετρήσεις ή εκτιμήσεις θορύβου σε όλους τους οδικούς συνδέσμους και τους κόμβους των Ευρωπαϊκών αυτοκινητοδρόμων μιας καθορισμένης γεωγραφικής περιοχής» δεν είναι καθόλου απλός. Στην πραγματικότητα χρειάζεται κάποιος μια υπό-βάση γεωσυσχετισμένων δεδομένων (μικρή ή μεγαλύτερη ανάλογα με την έκταση της περιοχής ενδιαφέροντος) για να τηρήσει τα υπολογισμένα αυτά δεδομένα και ένα GIS για τη σχετική οπτικοποίηση (visualization) της πληροφορίας. Εάν αυξήσουμε την απαιτούμενη διακριτική ικανότητα (level of detail, πχ. αν συμπεριλάβουμε και δρόμους χαμηλότερης κατηγορίας, όπως τοπικούς δρόμους), ή την έκταση της περιοχής ενδιαφέροντος, μπορεί να αυξήσουμε δραματικά το

μέγεθος της πληροφορίας ενδιαφέροντος και της παραγόμενης βάσης δεδομένων των αποτελεσμάτων.

Στη συνέχεια της Τελεολογικής Δομής ή Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος, είναι περαιτέρω δομές που φαίνονται στην επόμενη Εικόνα 5-3:



Αυτό που περιγράφεται στην υποδομή αυτή (το δεύτερο τμήμα της συνολικής δομής) είναι, στην πραγματικότητα, οι αναγκαίοι **ενδείκτες** ή **υπολογισμένη πληροφορία**, όπως αυτή προκύπτει από τα θεμελιώδη προβλήματα ή θέματα, ο τόπος υπολογισμού τους (με την χρήση των **θεμελιωδών υπολογιστικών μεθόδων**) και τα **δεδομένα εισόδου** που χρειάζονται για τον υπολογισμό αυτόν.

Τα κουτιά του Σχήματος που ονομάζονται Θεμελιώδεις Υπολογιστικές Μέθοδοι υποδηλώνουν οποιουδήποτε τύπου μαθηματικές ή αλγορίθμικές μεθόδους υπολογισμού (ή και μαθηματικά ή αλγορίθμικά μοντέλα, δηλαδή εκτιμήσεις συμπεριφοράς επί μέρους πραγματικών ή ιδεατών συστημάτων, στην περίπτωση που η λειτουργία των συστημάτων αυτών είναι υπερβολικά πολύπλοκη ή άγνωστη). Οι θεμελιώδεις μέθοδοι υπολογισμού μπορεί να είναι:

- απλές ή πολύπλοκες,
- να περιλαμβάνουν εναλλακτικούς τρόπους υπολογισμού ποσοτήτων,
- να αναλύονται σε περισσότερες ενδιάμεσες υπολογιστικές μεθόδους, διασυνδεδεμένες με οποιονδήποτε πιθανό τρόπο,
- ή, τέλος, να είναι αναδρομικές.

Τόσο τα δεδομένα εισόδου, όσο και τα υπολογισμένα δεδομένα ή ενδείκτες αποτελούν (συνήθως) μέρη του πυρήνα δεδομένων και πληροφορίας του ΠΣ. Πολλές φορές δε, απλά δεδομένα εισόδου είναι ταυτόχρονα και ενδείκτες. Στο προηγούμενο παράδειγμα για τον θόρυβο στους Ευρωπαϊκούς αυτοκινητοδρόμους, εάν έχουμε διαθέσιμες μετρήσεις θορύβου στους αυτοκινητοδρόμους για κάποιες παρελθούσες χρονιές (πχ. το 2014), οι μετρήσεις αυτές είναι δεδομένα εισόδου, τα οποία

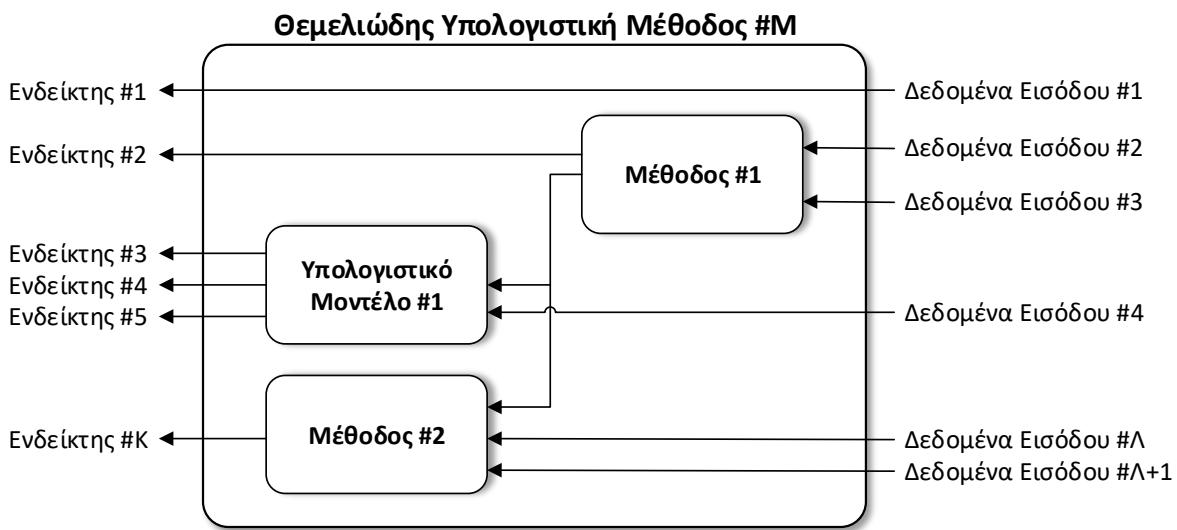
είναι ταυτόχρονα και ενδείκτες. Εάν όμως χρειάζεται να κάνουμε εκτιμήσεις για τον θόρυβο στους ίδιους αυτοκινητοδρόμους σε μια μελλοντική ημερομηνία (πχ. στο 2030, οπότε η διαδικασία ονομάζεται πρόβλεψη ή forecasting), τότε χρειαζόμαστε τελείως διαφορετικού τύπου δεδομένα εισόδου, πολύ πιο πολύπλοκα και εκτεταμένα, καθώς και ιδιαίτερα σύνθετη θεμελιώδη υπολογιστική μέθοδο που θα μας δώσει εκτιμήσεις (και όχι μετρήσεις) της κίνησης στους αντίστοιχους δρόμους το 2030. Όμως, το τι ακριβώς χρειαζόσαστε κάθε φορά είναι σαφώς καθορισμένο όταν η θεματική αποσύνθεση έχει φθάσει στα θεμελιώδη προβλήματα ή θέματα, καθώς το θεμελιώδες θέμα «Μετρήσεις θορύβου στους Ευρωπαϊκούς αυτοκινητοδρόμους το 2012» και το θεμελιώδες πρόβλημα «Υπολογισμός εκτιμήσεων θορύβου στους Ευρωπαϊκούς αυτοκινητοδρόμους το 2030» είναι τελείως διαφορετικά και ως τέτοια πρέπει να τα χειριστεί το σύστημα.

Στην πράξη, προκειμένου να πετύχουμε αποτελεσματική αντιμετώπιση της εσωτερικής πολυπλοκότητας και πολυμορφίας των δεδομένων, πρέπει οπωσδήποτε να φροντίσουμε, ώστε η θεματική αποσύνθεση του συστήματος να φθάνει σε ενδείκτες ή υπολογισμένη πληροφορία που είναι αναμφίβολα και πλήρως ορισμένοι. Ακόμη και ελαφρά διαφέροντες ενδείκτες πρέπει να αντιμετωπίζονται ως διαφορετικές οντότητες. Αυτό σημαίνει ότι, για κάθε υποσύνολο επιθυμητών ενδεικτών, η αποσύνθεση πρέπει να καταλήξει σε ένα αντίστοιχο υποσύνολο υπολογιστικών μεθόδων του τύπου

$$\underline{i} = f(\underline{d})$$

όπου \underline{i} είναι το διάνυσμα των συγκεκριμένων ενδεικτών, f είναι η μέθοδος για τον υπολογισμό των ενδεικτών και \underline{d} είναι το διάνυσμα των δεδομένων εισόδου, που είναι αναγκαία για τον υπολογισμό των συγκεκριμένων ενδεικτών.

Μια απλουστευμένη μορφή για τη δομή των θεμελιωδών μεθόδων υπολογισμού αποτυπώνεται στην ακόλουθη Εικόνα 5-4:

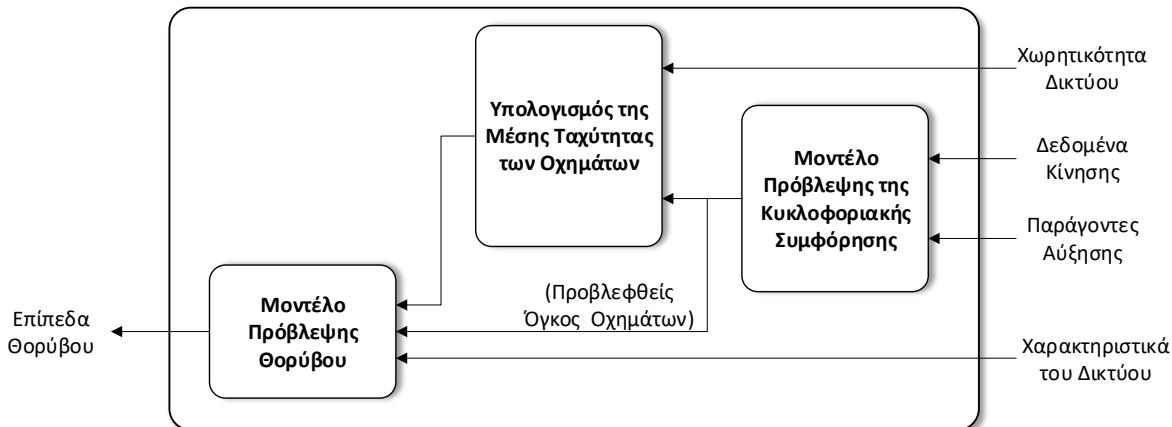


Εικόνα 5-4: Ένα απλουστευμένο παράδειγμα των μεταδεδομένων για τη μορφή μιας υποθετικής Θεμελιώδους Υπολογιστικής Μεθόδου για την παραγωγή Ενδεικτών από Δεδομένα Εισόδου

Μπορεί να υπάρχουν, ενδεχομένως, εναλλακτικές θεμελιώδεις μέθοδοι για την εκτίμηση τον υπολογισμό ενός συγκεκριμένου ενδείκτη. Στις περιπτώσεις αυτές, ο Χάρτης Περιεχομένων του ΠΣ είναι αυτός που καθοδηγεί στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την εκάστοτε εφαρμογή. Επί

πλέον, η προταθείσα μορφή επιτρέπει τον καθορισμό προτεραιότητας μεταξύ των συναφών μεθόδων. Μία θεμελιώδης μέθοδος μπορεί να είναι από μία απλή μαθηματική πράξη, ένα σύνολο λογικών ή μαθηματικών πράξεων, ένα σύνθετο αλγορίθμικό σχήμα, ένα μοντέλο, ή μια συγκεκριμένη επαναληπτική διαδικασία. Θα μπορούσε, κάλλιστα, να είναι και οποιοσδήποτε συνδυασμός τέτοιων μεθόδων.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα Π1 ο ζητούμενος ενδείκτης θα μπορούσε να προέρχεται από την θεμελιώδη υπολογιστική μέθοδο που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-5. Σημειώνεται ότι είναι μια αρκετά απλοποιημένη μορφή, αλλά, ταυτόχρονα, πολύ κοντά στην πραγματικότητα.



Εικόνα 5-5: Μία απλουστευμένη αλλά ρεαλιστική παράσταση της περιγραφής της θεμελιώδους υπολογιστικής μεθόδου του ενδείκτη «Εκτίμηση του θορύβου που οφείλεται στην κυκλοφορία αυτοκινήτων στα Ευρωπαϊκά δίκτυα» του Παραδείγματος Π1.

Όλο το σχήμα παριστάνει μία θεμελιώδη υπολογιστική μέθοδο, η οποία εκτιμά τα επίπεδα θορύβου στους συνδέσμους ενός οδικού δικτύου (παραγόμενος ενδείκτης). Αρχικά, ένα μοντέλο πρόβλεψης της κυκλοφοριακής συμφόρησης χρησιμοποιεί τα δεδομένα της κίνησης στους συνδέσμους αυτούς και τους παράγοντες αύξησης (δεδομένα εισόδου ή, ενδεχομένως απλοί ή σύνθετοι ενδείκτες) και παράγει τον προβλεφθέντα όγκο των οχημάτων (πρώτη ενδιάμεση μεταβλητή). Στη συνέχεια, μια υπολογιστική μέθοδος, η οποία έχει ως είσοδο τον προηγούμενο όγκο και τα δεδομένα για τη χωρητικότητα του δικτύου υπολογίζει την μέση ταχύτητα των οχημάτων (δεύτερη ενδιάμεση μεταβλητή). Τέλος, ένα μοντέλο πρόβλεψης του θορύβου παίρνει ως εισόδους τις δύο ενδιάμεσες μεταβλητές μαζί με τα απαραίτητα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δικτύου (δεδομένα εισόδου) και παράγει ως έξοδο των επιθυμητό ενδείκτη «Εκτίμηση του θορύβου».

Από το σημείο αυτό και πέρα, λόγω του πλήρους και ακριβούς προσδιορισμού των ενδεικτών, των σχετικών υπολογιστικών μεθόδων και των σχετικών δεδομένων εισόδου, κάθε ίχνος πολυμορφίας ή εσωτερικής διαφοροποίησης των δεδομένων έχει αρθεί.

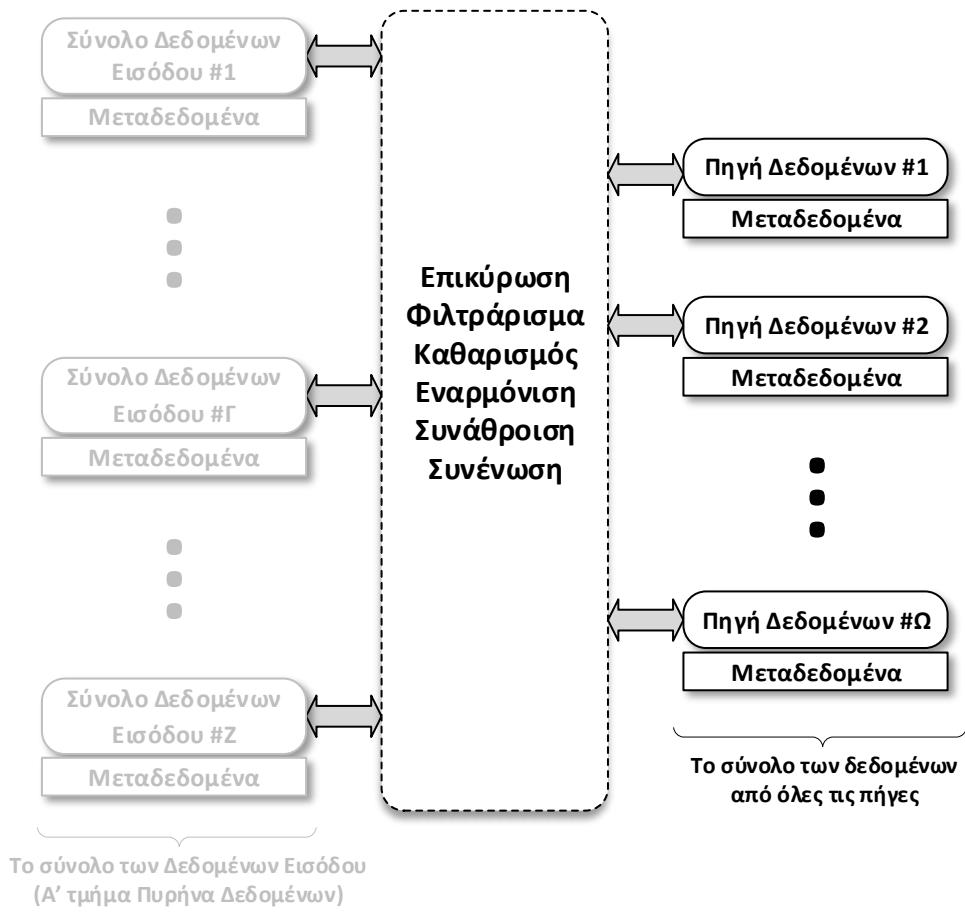
Το τμήμα αυτό του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής του συστήματος δίνει, επομένως, ανά πάσα στιγμή:

- (1) Τον συνολικό κατάλογο των ενδεικτών ή υπολογισμένης πληροφορίας που περιλαμβάνεται στο σύστημα.
- (2) Τον συνολικό κατάλογο των υπολογιστικών μεθόδων για τους υπολογισμό των ποσοτήτων του σημείου (1) και
- (3) Τον συνολικό κατάλογο των δεδομένων εισόδου που είναι αναγκαία για τους υπολογισμό των ποσοτήτων του σημείου (1).

Στους καταλόγους αυτούς δε, προστίθενται οποιεσδήποτε επί πλέον πληροφορίες είναι αναγκαίες για τον ορθό χειρισμό και την οπτικοποίηση της πληροφορίας ή/και των δεδομένων των σημείων (1), (2) και (3).

Η τήρηση του αυτού του συνολικού σύνθετου καταλόγου καθιστά το σύστημα νομοτελειακά επικαιροποιήσιμο και αναθαυμίσιμο και, γενικά, εξελίξιμο και, επομένως, βιώσιμο.

Το τελευταίο τμήμα του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής του συστήματος, το οποίο φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 5-6, συσχετίζει κάθε υποομάδα δεδομένων εισόδου του προηγούμενου σημείου (3) με τις πηγές από τις οποίες αποκτήθηκε (και, ενδεχομένως, από τις οποίες επικαιροποιείται).



Εικόνα 5-6: Μεταδεδομένα για τον τρόπο απόκτησης των δεδομένων εισόδου από τις εξωτερικές πηγές

Σε όλους τους κόμβους της προηγουμένως περιγραφείσας δομής μπορεί και πρέπει να συμπεριληφθούν επί πλέον μεταδεδομένα, τα οποία θα περιγραφούν στην Ενότητα 5.3 του παρόντος κεφαλαίου.

5.2 Τρόπος Χρήσης του Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος - Βασικές Αρχές Σχεδίασης του αντίστοιχου Πληροφοριακού Συστήματος

Μέχρι τώρα εξηγήθηκε ότι ο Χάρτης Περιεχομένων ή Τελεολογική Δομή του συστήματος χρησιμοποιείται για την ακριβή διακριτική περιγραφή των δεδομένων και των υπολογιστικών μεθόδων ενός πολύπλοκου και πολυθεματικού συστήματος (δηλαδή την περιγραφή που επιτρέπει διάκριση ανάμεσα στα ποικίλα δεδομένα και ανάμεσα στις ποικίλες υπολογιστικές μεθόδους του συστήματος). Στην πραγματικότητα, τα θέματα αυτά καθ' αυτά, για τα οποία το σύστημα πρέπει να δώσει απαντήσεις, δομούνται κατάλληλα και χρησιμοποιούνται ως ένα ακριβές και πλήρες θεματικό ευρετήριο του συστήματος. Επομένως:

- Ο σκοπός ύπαρξης κάθε bit κάθε υποσυνόλου δεδομένων και υπολογισμένης πληροφορίας του συστήματος είναι πάντα και αναμφίβολα γνωστός.
- Τα **προγράμματα** (application programs) που συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα, ακόμη και οι επί μέρους υπολογιστικές μέθοδοι και υπομέθοδοι, τα μαθηματικά ή αλγορίθμικά μοντέλα κλπ., συσχετίζονται με απόλυτη ακρίβεια με:
 - Τα θέματα ή υποθέματα, για τα οποία το σύστημα προσφέρει απαντήσεις ή υποστήριξη και
 - τα αναγκαία για τους υπολογισμούς ή χειρισμούς υποσύνολα δεδομένων, υπολογισμένης πληροφορίας και μεταδεδομένων.

Για να εκμεταλλευτεί κανείς τις δυνατότητες του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής του συστήματος πρέπει αρχικά:

1. Να συμπεριλάβει τον Χάρτη Περιεχομένων στην αρχιτεκτονική του ΠΣ.
2. Να συμπεριλάβει οποιεσδήποτε αναγκαίες βάσεις (ή αποθήκες) δεδομένων στο σύστημα, αλλά να διασυνδέσει τα περιεχόμενά τους με την Τελεολογική Δομή.
3. Να διασυνδέσει τα προγράμματα εφαρμογών του ΠΣ με την Τελεολογική Δομή.
4. Να χρησιμοποιήσει την Τελεολογική Δομή για όλες πρακτικά τις λειτουργίες σχετίζονται με την καθημερινή λειτουργία του συστήματος, (προσπέλαση και μεταβολή δεδομένων, υπολογισμό πληροφορίας, οπτικοποίησεις δεδομένων και πληροφορίας, επικαιροποίησεις κ.τ.λ.).
5. Να συμπεριλάβει στο ΠΣ μια υπομονάδα για την διαχείριση όλων των δεδομένων και των μεταδεδομένων του ΠΣ (π.χ. εισαγωγή δεδομένων στην Τελεολογική Δομή ή οποιαδήποτε βάση δεδομένων του συστήματος, αντίστοιχη διαγραφή ή μετατροπή δεδομένων κ.τ.λ.).

Αυτά τα βήματα αφορούν την **αρχική ανάπτυξη του ΠΣ** (Φάση 1 της ανάπτυξης). Στη συνέχεια, μπορεί να αρχίσει η διαχείριση του περιεχομένου του ΠΣ (Φάση 2 της ανάπτυξης), η οποία περιλαμβάνει:

6. Πλήρωση της Τελεολογικής Δομής και των υπολοίπων βάσεων ή αποθηκών δεδομένων με το αναγκαίο περιεχόμενο. Η ενέργεια αυτή πρέπει να γίνεται από **ειδικούς** ή (διεπιστημονικές) **ομάδες ειδικών** στα επί μέρους επιστημονικά, τεχνικά ή επιχειρησιακά θέματα. Οι ειδικοί

αυτοί ή οι ομάδες ειδικών θα καλούνται στα επόμενα **Διαχειριστές Περιεχομένων** (Content Managers) του ΠΣ.

7. Συμπερίληψη στον πυρήνα προγραμμάτων του ΠΣ όλων των νέων προγραμμάτων εφαρμογών οποιουδήποτε τύπου, τα οποία είναι αναγκαία για τον ορθό χειρισμό του νέου περιεχομένου που εισήχθη στο ΠΣ κατά το βήμα (6), όπως νέες υπολογιστικές μέθοδοι για τον υπολογισμό των ενδεικτών, οι αντίστοιχες μέθοδοι οπτικοποίησης, νέες συνιστώσες διεπαφής με τους χρήστες (user interface), νέες μέθοδοι λήψης πληροφορίας από πηγές, κ.τ.λ.
8. Επανάληψη των βημάτων 6 και 7 όσες φορές και όποτε χρειάζεται.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι, με την χρήση της Τελεολογικής Δομής ή Χάρτη Περιεχομένων, το ΠΣ μπορεί να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε οποιεσδήποτε αλλαγές στον πυρήνα δεδομένων και προγραμμάτων του (και του Χάρτη Περιεχομένων) να γίνονται χωρίς επανασχεδίαση ή επαναϋλοποίηση του συστήματος [ούτε καν επαναμεταγλώττιση (recompilation) του κώδικα] και μάλιστα με ελάχιστη (σχεδόν μηδενική) διακοπή της ομαλής λειτουργίας του ΠΣ.

Είναι προφανές δε ότι οποιαδήποτε αλλαγή του πυρήνα δεδομένων και προγραμμάτων του ΠΣ πρέπει να συνοδεύεται απαραίτητα από τις αντίστοιχες αλλαγές του Χάρτη Περιεχόμενων και αντιστρόφως.

Η προαναφερθείσα Φάση 2 της ανάπτυξης πρέπει να ξεκινήσει μετά τη Φάση 1. Πέραν αυτού, δεν υπάρχει άλλος περιορισμός για την χρόνο εκτέλεσης ή το αριθμό επαναλήψεων της Φάσης 2. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια το ότι επικαιροποιήσεις, αλλαγές και αναβαθμίσεις του πυρήνα δεδομένων και προγραμμάτων του ΠΣ μπορούν να γίνονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Το όντως ιδιαίτερο αυτό χαρακτηριστικό εγγυάται την ολική ευελιξία, τη θεματική επεκτασιμότητα και τη βιωσιμότητα του συστήματος.

Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα, όμως, ότι, για να μπορέσει κανείς να επωφεληθεί από τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα ενός συστήματος του στηρίζεται στη χρήση της Τελεολογικής Δομής ή Χάρτη Περιεχομένων, πρέπει να πληρώσει συγκεκριμένο τίμημα: Την καθολική ικανοποίηση των (αρκετά αυξημένων) απαιτήσεων σε ακριβή μεταδεδομένα, ώστε να είναι εφικτή η ορθή λειτουργία της Τελεολογικής Δομής ή Χάρτη Περιεχομένων. Σε αντίθετη περίπτωση, θα ισχύσει το γνωστό στους μηχανικούς υπολογιστών αγγλικό ρητό: “**Garbage in, garbage out**”, δηλαδή, αν δώσει κανείς σκουπίδια ως είσοδο στον υπολογιστή, θα πάρει σκουπίδια ως αποτελέσματα. Στα περισσότερα σύγχρονα συστήματα, μόνον ένα μικρό μέρος των μεταδεδομένων που απαιτούνται για την χρήση της Τελεολογικής Δομής συλλέγονται και τηρούνται. Επομένως, η κατασκευή του πυρήνα δεομένων και μεταδεδομένων με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία και τη σχετική αρχιτεκτονική απαιτεί αυξημένη προσπάθεια και κόστος. Από την άλλη πλευρά, όμως, τα ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα που αποκομίζει κανείς από την συγκεκριμένη οργάνωση του ΠΣ υπεραντισταθμίζουν την επί πλέον προσπάθεια και κόπο.

5.3 Περαιτέρω Ανάγκες Μεταδεδομένων για τον Χάρτη Περιεχομένων

Επειδή κάναμε πολλές αναφορές στα μεταδεδομένα, είναι σκόπιμο να ασχοληθούμε λόγο περισσότερο με το σκοπό, για τον οποίο μαζεύουμε τα μεταδεδομένα και να κατηγοριοποιήσουμε τα μεταδεδομένα κατάλληλα (Koukoutsis, Koukoutsis, Papaodysseus, Moschou, & Ballis, 2004).

Κατ' αρχήν, τα μεταδεδομένα μπορεί να απευθύνονται

- προς το σύστημα, ή
- προς τον χειριστή ή χρήστη του συστήματος.

Στην Τελεολογική Δομή ή Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος, χρειάζονται μεταδεδομένα των εξής κατηγοριών:

- Μεταδεδομένα, τα οποία **περιγράφουν ακριβώς τον Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογική Δομή** του συστήματος, δηλαδή την ίδια την δομή των μεταδεδομένων. Τα μεταδεδομένα αυτά, ουσιαστικά, είναι μέρος των λειτουργικών προδιαγραφών του συστήματος. Θα ονομάσουμε τα μεταδεδομένα αυτά **μεταδεδομένα Κατηγορίας 1** (μεταδεδομένα K1). Τα μεταδεδομένα αυτά απευθύνονται κυρίως προς το σύστημα.
- Επί πλέον μεταδεδομένα, τα οποία **αποτελούν το περιεχόμενο** του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής του συστήματος. Θα ονομάσουμε τα μεταδεδομένα αυτά **μεταδεδομένα Κατηγορίας 2** (μεταδεδομένα K2). Τα μεταδεδομένα αυτά απευθύνονται κυρίως προς τους χρήστες ή χειριστές του συστήματος.

Τα μεταδεδομένα Κατηγορίας K1 χρησιμοποιούνται κυρίως στην Φάση 1 της ανάπτυξης του συστήματος (δείτε την προηγούμενη υποενότητα). Στην Φάση αυτή, δείγματα μόνον των δεδομένων τύπου 2 είναι αναγκαία. Τα μεταδεδομένα της κατηγορίας K2 είναι απαραίτητα στη Φάση 2 της ανάπτυξης του συστήματος, όπου πρέπει να πληρωθεί (γεμίσει) ο Χάρτης Περιεχομένων του Συστήματος και να επιτευχθούν οι αυξημένες επιδόσεις του συστήματος.

Εξ άλλου, όπως ήδη αναφέρθηκε, σε κάθε κόμβο της δενδροειδούς δομής του Χάρτη Περιεχομένων, ή σε κατάλληλες προσαρτημένες στον Χάρτη Περιεχομένων δομές, είναι δυνατόν και πρέπει να προστεθούν μεταδεδομένα για τους εξής σκοπούς:

- Για την **θεματική καθοδήγηση** (thematic guidance) των χρηστών του συστήματος, σε σχέση με την (πιθανότατα πολύπλοκη) χρήση του συστήματος και των δεδομένων του. Στην ουσία, το ίδιο το σύστημα πρέπει να μπορεί να γίνει **οδηγός του χρήστη** σε σχέση με τις λειτουργίες του και τα δεδομένα του. Θα ονομάσουμε τα μεταδεδομένα αυτά **μεταδεδομένα Κατηγορίας 3** (μεταδεδομένα K3).
- Για την παροχή **θεωρητικής, τεχνικής και επιχειρησιακής τεκμηρίωσης** των λειτουργιών και του περιεχομένου του συστήματος προς τους χρήστες του συστήματος. Είναι σαφές ότι **από την πληρότητα και ποιότητα των μεταδεδομένων αυτών εξαρτάται η επιτυχής λειτουργία και η βιωσιμότητα του συστήματος**, καθώς αυτά τα μεταδεδομένα επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση, επικαιροποίηση, επαύξηση και αναβάθμιση του συνολικού συστήματος και των δεδομένων του. Η ίδια η Τελεολογική δομή διευκολύνει την ορθή και πλήρη ανάπτυξη της αναγκαίας τεκμηρίωσης. Θα ονομάσουμε τα μεταδεδομένα αυτά **μεταδεδομένα Κατηγορίας 4** (μεταδεδομένα K4). Ο Χάρτης Περιεχομένων του Συστήματος μπορεί εύκολα να αποτελέσει ένα **θησαυρό** (thesaurus) του περιεχομένου του συστήματος.
- Για να καταστήσουν δυνατή την αποτελεσματική **αναζήτηση με κλειδιά** (keywords) στο θεματικό περιεχόμενο του συστήματος. Τα κλειδιά αυτά είναι προτιμότερο να ανήκουν σε **αποδεκτούς από την επιστημονική κοινότητα θεματικούς καταλόγους κλειδιών**. Θα ονομάσουμε τα μεταδεδομένα αυτά **μεταδεδομένα Κατηγορίας 5** (μεταδεδομένα K5).

Προφανώς οι κατηγορίες μεταδεδομένων K3, K4 και K5 απευθύνονται στους χρήστες του συστήματος. Παρ' όλο που μπορεί να φανεί ότι οι κατηγορίες K3 και K4 είναι ίδιες (στην

πραγματικότητα μπορεί τα περιεχόμενά τους να επικαλύπτονται), έχουν διαφορετικό σκοπό ύπαρξης και, πιθανότατα, παράγονται από διαφορετικούς ειδικούς: Τα μεταδεδομένα K3 παράγονται από τον (ή τους) Διαχειριστή (-ές) Περιεχομένων για την κατάλληλη καθοδήγηση των χρηστών στο πολύπλοκο περιεχόμενο και τις δυνατότητας του συστήματος, ενώ τα μεταδεδομένα K4 παράγονται συνήθως από τους αρχικούς παραγωγούς των υποσυνόλων δεδομένων (και υπολογισμένης πληροφορίας) του συστήματος και έχουν σχέση με την ποιότητα και πληρότητα των δεδομένων και των υπολογιστικών μεθόδων, τις επιτρεπτές και συνιστώμενες χρήσεις τους, τα πιθανά μοντέλα που μπορεί να χρησιμοποιούνται στο σύστημα και, εν γένει, όποια πληροφορία κρίνουν οι παραγωγοί ότι θα είναι κρίσιμη ή θα βοηθήσει στην ορθή χρήση των σχετικών δεδομένων και υπολογιστικών μεθόδων.

Στον Χάρτη Περιεχομένων μπορεί εύκολα να προσαρτηθεί κατάλληλη **βάση γνώσης**, η οποία πρέπει να περιέχει το μεγαλύτερο επιτεύχιμο ποσό ειδικής πληροφορίας και γνώσης που έχει σχέση με τα προβλήματα ή θέματα, για τα οποία κατασκευάστηκε το σύστημα. Προφανώς, η αντίστοιχη γνώση μπορεί να συμπληρώνει τα μεταδεδομένα των κατηγοριών K4 και K5.

Μία τελευταία κατηγορία μεταδεδομένων είναι η εξής:

- Αυτά, τα οποία είναι αναγκαία για την **διευκόλυνση της αυτόματης λειτουργίας του συστήματος και την ενσωμάτωση σε αυτό ανθρώπινης εμπειρίας και στοιχείων γνώσης**, ώστε, όταν είναι επιθυμητό, το σύστημα να αντιδρά αυτόματα ή να προτείνει στους χρήστες του κατάλληλους τρόπους λειτουργίας. Τα μεταδεδομένα αυτά απευθύνονται προς το σύστημα αυτηρά, θα τα ονομάσουμε δε **μεταδεδομένα Κατηγορίας 6** (μεταδεδομένα K6). Με μια διευρυμένη έννοια, τα δεδομένα αυτά καθιστούν το σύστημα, όπως καταχρηστικά συνηθίζεται να ονομάζεται, **ευφυές** (intelligent).

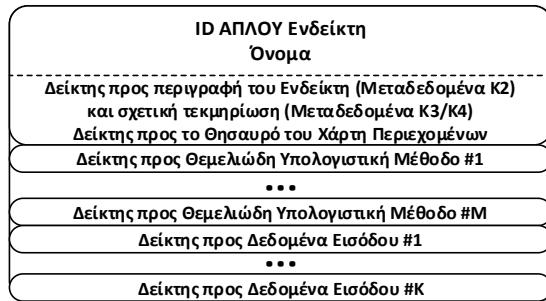
5.4 Ένας τρόπος υλοποίησης της Βάσης Μεταδεδομένων του Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος

Ο Χάρτης Περιεχομένων του Πληροφοριακού Συστήματος μπορεί να κατασκευαστεί με τη χρήση μιας βάσης μεταδεδομένων, δηλαδή μιας ειδικής βάσης δεδομένων σε κατάλληλη μορφή για την αποθήκευση μεταδεδομένων. Οποιοδήποτε εμπορικό, κλειστού ή ανοικτού κώδικα λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σκοπό αυτόν.

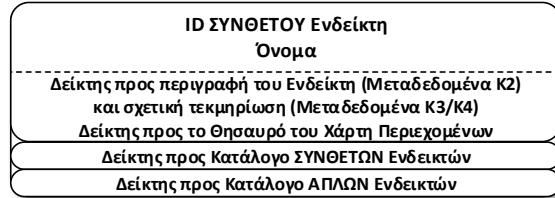
Η υλοποίηση της θεματικής αποσύνθεσης του συστήματος είναι ευθύγραμμη και σχετικά απλή, αφού η μορφή της είναι ένας ακυκλικός γράφος.

Οι ενδείκτες, αλλά και τα δεδομένα εισόδου μπορούν να υλοποιηθούν ως πολυεπίπεδες λίστες, καθώς πολλοί από τους ενδείκτες είναι πιθανό να έχουν σύνθετη δομή. Η αντίστοιχη δομή μεταδεδομένων, σε απλοποιημένη μορφή, για τους ενδείκτες και τα δεδομένα εισόδου παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-7.

Δομή Περιγραφής Απλού Ενδείκτη



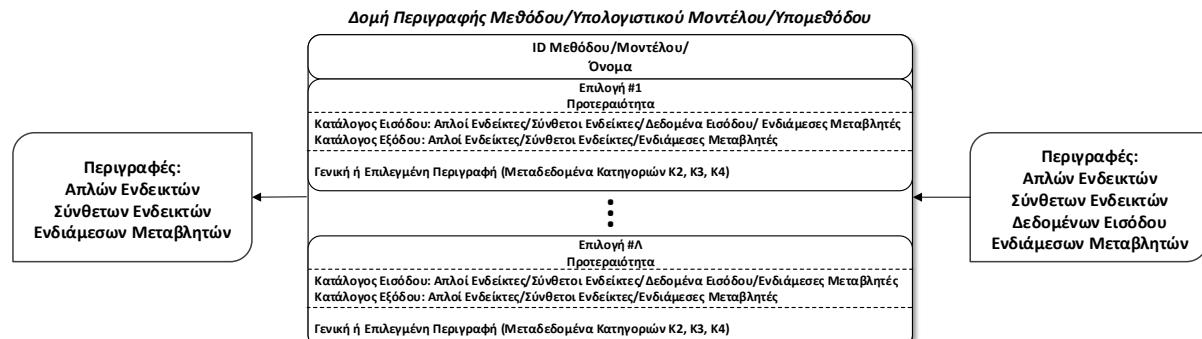
Δομή Περιγραφής Σύνθετου Ενδείκτη



Εικόνα 5-7: Η δομή μεταδεδομένων, σε απλουστευμένη μορφή, ενός απλού και ενός σύνθετου ενδείκτη.

Όπως έχει αναφερθεί στην Ενότητα 5.3, τα δεδομένα των Κατηγοριών K3 και K4 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιονδήποτε κόμβο της Τελεολογικής Δομής. Στην Εικόνα 5-7 οι δύο πρώτες εγγραφές, δηλαδή η ταυτότητα (ID) και το όνομα του ενδείκτη αναφέρονται στην «ετικέτα» (tag) του ενδείκτη, με την οποία είναι αποθηκευμένος ο συγκεκριμένος ενδείκτης στο ΠΣ. Σε αντίθεση με τους απλούς ενδείκτες που αποτελούνται μόνο από μία λίστα δεικτών προς θεμελιώδεις υπολογιστικές μεθόδους ή/και δεδομένα εισόδου, οι σύνθετοι ενδείκτες αποτελούνται από καταλόγους δεικτών σε άλλους σύνθετους ή απλούς ενδείκτες. Είναι, στην πραγματικότητα πολυεπίπεδες λίστες από μεθόδους ή/και δεδομένα εισόδου. Κατά απόλυτα αντίστοιχο τρόπο με τους ενδείκτες υλοποιούνται και τα δεδομένα εισόδου.

Η απλοποιημένη δομή μιας θεμελιώδους υπολογιστικής διαδικασίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-8.



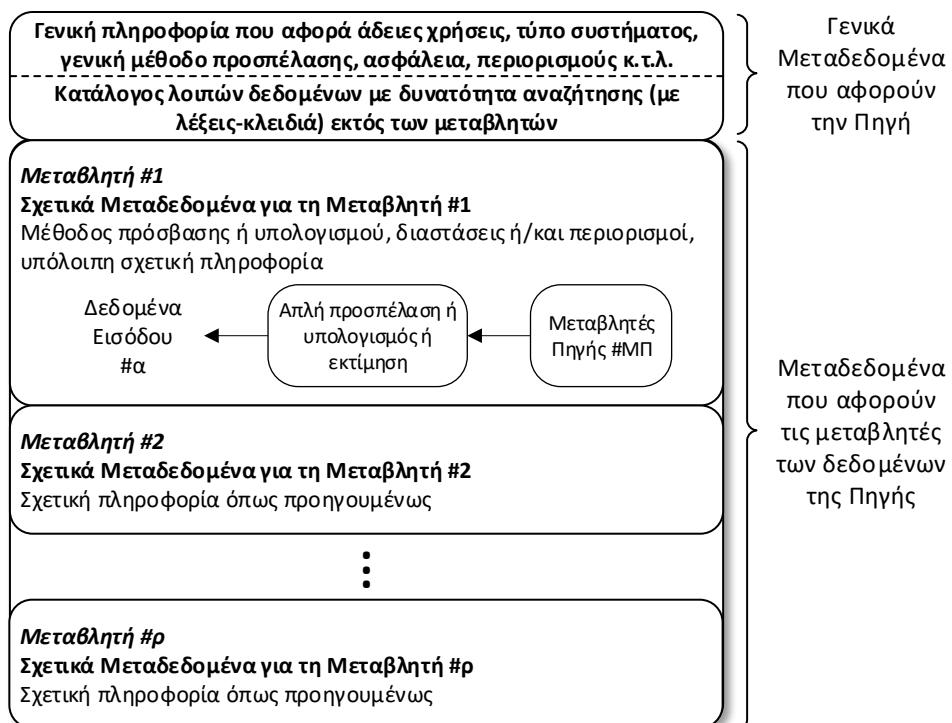
Εικόνα 5-8: Απλουστευμένη μορφή της δομής μεταδεδομένων μιας υπολογιστικής μεθόδου, μιας υπομεθόδου ή ενός υπολογιστικού μοντέλου.

Είναι συχνό φαινόμενο σε πολλές εφαρμογές της πράξης να υπάρχει ένα σύνολο εναλλακτικών μεθόδων για τον υπολογισμό συγκεκριμένων παραμέτρων. Για το λόγο αυτόν, η προταθείσα δομή μεταδεδομένων παρέχει διαφορετικές επιλογές για την παραγωγή του ίδιου ή, σε περίπτωση που αυτό είναι απαραίτητο, ελαφρά τροποποιημένου συνόλου αποτελεσμάτων. Επί πλέον, η προταθείσα δομή επιτρέπει τον καθορισμό προτεραιότητας μεταξύ των διαφορετικών επιλογών, ώστε να είναι διαφοροποιείται η επιλογή ανάλογα με τη χρήση.

Μία θεμελιώδης υπολογιστική μέθοδος του Χάρτη Περιεχομένων μπορεί να αποτελείται από οποιονδήποτε συνδυασμό τέτοιων δομών, όπως άλλωστε παρουσιάστηκε και στην Εικόνα 5-4. Η αποσύνθεση σταματά στο σημείο όπου δεν υπάρχουν απλούστερες μέθοδοι ή μοντέλα για τον υπολογισμό των επιθυμητών ενδεικτών ή ενδιάμεσων μεταβλητών.

Τέλος, όσον αφορά τις πηγές δεδομένων, η δομή μεταδεδομένων που προτείνεται έχει τη ακόλουθη μορφή:

Δομή Μεταδεδομένων για την Πηγή Δεδομένων #Μ



Εικόνα 5-9: Απλουστευμένη μορφή της δομής μεταδεδομένων για την Πηγή Δεδομένων.

Η δομή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-9 αποτελείται από δύο πολύ σημαντικά μέρη πληροφορίας:

- Γενική πληροφορία για τον Οργανισμό ή την Εταιρεία που παρέχει τα δεδομένα, τον τύπο των δεδομένων, τους πιθανούς περιορισμούς στη χρήση τους κ.τ.λ.
- Και ένα δεύτερο μέρος, στο οποίο περιγράφεται ο ακριβής τρόπος για την εξαγωγή κάθε μεταβλητής που προέρχεται από τη συγκεκριμένη πηγή. Η αντίστοιχη μεταβλητή μπορεί να υπάρχει αυτούσια στη βάση δεδομένων της πηγής, ή μπορεί να υπολογίζεται ή να εκτιμάται από ένα σύνολο δεδομένων της πηγής.

Με τον τρόπο αυτό παρέχεται πλήρης υλοποίηση του Χάρτη Περιεχομένων για το σύνολο των δεδομένων του Πληροφοριακού Συστήματος.

6

Ένα πληρέστερο λειτουργικά μοντέλο για συστήματα του τύπου του ETIS

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάστηκε η δομή μεταδεδομένων μια καινοτομική δομή μεταδεδομένων για την θεματική κατάτμηση των εφαρμογών ενός συστήματος, η οποία μπορεί να λειτουργήσει ως Χάρτης Περιεχομένων ενός συστήματος με σκοπό και κλίμακα παρόμοιων με αυτά του συστήματος ETIS. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τη λειτουργία και τη συμβολή αυτής της τόσο σημαντικής δομής κατά τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος.

6.1 Η μέθοδος «διαχωρισμένων πληροφοριών» (split storage) για την οργάνωση γεωγραφικής και γεωσυσχετισμένης πληροφορίας. – Η αρχιτεκτονική «Θέματα Υπεράνω Χαρτών»

Όπως έχει γίνει ήδη κατανοητό από τα Κεφάλαια 4 και 5 δεν είναι πρακτική η δημιουργία συνεχώς νέων μορφών των δικτύων με τα αντίστοιχα γεωγραφικά και γεωσυσχετισμένα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εκάστοτε εφαρμογή ή/και κάθε φορά που τροποποιείται η σχετική γεωσυσχετισμένη πληροφορία. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται καθώς είναι υπαρκτή η ανάγκη για επικαιροποίηση, αναβάθμιση και προσθήκη δεδομένων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του συστήματος.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στην Ενότητα 3.6, η αρχιτεκτονική «Χάρτες Υπεράνω Θεμάτων», παρά το ότι χρησιμοποιείται ευρέως, θέτει όρια στον ορθό τρόπο χειρισμού της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας. Αντ' αυτής της αρχιτεκτονικής, προτείνεται ένα διαφορετικό σχήμα, καλούμενο «Θέματα Υπεράνω Χαρτών», το οποίο αυξάνει ουσιαστικά τις δυνατότητες χειρισμού των γεωσυσχετισμένων δεδομένων και συνδυάζεται αρμονικά με την Τελεολογική Δομή ή Χάρτη Περιεχομένων του Συστήματος.

Σύμφωνα με το αρχιτεκτονικό σχήμα Θέματα Υπεράνω Χαρτών, τα γεωσυσχετισμένα δεδομένα χωρίζονται σε τέσσερες κατηγορίες:

Δ1. **Πληροφορίες γεωγραφικού υπόβαθρου** για την περιοχή ενδιαφέροντος (συνήθως κατάλληλους γεωγραφικούς χάρτες ή/και αεροφωτογραφίες, ή συνδυασμό κατάλληλων χαρτών και ειδικού τύπου πληροφορίας).

Δ2. **Πληροφορία απ' ευθείας συνδεδεμένη με σημεία ή περιοχές ενός χάρτη.** Παραδείγματα πληροφορίας του είδους αυτού είναι οι ειδικές δασικές περιοχές, οι αδιάβατες περιοχές, οι τοποθεσίες χειμάρρων, οι περιοχές που συνήθως πλημμυρίζουν, οι ήδη πλημμυρισμένες περιοχές, η πληροφορία για την διέλευση καταιγίδας ή βροχόπτωσης, η πληροφορία για τον άνεμο, κ.τ.λ.

Δ3. Τον απαραίτητο μόνον αριθμό από οντότητες, σημαντικές για την τρέχουσα εφαρμογή, με τις οποίες διασυνδέεται η υπόλοιπη (έμμεσα) γεωσυσχετισμένη πληροφορία. Παραδείγματα οντοτήτων του τύπου αυτού είναι στοιχεία των μεταφορικών δικτύων, εγκαταστάσεις, συγκροτήματα κτιρίων, έργα υποδομής, περιοχές ειδικού χαρακτήρα (αεροδρόμια, λιμάνια, βιομηχανικές περιοχές και εγκαταστάσεις, οικιστικές περιοχές και υποπεριοχές, στρατόπεδα, παιδικές κατασκηνώσεις, διασταυρώσεις δρόμων, ανισόπεδες διαβάσεις, σήραγγες, γέφυρες, σταθμοί, κλπ.). Οι οντότητες αυτές θα καλούνται στο εξής **συνδέτες δεδομένων** (data linkers).

Δ4. Και, τέλος, όλη την υπόλοιπη πληροφορία που γεωσυσχετίζεται έμμεσα μέσω των συνδετών δεδομένων, όπως αυτή που συσχετίζεται με τις οντότητες-συνδέτες της κατηγορίας Δ3. Η πληροφορία αυτή μπορεί να γίνει συντριπτικά μεγάλη σε όγκο, δεδομένου ότι μπορεί να περιλάβει πληροφορία που δεν είναι προφανές ότι είναι γεωσυσχετισμένη, όπως, πχ., η πληροφορία που αφορά εθνικούς ή κοινοτικούς νόμους ή οδηγίες (directives), διευκρινιστικές ή κανονιστικές εγκυκλίους, διαρκείς ή τρέχουσες εντολές ή οδηγίες από εξουσιοδοτημένους φορείς, ερμηνείες από εξουσιοδοτημένους νομικούς συμβούλους, κ.α.

Πρέπει να τονιστεί ότι, σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις, τα αναγκαία δεδομένα και πληροφορίες εξαρτώνται απολύτως από το είδος της εκάστοτε εργασίας και, επομένως καθορίζονται και περιγράφονται από τον Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογική Δομή του συστήματος. Ωστόσο, ο χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα περαιτέρω καθορισμού, μεταβολής ή επαύξησης των δεδομένων αυτών, αν κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό.

Ένας τρόπος για την διόρθωση του προαναφερθέντος προβλήματος στηρίζεται στην ιδέα ότι αυτό που πραγματικά χρειάζεται να παράγεται κάθε φορά είναι οι χάρτες και μία περιορισμένη μορφή των γεωσυσχετισμένων αντικειμένων που συνδέονται με αυτούς. Συνεπώς, η δημιουργία εκ νέου χαρτών μαζί με όλη τη γεωσυσχετισμένη πληροφορία για κάθε νέα εφαρμογή δεν είναι απαραίτητη.

Τα δεδομένα ενός συστήματος με σκοπό και κλίμακα σαν αυτά του συστήματος ETIS διαχωρίζονται ως εξής (εξ ου και το όνομα της μεθόδου ως «διαχωρισμένων πληροφοριών»):

1. Ο Χάρτης Περιεχομένου είναι οργανωμένος σε μία ξεχωριστή βάση μεταδεδομένων.
2. Το χαρτογραφικό υπόβαθρο και τα αντικείμενα-συνδέτες είναι οργανωμένα σε έναν Διαδικτυακό Διακομιστή Χαρτών (Web Map Server), αλλά, καθ' ομάδες, οι οποίες ορίζονται από τον Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος. Ως τέτοιος διακομιστής χρησιμοποιήθηκε ο ArcIMS της ESRI σε συνδυασμό με το ArcSDE (Spatial Database Engine, ως πύλη για τη γεωγραφική βάση δεδομένων), τα οποία είναι μέρος του διαθέσιμου ArcGIS Server του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας. Κάθε ομάδα πρέπει να έχει δεδομένα ή πληροφορία, κατάλληλη για το συγκεκριμένο πρόβλημα ή θέμα: το κατάλληλο χαρτογραφικό υπόβαθρο, τα επιθυμητά δεδομένα ή πληροφορία που διασυνδέονται άμεσα με το υπόβαθρο αυτό, καθώς και τα επιθυμητά αντικείμενα-συνδέτες. Κάθε ομάδα του τύπου αυτού πρέπει να διασυνδεθεί κατάλληλα με τα αντίστοιχα προβλήματα ή θέματα του Χάρτη Περιεχομένων.
3. Το σύνολο της υπόλοιπης γεωσυσχετισμένης πληροφορίας πρέπει να είναι οργανωμένο σε μία ή περισσότερες βάσεις δεδομένων (databases) ή σε ένα ή περισσότερα αποθετήρια δεδομένων (data warehouses). Και πάλι, τα δεδομένα αυτά πρέπει να συσχετίστούν κατάλληλα με τα αντίστοιχα προβλήματα ή θέματα της Τελεολογικής Δομής. Δεδομένης της υψηλής δυνατότητας οργάνωσης που ο Χάρτης Περιεχομένων του συστήματος καθιστά δυνατή, είναι εφικτή η κατανομή της έμμεσα γεωσυσχετισμένης πληροφορίας σε

διεσπαρμένες χωρικά βάσεις δεδομένων Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται μια ευρύτερη κατανεμημένη βάση δεδομένων (*distributed database*). Η κατανομή αυτή πρέπει να είναι τελείως διαφανής (*transparent*) για τον χρήστη (δηλαδή ο χρήστης να αντιλαμβάνεται μία ενιαία βάση μόνον). Η κατανομή συνήθως γίνεται για τους εξής λόγους (αλλ' όχι μόνον γι' αυτούς):

- Είτε με βάση μια μορφή της αρχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ονομάζεται «*αρχή της εντοπιότητας*» («*subsidiarity principle*»), που εκφράζεται ως εξής: *Στην περίπτωση κατανομής δεδομένων είναι σκόπιμο τα επί μέρους τμήματα δεδομένων να τηρούνται από αυτούς που τα παρήξαν και τα συντηρούν.*
 - Είτε επειδή κάποια δεδομένα είναι εμπιστευτικά ή ανήκουν σε συγκεκριμένους φορείς ή εταιρείες και η χρήση τους πρέπει να γίνεται μετά από κατάλληλη εξουσιοδότηση του ιδιοκτήτη των δεδομένων ή/και πληρωμή προς αυτόν.
4. Ένας διαδικτυακός διακομιστής (web and application server) χρησιμοποιείται ως front-end σύστημα και για τη διαχείριση των επικοινωνιών και άλλων μονάδων του συστήματος (π.χ. ως ένας τέτοιος διακομιστής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας απλός προσωπικός υπολογιστής με τη δυνατότητα εκτέλεσης Apache Web server).

Η μεθοδολογία για τη λήψη συνόλων ή υποσυνόλων δεδομένων μπορεί καλύτερα να εξηγηθεί μέσω ενός παραδείγματος χρήσης (για λόγους σαφήνειας περιγράφονται μόνο οι κύριες δυνατότητες του συστήματος):

Ας υποθέσουμε ότι ένας χρήστης του συστήματος χρειάζεται πρόσβαση σε κάποια σύνολα δεδομένων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό που πραγματικά χρειάζεται είναι ένα υποσύνολο των δεδομένων έχει αποθηκευτεί στη βάση ή το αποθετήριο δεδομένων (δεδομένα για συγκεκριμένες εφαρμογές ή δεδομένα για πιθανώς περιορισμένη περιοχή της Ευρώπης ή επιλεγμένα τμήματα μόνο των σχετικών πληροφοριών κ.τ.λ.). Έτσι:

- a. Ο χρήστης συνδέεται στο σύστημα μέσω του front-end, το οποίο χρησιμοποιεί το Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος για να βοηθήσει και να καθοδηγήσει τον χρήστη μέσα στο περιεχόμενο του συστήματος. Ο χρήστης επιλέγει το επιθυμητό σύνολο δεδομένων. Κατά τη διαδικασία επιλογής, ο χρήστης, στην πραγματικότητα, φτάνει στους ενδείκτες ή τις μεταβλητές για το θεμελιώδες πρόβλημα, για το οποίο ενδιαφέρεται (για παράδειγμα, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών και, συγκεκριμένα, το θόρυβο σε δίκτυα TEN-T). Αυτή η λειτουργία επιλέγει σαφώς μόνο τους δείκτες ή τις μεταβλητές και τις αντίστοιχες υπολογιστικές μεθόδους, οι οποίες σχετίζονται με το συγκεκριμένο θεμελιώδες πρόβλημα (τα οποία μπορεί να εξακολουθούν να είναι πολύ μεγάλου όγκου). Σε αυτό το σημείο, ο χρήστης μπορεί να περιορίσει περαιτέρω την επιλογή του, περιορίζοντας τις τιμές των διαστάσεων, των ονοματολογιών κ.τ.λ. (π.χ. δεδομένα για τα έτη 2012 έως 2016, μόνο για την Ελλάδα, την Ιταλία και την Κύπρο). Στην πραγματικότητα, οι τυπικές επιλογές χρηστών μειώνουν σημαντικά τον όγκο του επιθυμητού συνόλου δεδομένων, παρόλο που είναι δυνατή η πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες του συστήματος.

Πρέπει να τονιστεί ότι έως τώρα το σύστημα χρειάζεται να έχει πρόσβαση μόνο στον Χάρτη Περιεχομένων (τη βάση μεταδεδομένων) και όχι στα πραγματικά δεδομένα, τον εξυπηρετητή GIS ή το αποθετήριο δεδομένων. Το σύστημα, μέσω του Χάρτη Περιεχομένου, γνωρίζει ήδη ποιος χάρτης χρειάζεται και ποια είναι τα συνδεδεμένα αντικείμενα.

- β. Στη συνέχεια, το σύστημα χρησιμοποιώντας

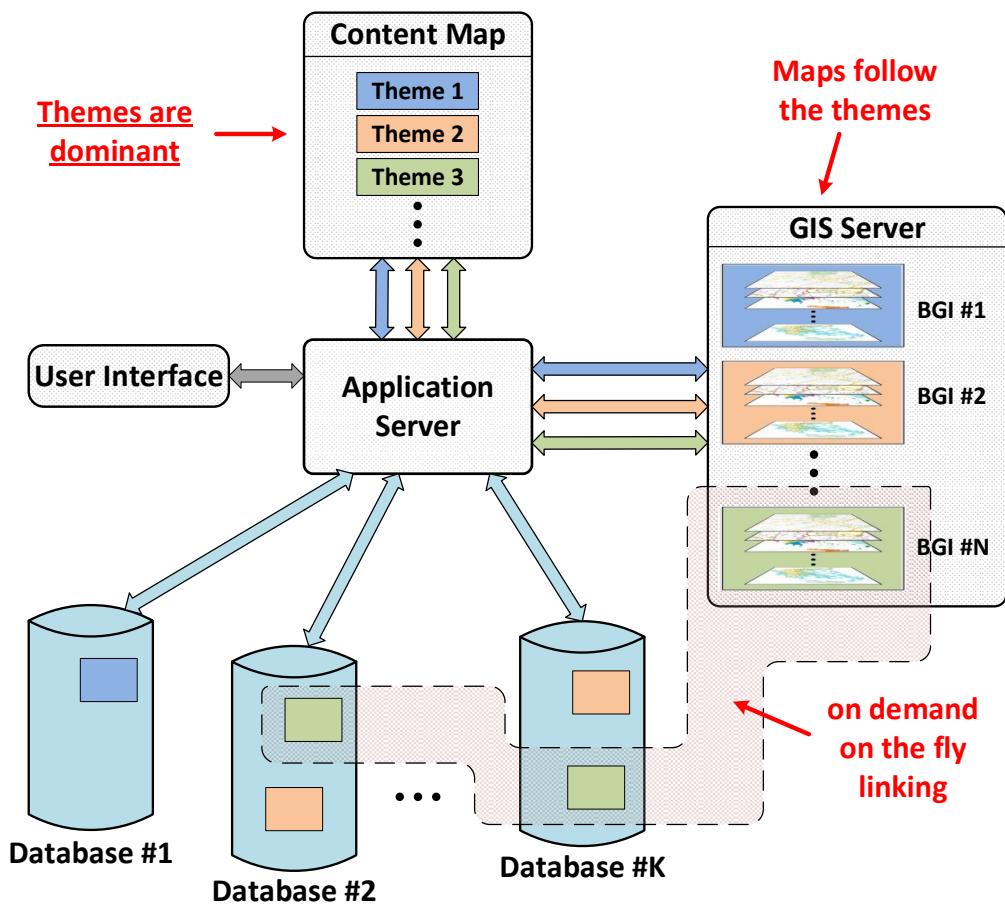
- i. τις επιλογές του χρήστη και,
 - ii. με τρόπο διαφανή για τον χρήστη, σχετικές, σημαντικές πληροφορίες από τον Χάρτη Περιεχομένων (όπως τη διασυνδεδεμένη πληροφορία)
- προσπελάζει το αποθετήριο δεδομένων, όπου αποθηκεύονται οι σχετικές πληροφορίες. Προφανώς, ανακτά μόνο τις απολύτως απαιτούμενες πληροφορίες και τίποτα περισσότερο, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες λογισμικού βάσης δεδομένων ή του αποθετηρίου δεδομένων.
- γ. Έπειτα, ο χρήστης έχει την επιλογή να εξετάσει τα αντικείμενα σύνδεσης και τις σχετικές πληροφορίες σε μια πινακοποιημένη προβολή και, αν χρειαστεί, να επεξεργαστεί περαιτέρω ή να τροποποιήσει την επιλογή του διεξάγοντας φiltράρισμα των δεδομένων, "τεμαχισμό" και "κατάτμηση", ή γενίκευση (ως επί το πλείστον άθροισμα) των διεργασιών. Σε μια τέτοια περίπτωση, το νέο υποσύνολο αντικαθιστά το αρχικά ανακτηθέν από το σύστημα.
- δ. Σε επόμενο βήμα, ο χρήστης απαιτεί την απεικόνιση του τελικού συνόλου δεδομένων πάνω σε χάρτη. Το σύστημα συνδέει δυναμικά, εν λειτουργία ("on the fly") τη νέα, σχετική πληροφορία στα βασικά αντικείμενα διασύνδεσης σε έναν ήδη δημιουργημένο χάρτη, ο οποίος αναφέρεται στο σχετικό θεμελιώδες πρόβλημα που έχει επιλέξει ο χρήστης. Η απαραίτητη γεωσυσχετισμένη πληροφορία (δηλαδή οι κατάλληλοι πίνακες από τη βάση δεδομένων) λαμβάνονται με την καθοδήγηση του Χάρτη Περιεχομένων. Το αποτέλεσμα είναι η αυτόματη (δηλαδή χωρίς την προηγούμενη παρέμβαση ειδικού ή κάποιου άλλου χρήστη) δημιουργία ενός χάρτη με πρόσθετες πληροφορίες, σύμφωνα με τις αρχικές απαιτήσεις του χρήστη.
- ε. Στη συνέχεια, ο Διαδικτυακός Διακομιστής Χαρτών (ArcIMS) επιστρέφει στον χρήστη (και μόνο αυτόν) τον χάρτη ως εικόνα με δυνατότητα γραφικής επιλογής (clickable image). Ο διακομιστής, στον οποίο έχει εγκατασταθεί η δικτυακή διεπαφή μπορεί να είναι απλά ένας διακομιστής Ιστού και Εφαρμογών (Web and Application Server). Η επιλογή αυτή γίνεται για δύο κυρίως λόγους:
- i. Μία από τις προδιαγραφές του συστήματος είναι ότι ο τελικός χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα να συνδέεται από τον προσωπικό του υπολογιστή και να μπορεί να έχει πρόσβαση στις συνολικές δυνατότητες του συστήματος, χωρίς τη χρήση επί πλέον αδειών λογισμικού (με τη χρήση ενός απλού φυλλομετρητή ιστοσελίδων και της Java, τα οποία είναι δωρεάν προς χρήση)
 - ii. Η λύση αυτή παρέχει σε όλους τους χρήστες ταυτόχρονα τις επικαιροποιήσεις και τις αναβαθμίσεις της διεπαφής, χωρίς να χρειάζεται επί πλέον χρόνος για την εγκατάσταση καινούριων εκδόσεων.
- στ. Ο χρήστης μπορεί να παράξει όσες διαφορετικές προβολές χάρτη επιθυμεί (map views) και, αν το επιθυμεί και έχει τα κατάλληλα δικαιώματα να αποθηκεύσει το σύνολο δεδομένων ή/και τον συνολικό χάρτη τοπικά.

Η διαχείριση των δεδομένων ενός συστήματος της κλίμακας που εξετάζουμε είναι μια εντελώς ξεχωριστή διαδικασία. Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνεται από έναν ειδικό ή μία ομάδα ειδικών ανάλογα με την εφαρμογή. Σε εφαρμογές Σχεδίασης Μεταφορών, στις περισσότερες περιπτώσεις ο ειδικός αυτός είναι ειδικός σε θέματα μεταφορών. Παρόλα αυτά, στα περισσότερα συστήματα τέτοιου σκοπού και κλίμακας, η διαχείριση των δεδομένων παρουσιάζει πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Μία κατάλληλη front-end διεπαφή πρέπει να κατασκευαστεί, η οποία θα βρίσκεται

εγκατεστημένη σε έναν Web and Application Server, ο οποίος θα καθοδηγεί τους Διαχειριστές των δεδομένων, στον να επικαιροποιούν τον Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος με τα κατάλληλα μεταδεδομένα και τις περιγραφές δεδομένων, τις περιγραφές των αντιστοίχων βάσεων δεδομένων του Διαδικτυακού Διακομιστή Χαρτών (IMS) (οι οποίες περιέχουν τους χάρτες με τα αντικείμενα διασύνδεσης μόνο, οι οποίοι υπάρχουν ήδη δημοσιευμένα στον IMS), τις κατάλληλες διασυνδεδεμένες πληροφορίες, τα αντίστοιχα δεδομένα από τη βάση ή το αποθετήριο δεδομένων κ.τ.λ. Προφανώς, η διαδικασία αυτή πρέπει να εκτελείται για κάθε θεμελιώδες πρόβλημα στο σύστημα. Αν και το λογισμικό αυτό μπορεί να φαίνεται αρκετά πολύπλοκο, ένα μεγάλο τμήμα της πολυπλοκότητας μπορεί να μην είναι εμφανής στον τελικό Διαχειριστή των δεδομένων. Στην πραγματικότητα, το λογισμικό μπορεί να καθοδηγεί τον χρήστη, ώστε να το φορτώνει ή να το επικαιροποιεί κατάλληλα. Επιπροσθέτως, μπορούν να δημιουργηθούν ακριβείς επιχειρησιακές διαδικασίες και πρότυπα δεδομένων για την προετοιμασία των συνόλων των δεδομένων που πρόκειται να εισαχθούν στο σύστημα. Τεχνικά, ωστόσο, ο Διαχειριστής δεδομένων είναι ακόμα μία κατηγορία χρήστη, ο οποίος συνδέεται στο σύστημα μέσω του Internet ή του Intranet, χρησιμοποιώντας τον προσωπικό του υπολογιστή ή τον σταθμό εργασίας του, αλλά με υψηλότερες δυνατότητες από αυτές του απλού χρήστη.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι η κατάλληλη μεθοδολογία ανάπτυξης ενός τέτοιου συστήματος ή το ίδιο το λογισμικό του συστήματος δεν έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν την πολυπλοκότητα της δημιουργίας συνεκτικών, υψηλής ποιότητας, γεωσυσχετισμένων συνόλων δεδομένων. Ωστόσο, η ύπαρξη του Χάρτη Περιεχομένων του Συστήματος και η χρήση του ως «Οργανωτικό Προτύπου» για τα διάφορα σύνθετα και μεγάλου όγκου σύνολα δεδομένων, μπορεί να βοηθήσει τον Διαχειριστή δεδομένων στην αρχική οργάνωση και επικαιροποίηση ή στον εμπλουτισμό του πυρήνα των δεδομένων του συστήματος με ορθό τρόπο, και να συνδράμει στην παραγωγή ενός διαχειρίσιμου τελικού συστήματος.

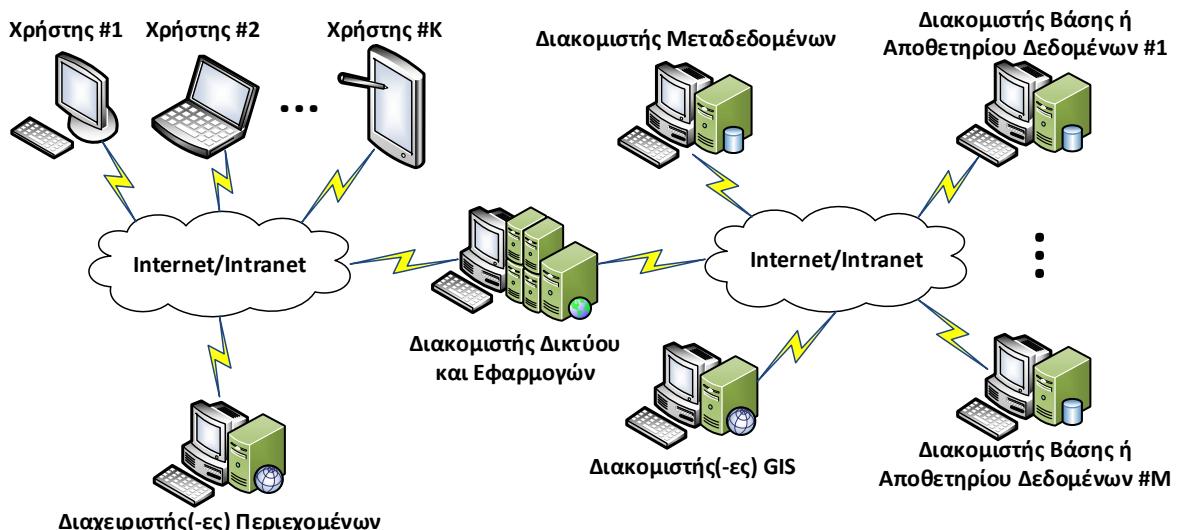
Δεδομένης της υψηλής δυνατότητας οργάνωσης που η Τελεολογική Δομή καθιστά δυνατή, είναι εφικτή η κατανομή της έμμεσα γεωσυσχετισμένης πληροφορίας σε διεσπαρμένες χωρικά βάσεις δεδομένων. Η κατανομή μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε κριτήριο, αλλά προτιμάται αυτό που η Ευρωπαϊκή Κοινότητα ονομάζει αρχή της εντοπιότητας (subsidiarity principle). Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η αρχή αυτή εκφράζει την επιθυμία επί μέρους σύνολα δεδομένων να ευρίσκονται κοντά στον τόπο παραγωγής τους, δηλαδή τα σύνολα αυτά δεδομένων να οργανώνονται και τηρούνται από αυτούς που τα δημιούργησαν και τα επικαιροποιούν, αν αυτό είναι δυνατό. Με τις σημερινές διαδικτυακές δυνατότητες και τις υψηλές δυνατότητες οργάνωσης που επιτρέπει η Τελεολογική Δομή, γεωγραφική κατανομή σύμφωνη με το κριτήριο αυτό είναι δυνατή για σημαντικό αριθμό συνόλων δεδομένων.



Εικόνα 6-1: Η αρχιτεκτονική "Θέματα Υπεράνω Χαρτών"

Αξίζει να σημειωθεί ότι από την Εικόνα 6-1 κυρίαρχο ρόλο αποκτά ο Χάρτης Περιεχομένων του συστήματος, δηλαδή οι διαφορετικοί σκοποί (θέματα) των εφαρμογών και των υπηρεσιών που εξυπηρετεί το σύστημα.

Μία πρακτική υλοποίηση ενός συστήματος τύπου ETIS φαίνεται στην Εικόνα 6-2.



Εικόνα 6-2: Η δομή του Συνολικού Πληροφοριακού Συστήματος.

6.2 Τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας οργάνωσης

Με τη χρήση της Αρχιτεκτονικής «Θέματα Υπεράνω Χαρτών» έχουμε τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

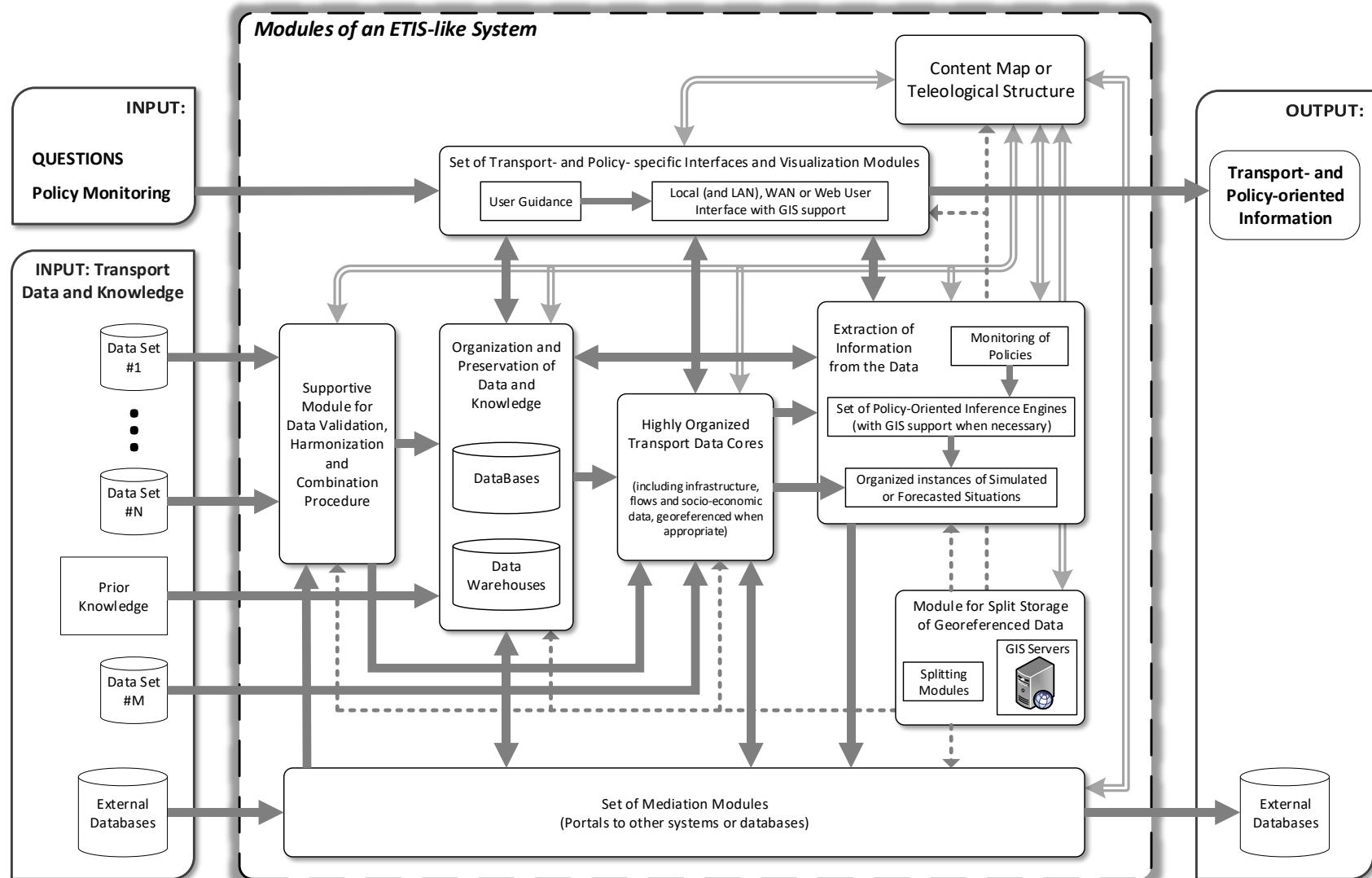
- Το Πληροφοριακό Σύστημα (ΠΣ) μπορεί άνετα να αντιμετωπίσει την διαφοροποίηση και την πολυπλοκότητα δεδομένων και των μεθόδων επεξεργασίας αυτών, καθώς και να επιλύσει το πρόβλημα της πολυμορφίας δεδομένων.
- Το ΠΣ μπορεί να αυξάνεται διαρκώς, να επικαιροποιείται και να αναβαθμίζεται διαρκώς και να είναι πολυθεματικό με πολύ σοβαρά μειωμένο κίνδυνο να καταστεί ανεξέλεγκτο (unmanageable).
- Ο πυρήνας δεδομένων και προγραμμάτων του ΠΣ μπορεί, επίσης, να μειωθεί κατά βούληση με την επιλεκτική αφαίρεση υποθεμάτων και των συσχετισμένων με αυτά δεδομένων και προγραμμάτων, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να αφαιρεθούν δεδομένα ή προγράμματα που χρειάζονται για θέματα ή προβλήματα που θα παραμείνουν στο σύστημα.
- Το ΠΣ μπορεί να αυξηθεί θεματικά ή να υποστεί σημαντική θεματική στροφή, δεδομένου ότι η Τελεολογική Δομή επιτρέπει:
- Την ολοκλήρωση νέων θεμάτων ή προβλημάτων και των αντίστοιχων δεδομένων και προγραμμάτων με τρόπο ορθογώνιο ως προς την ήδη υπάρχουσα πληροφορία. Ο όρος ορθογώνιος δηλώνει ότι η νέα πληροφορία μπορεί να προστεθεί στο σύστημα χωρίς επικάλυψη με την ήδη υπάρχουσα.
- Την μέγιστη δυνατή επαναχρησιμοποίηση (reuse) του πυρήνα δεδομένων και προγραμμάτων.
- Το ΠΣ μπορεί να χειρίστει εύκολα τόσο την μη γεωσυσχετισμένη πληροφορία όσο και την γεωσυσχετισμένη. Στην περίπτωση που στο ίδιο σύστημα πρέπει να συνυπάρξουν εφαρμογές που έχουν ανάγκη διαφορετικών χαρτών και διαφορετικών σημαντικών γεωσυσχετισμένων οντοτήτων, η Τελεολογική Δομή μπορεί να επιτρέψει τον μερικό ή πλήρη διαχωρισμό των αναγκαίων δεδομένων, και, επομένως, την αποφυγή λανθασμένης χρήσης τους ή/και λανθασμένης οργάνωσης και τήρησή τους.
- Επιτρέπεται δυναμικά η πρόσθεση και ομαλή ολοκλήρωση στο ΠΣ νέας πληροφορίας που παράγεται από τους χρήστες (είτε σε δική τους περιοχή, είτε, εάν οι χρήστες είναι εξουσιοδοτημένοι, στην βάση του ΠΣ).
- Είναι δυνατόν να γίνουν ακόμη και σοβαρές αλλαγές στον πυρήνα δεδομένων ή/και προγραμμάτων του συστήματος με ελάχιστη διαταραχή της λειτουργίας του, δηλαδή χωρίς να χρειάζεται εκτεταμένη διακοπή της λειτουργίας του.
- Είναι εφικτή η διαρκής εξέλιξη του συστήματος, με τα προφανή κέρδη σε χρήμα και χρόνο, δεδομένου ότι δεν χρειάζεται η εξ αρχής κατασκευή νέων εξελιγμένων μορφών του συστήματος. Με την έννοια αυτή, το σύστημα αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί αειφόρο (sustainable).

Αρχική μορφή της αρχιτεκτονικής αυτής έχει επίσης δοκιμαστεί στο πλαίσιο του προγράμματος ETIS-Agent και έχει επιδειχθεί σε εκπροσώπους Στατιστικών Υπηρεσιών και Υπουργείων Μεταφορών της

Ευρωπαϊκής Ένωσης με πολύ καλά αποτελέσματα. Η αναφερθείσα στα προηγούμενα σύγχρονη πλατφόρμα, που θα έχει πληροφορία για την υποδομή των μεταφορικών δικτύων και τις καταγεγραμμένες ή επιθυμητές ροές επιβατών και εμπορευμάτων και είναι υπό ανάπτυξη στο Εργαστήριο Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ, θα χρησιμοποιεί, επίσης, την προτεινόμενη Αρχιτεκτονική «Θέματα Υπεράνω Χαρτών».

6.3 Η νέα πρόταση για τη λειτουργική αρχιτεκτονική ενός συστήματος παρόμοιου με το ETIS

Στην Ενότητα 2.4 και συγκεκριμένα στην Εικόνα 2-1 παρουσιάστηκε η αρχιτεκτονική ενός επιθυμητού συστήματος ETIS. Με τις νέες δομές και τις παρατηρήσεις που έγιναν στο Κεφάλαιο 5 και έως τώρα στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια νέα πρόταση για τη συνολική αρχιτεκτονική ενός συστήματος με σκοπό και έκταση παρόμοιων με το ETIS.



Εικόνα 6-3: Η συνολική αρχιτεκτονική ενός συστήματος του τύπου του ETIS.

Σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 2.4 στην Εικόνα 6-3 έχουν προστεθεί δύο ακόμα υποσυστήματα, ο Χάρτης Περιεχομένων του ΠΣ και η μονάδα που εξυπηρετεί τη μέθοδο των Διαχωρισμένων Πληροφοριών (Split Storage). Σημειώνεται ότι στο σχήμα:

- Με γεμάτα γκρι βέλη απεικονίζεται η ροή δεδομένων και πληροφορίας μεταξύ των διαφορετικών υποσυστημάτων του Πληροφοριακού Συστήματος.
- Με διπλά άδεια βέλη διπλής κατεύθυνσης απεικονίζεται η ροή ελέγχου από το κεντρικό υποσύστημα (εδώ τον Χάρτη Περιεχομένων του ΠΣ), αλλά και η ροή αναφορών κατάστασης από τα ελεγχόμενα υποσυστήματα προς το κεντρικό.
- Με διακεκομμένα βέλη απεικονίζεται η χρήση της μεθοδολογίας Διαχωρισμένων Πληροφοριών που μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα υποσυστήματα του ΠΣ.

Αν και το σχήμα μοιάζει αρκετά με εκείνο που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 2.4, υπάρχουν οι εξής σημαντικές αλλαγές:

1. Και τα επτά υποσυστήματα είναι υπό τον έλεγχο του Χάρτη Περιεχομένων του Πληροφοριακού Συστήματος, ο οποίος αποστέλλει μηνύματα ελέγχου προς τα υπόλοιπα υποσυστήματα και δέχεται από αυτά σήματα που περιγράφουν την εκάστοτε κατάσταση των υποσυστημάτων.
2. Υπάρχει πλέον η δυνατότητα η γεωγραφική και η γεωσυσχετισμένη πληροφορία να βρίσκεται σε αποθηκεύεται με τη μεθοδολογία των Διαχωρισμένων Πληροφοριών, οποτεδήποτε και οπουδήποτε αυτό κριθεί αναγκαίο. Όπως ήδη αναφέρθηκε, για τον χειρισμό της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας χρησιμοποιείται η αρχιτεκτονική «Θέματα Υπεράνω Χαρτών», ο δε διαχωρισμός της πληροφορίας ελέγχεται και αυτός από τον Χάρτη Περιεχομένων του ΠΣ.

7

Πυρήνες δεδομένων πολύ υψηλής οργάνωσης που σχετίζονται με τα δίκτυα μεταφορών – Απαραίτητα σχετικά εργαλεία λογισμικού

Σε συνέχεια των όσων παρουσιάστηκαν στην Εργασία «Ειδικός χειρισμός δεδομένων μεταφορικών δικτύων και καινοτομική, προηγμένη σχετική βάση δεδομένων» (Βρυζάλας & Κουκούτσης, 2016) στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν Βάσεις Δεδομένων με πιο χαλαρή οργάνωση, αλλά με ισχυρότερη πληροφορία και μεταπληροφορία, που είναι απαραίτητες σε συστήματα σκοπού, αλλά και κλίμακας παρόμοιων με αυτών του συστήματος ETIS. Θα παρουσιαστεί, ακόμα, και μία μέθοδος κατασκευής νέων στιγμιοτύπων του δικτύου, κατάλληλων για τις εκάστοτε εφαρμογές.

7.1 Η μελέτη μιας τυπικής περίπτωσης εφαρμογής μεταφορών στο σιδηροδρομικό δίκτυο του ETIS.

Στην ενότητα αυτή, θα αναλυθεί ένα τυπικό παράδειγμα στις μεταφορές, ώστε να γίνουν φανερές κάποιες από τις πιο σημαντικές απαραίτητες προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το μοντέλο οργάνωσης της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας, ώστε να καλύπτει τις διαφορετικές εφαρμογές, τι οποίες πρέπει να επιτελεί.

Τυπική Εφαρμογή:

Έστω ότι, στο πλαίσιο του Προγράμματος ETIS, για την αξιολόγηση των υφιστάμενων υπηρεσιών και την αναβάθμιση του σιδηροδρομικού δικτύου στην κεντρική Ευρώπη υπάρχει η ανάγκη μελέτης και ανάπτυξης μιας νέας υπηρεσίας με ταχέα τραίνα, η οποία θα καλύπτει τις χώρες του Βελγίου, της Ολλανδίας και του Λουξεμβούργου (BENELUX). Ζητείται το σύνολο της γεωγραφικής και γεωσυσχετισμένης πληροφορίας που θα χρειαστεί στη μελέτη αυτήν.

Για τη μελέτη αυτήν, θα πρέπει αρχικά να καθοριστεί το απαραίτητο δίκτυο, στο οποίο θα εφαρμοστεί αυτή η διαδικασία, το οποίο θα είναι υποσύνολο του αρχικού δικτύου των σιδηροδρόμων που παρέχεται στα δεδομένα του προγράμματος ETIS. Μια τυπική διαδικασία είναι η ακόλουθη:

- Σε πρώτη φάση, παράγεται ένα πρώτο δίκτυο για τη συγκεκριμένη μελέτη βάσει προκαθορισμένων κριτήριών, με σχεδόν αυτοματοποιημένο τρόπο. Τα κριτήρια αυτά υποδεικνύουν ότι στη συγκεκριμένη εφαρμογή θα πρέπει να συμπεριληφθούν όλοι οι κόμβοι του δικτύου των σιδηροδρόμων, οι οποίοι βρίσκονται εντός 10km από πόλεις με πληθυσμό άνω των 50.000 κατοίκων, καθώς και κάποιοι υπάρχοντες επιθυμητοί τερματικοί σταθμοί.

Όπως είναι αναμενόμενο, τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να προκύψουν από τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα που τηρούνται στη βάση του ETIS με λογική, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από απλά ερωτήματα (SQL queries) προς τη βάση δεδομένων, λογικές ή γεωγραφικές πράξεις μεταξύ των δεδομένων έως πλέον σύνθετους αλγορίθμικούς κανόνες για την επιλογή των κατάλληλων γεωγραφικών αντικειμένων και την παραγωγή του τελικού δικτύου.

- Σε επόμενο στάδιο, οι ειδικοί που ασχολούνται με την εφαρμογή προσθέτουν μεμονωμένους κόμβους, συνδέσμους ή και ολόκληρα υποσύνολα του δικτύου και να τα εντάξουν και αυτά στο νέο δίκτυο.

Η διαδικασία αυτή είναι στις περισσότερες περιπτώσεις χειροκίνητη, διότι οι απαιτήσεις στις εφαρμογές αυτές προκύπτουν κατά περίπτωση και ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή ανά χείρας. Επίσης, η περιγραφή των απαιτήσεων μπορεί να γίνει πολυσύνθετη και υπερπολύπλοκη, και, συνεπώς να απαιτείται πολύ λιγότερος χρόνος να γίνει «με το χέρι». Τέλος, σε αρκετές περιπτώσεις είναι δυνατόν η πληροφορία αυτή καθαυτή να μην υπάρχει στο σύστημα, αλλά να προκύπτει από την σχετική εμπειρία των ειδικών που ασχολούνται με την εφαρμογή.

- Τέλος, προστίθεται οποιαδήποτε άλλη γεωγραφική και γεωσυσχετισμένη πληροφορία χρειάζονται οι ειδικοί για τη συγκεκριμένη μελέτη.

Το σύνολο της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας που χρειάζεται στην εφαρμογή, όπως στατιστικά μοντέλα κίνησης των επιβατών, ωριαία και ημερήσια ανάλυση των δρομολογίων των σχετικών σιδηροδρομικών ζεύξεων, ανάλυση κόστους των συγκεκριμένων ζεύξεων κ.τ.λ. πρέπει να προστεθεί και να συσχετιστεί κατάλληλα στα γεωγραφικά αντικείμενα, τα οποία αφορά.

Στη συνέχεια, το σύνολο του προκύπτοντος δικτύου πρέπει να αποθηκευτεί σε μία νέα βάση, ώστε να μην αλλοιωθεί το αρχικό δίκτυο, μαζί με τα χαρακτηριστικά που κατέληξαν στην επιλογή του νέου δικτύου, τα οποία θα πρέπει να αποθηκευτούν κατάλληλα, όπως ορίζει ο Χάρτης Περιεχομένων του συστήματος, με τρόπο που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5. Προφανώς, πρέπει να δημιουργηθεί συγκεκριμένο αναγνωριστικό (ID) για το προκύπτοντο δίκτυο (ή και όλη τη σχετική εφαρμογή), το οποίο θα λειτουργεί στο εξής ως αναφορά για το συγκεκριμένο δίκτυο.

Το δίκτυο αυτό μπορεί να τηρείται και να χρησιμοποιείται κανονικά και θα πρέπει να επανέρχεται για συντήρηση ή επικαιροποίηση μόνο όταν συμβούν χρονικές εξελίξεις που να το επηρεάζουν. Τέτοιες εξελίξεις είναι:

- ✓ Κατάργηση ενός ή περισσοτέρων σχετικών σταθμών
- ✓ Δημιουργία (και συνεπώς προσθήκη) ενός ή περισσοτέρων σχετικών σταθμών
- ✓ Τροποποίησης της σχετικής υποδομής
- ✓ Προσωρινή διακοπή (προσωρινή κατάργηση ζεύξης) ενός συνδέσμου (π.χ. εξ' αιτίας έργων στο δίκτυο)
- ✓ Αλλαγή δρομολογίων
- ✓ ...κ.τ.λ.

Γίνεται άμεσα κατανοητό ότι πρέπει να υπάρχει άμεση γνώση για το πλήθος και την ταυτότητα των δικτύων που θα πρέπει να τροποποιηθούν όταν μεταβάλλεται κάποιος κόμβος ή σύνδεσμος στο δίκτυο.

Η διαδικασία αυτή θα γίνει δύο (ή και περισσότερες, αν χρειαστεί) φορές, από τις διαφορετικές ομάδες εργασίας της συγκεκριμένης μελέτης (ενδεχομένως, μία από την ομάδα των ειδικών που θα ασχοληθούν με την αξιολόγηση των υφιστάμενων υπηρεσιών και μία από την ομάδα των ειδικών που θα ασχοληθούν με τη σχετική αναβάθμιση).

Τελικά, για την εφαρμογή αυτή θα προκύψει ένα σύνολο γεωγραφικών βάσεων δεδομένων, κάθε μία εκ των οποίων θα εμπεριέχει κόμβους και συνδέσμους, λειτουργικούς και σημαντικούς για τις διαφορετικές ομάδες εργασίας των ειδικών που ασχολούνται στην εκάστοτε μελέτη. Μαζί θα πρέπει να αποθηκευτεί το συγκεκριμένο σχήμα των διοικητικών περιοχών (zoning scheme) που χρησιμοποιήθηκε ή χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη περιοχή. Τέλος, θα πρέπει να συμπεριληφθούν και όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα άλλου τύπου (γεωγραφικά, στατιστικά, μεταδεδομένα κ.τ.λ.).

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα πρέπει να απαιτεί να επιστρέφονται οι συγκεκριμένες βάσεις δεδομένων μαζί με τις χρησιμοποιηθείσες διοικητικές περιοχές και τα υπόλοιπα αντικείμενα ως παραδοτέα του εκάστοτε ερευνητικού προγράμματος, καθώς εμπεριέχουν τη συνολική πληροφορία, η οποία ενδέχεται να φανεί χρήσιμη σε πληθώρα παρόμοιων ή σχετικών μελλοντικών εφαρμογών.

7.2 Καινοτομική πρόταση δημιουργίας παραγώγου δικτύου για κάθε νέα, διαφορετική εφαρμογή

Στην αμέσως προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν εν συντομίᾳ κάποιες από τις πλέον σημαντικές απαραίτητες δυνατότητες που θα πρέπει να πληροί το νέο μοντέλο οργάνωσης της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας. Γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι για κάθε εφαρμογή πρέπει να παράγεται, με όσο το δυνατόν καταλληλότερο τρόπο ένα νέο, παράγωγο δίκτυο, το οποίο όμως δε θα έχει χάσει τη συσχέτιση με το αρχικό. Το νέο αυτό δίκτυο θα το ονομάζουμε και στιγμιότυπο του δικτύου (*network instance*) και θα αποθηκεύεται ξεχωριστά μεν, αλλά θα διατηρεί τη συσχέτιση με το αρχικό, δεδομένου ότι οι περισσότεροι ειδικοί των μεταφορών χρειάζεται να γνωρίζουν την αντιστοίχιση του νέου δικτύου με τα αντίστοιχα τμήματα του παλαιού.

Στην παρούσα ενότητα θα αναφέρουμε τη μεθοδολογία επιλογής των κόμβων και των συνδέσμων του νέου δικτύου, ώστε να προκύψει με όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένο και αποδοτικό τρόπο το καταλληλότερο στιγμιότυπο του δικτύου ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή.

7.2.1 Μέθοδος επιλογής των κόμβων του δικτύου

Αρχικά, είναι απαραίτητη η εισαγωγή στο δίκτυο όλων των απαραίτητων κόμβων που έχουν λειτουργικότητα και σημασία για την εκάστοτε εφαρμογή. Η διαδικασία επιλογής των σχετικών κόμβων παρουσιάζεται στα επόμενα:

- Βήμα 1ο. Με την καθοδήγηση του Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος, επιλέγονται τα διαφορετικά υποσύνολα κόμβων, τα οποία έχουν θεματική συνάφεια με την ανά χείρας εφαρμογή. Ο Χάρτης Περιεχομένων θα δώσει, επίσης, το περιεχόμενο και τη μορφή των σχετικών δεδομένων. Δεδομένου ότι η εφαρμογή είναι καινούρια, ανατρέχουμε σε γενικότερη

Βήμα 2ο. Οι ειδικοί στα θέματα μεταφορών και συγκοινωνιών (transport experts) για τη συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιούν λογικούς ή/και γεωγραφικούς κανόνες για την επιλογή των σημαντικών και των λειτουργικών κόμβων της εφαρμογής. Όπως έχει ήδη αναφερθεί κόμβοι στο νέο δίκτυο θα είναι μόνο όσοι έχουν σημασία για την εφαρμογή ή είναι διασταυρώσεις του νέου δικτύου.

Ουσιαστικά, ο χρήστης του συστήματος που επιλέγει τους κόμβους ενός παράγωγου δικτύου πρέπει να έχει τη δυνατότητα να δώσει ένα σύνολο κανόνων που έχουν σχέση με χαρακτηριστικά των κόμβων (απλό selection από τη βάση) ή/και έναν ολόκληρο αλγόριθμο επιλογής. Σε ακόμα ειδικότερες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστούν πιο πολύπλοκα αλγορίθμικά σχήματα για μια πιο εξελιγμένη λογική επιλογή κόμβων. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει μέσω scripts γραμμένων σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού (όπως στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η Python) ή ακόμα να είναι απαραίτητη η κατασκευή και η χρήση γραφικού περιβάλλοντος χρήστη (GUI).

Βήμα 3ο. Γίνονται κατά περίπτωση (ad-hoc) προσθέσεις ή αφαιρέσεις κόμβων, αν αυτό θεωρηθεί απαραίτητο, από ειδικούς που έχουν καλή γνώση της περιοχής.

Βήμα 4ο. Νέοι κόμβοι μπορεί να χρειαστεί να προστεθούν ή να αφαιρεθούν λόγω απαιτήσεων των χρηστών του συγκεκριμένου συστήματος ή των αποτελεσμάτων κυκλοφοριακών μελετών.

Παρ' όλο που το βήμα αυτό καλύπτεται από τα δύο προηγούμενα, τίθεται ως ξεχωριστό βήμα για λόγους καθαρά λειτουργικούς.

Βήμα 5ο. Τέλος, δυναμικές αλλαγές μπορεί να προκύψουν στους κόμβους του δικτύου λόγω έκτακτων ή εποχιακών χαρακτηριστικών.

Ως παράδειγμα της μεθοδολογίας επιλογής κόμβων για την δημιουργία ενός παράγωγου δικτύου, η προαναφερθείσα διαδικασία θα εφαρμοστεί στο τυπικό παράδειγμα που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 7.1. Έχοντας το σύνολο των κόμβων που αφορούν στις εξεταζόμενες περιοχές, εφαρμόζουμε τα ακόλουθα:

- Καταρχάς, θα γίνει μία πρώτη εκτίμηση για τους σημαντικούς κόμβους της εφαρμογής, διατηρώντας μόνο τους κόμβους του σιδηροδρομικού δικτύου που έχουν επιβατικό σταθμό στον κόμβο αυτόν.
- Από τους κόμβους αυτούς κρατάμε, σε πρώτη προσέγγιση, τους σταθμούς που είναι σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 10km από το κέντρο πόλεων με κατοίκους άνω των 50.000.
- Με το χέρι ή με ad-hoc λογικούς κανόνες επιλέγουμε σταθμούς που ενδεχομένως χρειαστούν, όπως συνοριακοί σταθμοί, οι οποίοι ενδέχεται να μην είναι σταθμοί μετεπιβίβασης των χρηστών, αλλά είναι σημαντικοί για τη λειτουργία του δικτύου, λιμάνια ενδιαφέροντος σε μικρότερες πόλεις (με πληθυσμό μικρότερο των 50.000 κατοίκων), σημεία μετεπιβίβασης σε άλλα κυκλοφοριακά μέσα (π.χ. το αεροδρόμιο του Schiphol, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 10km από το κέντρο της πόλης).
- Ανάλογα με την εφαρμογή, ή τις απαιτήσεις των χρηστών μπορεί να χρειαστεί η προσθήκη και άλλων επιβατικών σταθμών. Για παράδειγμα, σημεία ιστορικού ενδιαφέροντος ή τοποθεσίες τουριστικού ενδιαφέροντος και, επομένως, συχνής κίνησης μπορεί να μην πληρούν τις προηγούμενες προϋποθέσεις και, ως εκ τούτου, να απουσιάζουν ως σημαντικοί κόμβοι του δικτύου.

- Τέλος, επί πλέον κόμβοι μπορούν να ληφθούν υπόψιν και να προστεθούν στο δίκτυο σε περίπτωση έκτακτων ή ημι-στατικών (εποχιακών) γεγονότων. Παραδείγματος χάριν, έκτακτα φαινόμενα όπως μία χιονοστιβάδα ή παρατεταμένα καιρικά φαινόμενα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στο σιδηροδρομικό δίκτυο. Εποχιακά φαινόμενα, όπως η αυξημένη επισκεψιμότητα σε δημοφιλή τουριστικά θέρετρα, μεταβάλλουν την κίνηση του δικτύου συγκεκριμένες εποχές του χρόνου.

7.2.2 Επιλογή των συνδέσμων του δικτύου

Στο σημείο αυτό τίθεται το πρόβλημα της ορθολογιστικής και κατά το δυνατόν αυτόματης επιλογής των συνδέσμων που θα καταλήξουν τελικά να διασυνδέσουν τους κόμβους που επελέγησαν στην Ενότητα 7.2.1. Ένας αλγόριθμος που δεν καταλήγει σε ιδιαίτερα πολύπλοκους υπολογισμούς είναι ο εξής:

Βήμα 1ο. Από τους επιλεγμένους κόμβους επιλέγεται ένας κόμβος με δύναμη 1.

Υπενθυμίζεται ότι δύναμη ενός κόμβου είναι το πλήθος των ακμών που συνδέονται με τον κόμβο αυτόν. Η διαδικασία, λοιπόν, εκκινεί από κάποιον τερματικό σταθμό. Ο σταθμός αυτός προστίθεται σε έναν ξεχωριστό πίνακα, ώστε να γνωρίζουμε τους σημαντικούς κόμβους που έχουμε ήδη επισκεφθεί.

Βήμα 2ο. Διατρέχεται η ακολουθία συνδέσμων του αρχικού δικτύου, μέχρι να καταλήξει σε κάποιον άλλο σημαντικό κόμβο ή σε μία πιθανή διασταύρωση, οπότε και σταματάει προσωρινά. Κάθε διασταύρωση ή κόμβος που απαντάται για πρώτη φορά, μπαίνει σε έναν πίνακα πιθανών δευτερευόντων κόμβων ενδιαφέροντος.

Αυτό σημαίνει ότι εκκινώντας από τον πρώτο κόμβο, σημειώνεται κάθε καινούριος σύνδεσμος, έως ότου βρεθεί κόμβος ενδιαφέροντος. Σε έναν ξεχωριστό πίνακα αποθηκεύονται τα IDs των συνδέσμων που πρόκειται να προστεθούν στο δίκτυο, ώστε, αφενός τελικά να συνενωθούν και να προστεθούν στο δίκτυο, αφετέρου να διατηρηθεί η αντιστοίχιση του καινούριου συνδέσμου με τους συνδέσμους του παλιού δικτύου. Ο καινούριος ενοποιημένος σύνδεσμος θα αποκτήσει καινούριο ID στο νέο δίκτυο, όμως στο σύστημα θα υπάρχει η πληροφορία για τους αρχικούς συνδέσμους, από τους οποίους έχει προέλθει.

Βήμα 3ο. Ξεκινώντας από τον ίδιο κόμβο, διατρέχεται μία διαφορετική αλληλουχία συνδέσμων μέχρι να βρεθεί εκ νέου σημαντικός κόμβος ή πιθανή διασταύρωση.

Αν μια ακολουθία συνδέσμων καταλήγει σε κόμβο (όχι διασταύρωση), ο οποίος δεν είναι σημαντικός κόμβος για την εφαρμογή, τότε η αντένα αυτή δεν προστίθεται στο δίκτυο, και η διαδικασία επιστρέφει στον προηγούμενο κόμβο, ώστε να ακολουθηθεί διαφορετική διαδρομή συνδέσμων. Σε διαφορετική περίπτωση, ο κόμβος αποθηκεύεται σε έναν ξεχωριστό πίνακα «προς επίσκεψη κόμβων». Ο αλγόριθμος συνεχίζει έως ότου δεν υπάρχουν άλλες πιθανές διαδρομές να ακολουθηθούν από τον παρόντα σύνδεσμο. Ο σύνδεσμος προστίθεται στους επισκεφθέντες κόμβους.

Βήμα 4ο. Εξετάζεται η τελική σημασία του κόμβου. Αν ήταν σημαντικός, τότε η διαδικασία συνεχίζει σε έναν από τους επόμενους «προς επίσκεψη» σημαντικούς κόμβους που έχουν βρεθεί στο βήμα 3. Αν ήταν πιθανή διασταύρωση, τότε ελέγχεται η δύναμη του

κόμβου. Αν βρεθεί ότι δεν υπάρχει διασταύρωση, τότε ο κόμβος αυτός απαλείφεται και οι σύνδεσμοι με τους οποίους ενώνεται ενοποιούνται.

Βήμα 5ο. Τα βήματα 2, 3 και 4 επαναλαμβάνονται, έως ότου δεν υπάρχουν άλλοι «προς επίσκεψη κόμβοι» ή πιθανοί δευτερεύοντες κόμβοι ενδιαφέροντος.

Βήμα 6ο. Πραγματοποιείται έλεγχος για το αν όλοι οι σημαντικοί κόμβοι υπάρχουν στο καινούριο δίκτυο.

Αν υπάρχουν όλοι οι σημαντικοί κόμβοι, τότε το παράγωγο δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί πλήρες και η διαδικασία έχει φτάσει στο τέλος.

Αν δεν υπάρχουν όλοι οι σημαντικοί κόμβοι, τότε ένας ειδικού, σχετικός με την εκάστοτε εφαρμογή πρέπει να δώσει οδηγίες για το τι πρέπει να γίνει στη συγκεκριμένη περίπτωση. Στη γενικότερη περίπτωση, μπορεί να ακολουθηθεί μια διαδικασία παρόμοια με την ακόλουθη:

- Αν ο κόμβος αυτός συμπίπτει με κάποια κορυφή (vertex) υπάρχοντος συνδέσμου ή βρίσκεται με κάποια δεδομένη ακρίβεια ε κοντά σε αυτή, τότε ο κόμβος αυτός «μεταφέρεται» για τη συγκεκριμένη εφαρμογή στο συγκεκριμένο γεωγραφικό σημείο, κατατέμνοντας τον σύνδεσμο σε επί μέρους συνδέσμους με κοινό σημείο τον κόμβο αυτόν.
- Αν δεν συμβαίνει αυτό, τότε:
 - Ελέγχω αν υπάρχει σύνδεσμος του αρχικού δικτύου που δεν έχει προστεθεί στο παράγωγο δίκτυο, με κορυφή που συμπίπτει ή είναι πολύ κοντά (με ακρίβεια ε) στον κόμβο αυτόν. Στην περίπτωση αυτή στο δίκτυο πρέπει να προστεθεί η ακολουθία των συνδέσμων ξεκινώντας από τον εν λόγω σύνδεσμο έως κάποια πιθανή διασταύρωση ή σημαντικό κόμβο. Ο σύνδεσμος κατατέμνεται από τη σωστή πλευρά στο σημείο αυτό. Αν συνδέεται με πιθανή διασταύρωση, τότε ελέγχεται η τελική σημασία της διασταύρωσης και, αν είναι απαραίτητο, τότε η διασταύρωση γίνεται σημαντική.
 - Αν δεν υπάρχει τέτοιος σύνδεσμος, τότε δημιουργείται η πλέον μικρή γεωμετρικά αντένα προς κάποιο σύνδεσμο του παράγωγου ή του αρχικού δικτύου και ακολουθείται η προηγούμενη διαδικασία (κατά περίπτωση).

Σημειώνεται πως η αλγορίθμική διαδικασία έχει παρόμοια λογική με την αναζήτηση κατά πλάτος (BFS – Breadth First Search), γεγονός που είναι λογικό καθώς είναι επιθυμητή η διάσχιση του δικτύου, βρίσκοντας τις πλέον άμεσες ζεύξεις μεταξύ των σημαντικών κόμβων. Παρουσιάζει, όμως, τη διαφορά ότι στην περιγραφείσα περίπτωση ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι εξαντλητικός, ώστε να βρεθούν όλοι οι διαθέσιμοι σύνδεσμοι.

Από το προκύπτον σύνολο των κόμβων και των συνδέσμων πρέπει να κατασκευαστεί εκ νέου η Δομή Συνδεσιμότητας (Connectivity Structure), η οποία θα παρουσιαστεί στην Ενότητα 7.5.3.

7.2.3 Επέκταση επιλογής δικτύου για πολυμεσικές εφαρμογές (multimodal networks)

Στις σύγχρονες εφαρμογές έχει γίνει επιτακτική η ανάγκη για κατασκευή και χρήση πολυτροπικών δικτύων μεταφοράς, δηλαδή δικτύων που εμπεριέχουν σύνολα κόμβων και συνδέσμων προερχόμενα από διαφορετικά μέσα μεταφοράς (modes of transport), ή όπως συνήθως τα δίκτυα αυτά αναφέρονται ως «πολυμεσικά δίκτυα» (multimodal networks).

Ο προηγούμενος αλγόριθμος επιλογής κόμβων και συνδέσμων του δικτύου που παρουσιάστηκε στις Ενότητες 7.2.1 και 7.2.2, προκειμένου να κατασκευαστεί με όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένο τρόπο το παράγωγο δίκτυο της εκάστοτε εφαρμογής μπορεί άμεσα να επεκταθεί και για πολυμεσικά δίκτυα. Όμως, για τα δίκτυα αυτά:

- Η επιλογή των νέων κόμβων πρέπει να γίνεται με λογική συνένωση και όχι μόνο γεωγραφική. Το αντίστοιχο δίκτυο για το κάθε μέσο προκύπτει από το κάθε επί μέρους τμήμα του δικτύου που αντιστοιχεί στο μέσο αυτό. Όταν αναζητούνται νέοι κόμβοι ή διασταυρώσεις πρέπει να υπάρχει πληροφορία για τη λογική σύζευξη με άλλους κόμβους του δικτύου.
- Η έννοια των διασταυρώσεων μεταβάλλεται, εφόσον πρέπει να υπάρχει λειτουργική ή λογική συνδεσιμότητα μεταξύ των κόμβων.
- Στη συνέχεια πρέπει να επιλεγούν από το πολυμεσικό δίκτυο όλοι οι σύνδεσμοι ενδιαφέροντος. Για να γίνει αυτό πρέπει να προσδιοριστούν τα κυκλοφοριακά μέσα προς τους συνδέσμους ενδιαφέροντος.

Θα αναφέρουμε ένα παράδειγμα, το οποίο η ομάδα του Εργαστηρίου έχει χρησιμοποιήσει σε άλλα κείμενα. Έστω ότι η ESRI θέλει να αποστείλει μία παλέτα που περιέχει πακέτα με όλα τα προϊόντα της εταιρείας. Το κόστος κάθε τέτοιοι πακέτου μπορεί να κοστολογηθεί σε δεκάδες χιλιάδες ευρώ. Συνεπώς, το συνολικό κόστος της παλέτας μπορεί σχεδόν να αγγίζει το βάρος της σε χρυσάφι. Επίσης, ακριβώς επειδή είναι λογισμικό, έχει πολύ μικρή διάρκεια ζωής. Η μεταφορά της παλέτας, λοιπόν, πρέπει να γίνει στο μικρότερο δυνατό χρόνο με τη μεγαλύτερη ασφάλεια. Για τον λόγο αυτόν, θα προτιμηθούν οι αεροπορικές διαδρομές και θα εξαιρεθούν οι ακτοπλοϊκές γραμμές, καθώς είναι πιο αργές και υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος απώλειας, κλοπής ή καταστροφής του υλικού. Στο νέο, παράγωγο δίκτυο είναι σκόπιμο να αφαιρεθούν οι θαλάσσιοι σύνδεσμοι, ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο πιο απλό δίκτυο, το οποίο, ταυτόχρονα, εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες της εφαρμογής, καθώς, αφενός είναι πιο αποδοτικό, αφετέρου απαιτεί λιγότερη υπολογιστική ισχύ για οποιαδήποτε εφαρμογή.

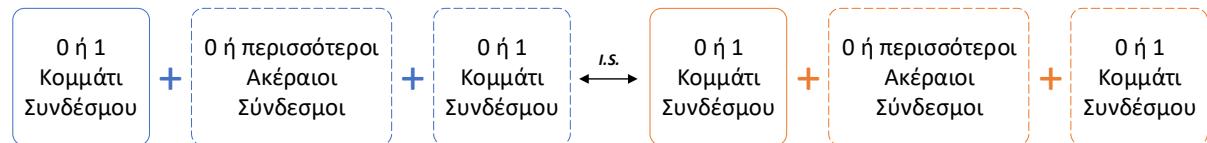
7.3 Διατήρηση συσχέτισης των παράγωγων δικτύων με τα αρχικά

Είναι προφανές από ότι είναι καθοριστικής σημασίας η συσχέτιση και η συμβατότητα των παράγωγων δικτύων με τα αρχική δίκτυα, από τα οποία έχουν προκύψει. Με τον τρόπο αυτόν, κάθε τροποποίηση κόμβου ή συνδέσμου που γίνεται σε κάποιο τα δίκτυα, θα μπορεί να επηρεάσει (όπου αυτό επιβάλλεται από τον Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος) και τα αντίστοιχα, παράγωγα δίκτυα στα οποία εμπεριέχεται ο συγκεκριμένος κόμβος ή σύνδεσμος.

Για να διατηρηθεί η προαναφερθείσα συσχέτιση, για κάθε νέο καινούριο στιγμιότυπο του δικτύου που παράγεται πρέπει να παραχθεί και να αποθηκευτεί ένα σετ από δύο αρχεία αντιστροφής (*Inversion Files – I.F.*). Το δεύτερο αρχείο είναι πλεονάζον (*redundant*), όμως, αποθηκεύεται στο σύστημα για λόγους πληρότητας και διόρθωσης λαθών που τυχόν προκύψουν στο δίκτυο.

Γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι για τους κόμβους δεν είναι απαραίτητη η χρήση σετ από αρχεία αντιστροφής, ή όπως στο εξής θα αναφέρονται (*Inversion Sets – I.S.*). Η δομή των κόμβων, όπως έχει παρουσιαστεί (Βρυζάλας & Κουκούτσης, 2016) μπορεί να διατηρήσει την απαραίτητη πληροφορία. Η κύρια χρήση και απαίτηση των I.S. είναι η διατήρηση της αντιστοίχισης των συνδέσμων των παράγωγων δικτύων με τα αρχικά. Αυτό συμβαίνει, διότι ένα κομμάτι ενός συνδέσμου του αρχικού δικτύου ή ένα πλήθος από ακεραίους συνδέσμους μαζί με το πολύ 2 κομμάτια συνδέσμων (ένα στην αρχή ή/και ένα στο τέλος) του αρχικού δικτύου μπορούν να αντιστοιχηθούν με ένα κομμάτι ενός συνδέσμου του νέου στιγμιούπου του δικτύου ή ένα πλήθος από ακεραίους συνδέσμους μαζί με το πολύ 2 κομμάτια συνδέσμων (ένα στην αρχή ή/και ένα στο τέλος) του παράγωγου δικτύου.

Κάθε εγγραφή στο I.F. θα έχει, την μορφή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 7-1. Προφανώς, δεν επιτρέπεται ο αριθμός όλων των κομματιών/ακέραιων συνδέσμων να είναι μηδενικός σε καμία από τις δύο πλευρές της επόμενης σχέσης:



Εικόνα 7-1: Μία τυπική εγγραφή στο *inversion set*. Η συνεχής γραμμή υποδηλώνει ότι τουλάχιστον ένα κομμάτι ενός συνδέσμου είναι απαραίτητο για να υπάρξει μία εγγραφή στο *Inversion File*.

Τυπικές περιπτώσεις στις οποίες πρέπει να διατηρηθεί η αντιστοίχιση μεταξύ του δικτύου μιας εφαρμογής και του αρχικού δικτύου είναι:

- Νέο στιγμιότυπο δικτύου $\xleftrightarrow{I.S.}$ Δίκτυα ETIS, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παρούσα εργασία.
- Νέο στιγμιότυπο δικτύου $\xleftrightarrow{I.S.}$ Ευρωπαϊκή ονομασία δικτύων/αυτοκινητοδρόμων (π.χ. N24).
- Νέο στιγμιότυπο δικτύου $\xleftrightarrow{I.S.}$ Εθνική ονομασία δικτύων/αυτοκινητοδρόμων (π.χ. E94 – η Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου).

7.4 Η δομή του διευρυμένου αποθετηρίου της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας

Στις Ενότητες 7.2 και 7.3 παρουσιάστηκε ο τρόπος δημιουργίας και αποθήκευσης στιγμιούπων του δικτύου για την εκάστοτε ή τις εκάστοτε εφαρμογές. Συνεπώς, η νέα δομή που θα προκύψει θα είναι ένα διευρυμένο αποθετήριο πληροφορίας (*data warehouse*), στο οποίο θα υπάρχουν βάσεις δεδομένων:

I. Για το χαρτογραφικό υπόβαθρο:

Πρέπει να υπάρχουν ένα ή περισσότερα χαρτογραφικά υπόβαθρα, τα οποία μπορεί να περιέχουν περαιτέρω πληροφορία, όπως π.χ. γεωφυσικά χαρακτηριστικά (βουνά, κοιλάδες, ποτάμια κ.τ.λ.) ή ισοϋψείς καμπύλες που δείχνουν το ύψος του εδάφους

σε σχέση με τη θάλασσα ή το βάθος της θάλασσας, ή ακόμα και αεροφωτογραφίες συγκεκριμένων περιοχών, όπως έχουν τα υπόβαθρα των χαρτών Bing.

Είναι, συνεπώς, απαραίτητοι ένας ή περισσότεροι χάρτες (διανυσματικοί χάρτες ή απλές γεωσυσχετισμένες ψηφιακές εικόνες του εδάφους) για την περιοχή ενδιαφέροντος, σε κατάλληλη μορφή και σε κατάλληλο σύστημα συντεταγμένων, ανάλογα με την εφαρμογή ανά χείρας, οι οποίοι θα λειτουργήσουν ως υπόβαθρο της περιοχής για τη διευκόλυνση της παράστασης των δεδομένων στον χάρτη.

Προφανώς, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής, η πυκνότητα της πληροφορίας του χαρτογραφικού υποβάθρου μπορεί να διαφέρει καθοριστικά.

II. Για τους κόμβους:

- Μία ή περισσότερες «θάλασσες» από κόμβους αναφοράς.

Οι βάση ή οι βάσεις αυτές θα περιέχουν το υπερσύνολο των κόμβων αναφοράς, από τους οποίους θα γίνεται περιγραφείσα στην Ενότητα 7.2.1 επιλογή των σημαντικών κόμβων για την παραγωγή δικτύων.

- Σετ από επιλεγμένους ήδη κόμβους που χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες εφαρμογές.
- Λογικοί (virtual) κόμβοι, οι οποίοι εκφράζουν κίνηση επιβατών ή αγαθών από ή προς γεωγραφικές περιοχές που είναι έξω από τη συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος.

Το επίπεδο της αφαίρεσης των κόμβων αυτών σαφώς διαφοροποιείται ανάλογα με την εφαρμογή ανά χείρας. Παραδείγματος χάριν, στη μελέτη CAFT (Cross Alpine Freight Transport) για την κίνηση στα περάσματα των Άλπεων, οι απομακρυσμένοι για τη συγκεκριμένη εφαρμογή κόμβοι της M. Βρετανίας είχαν ουσιαστικά συνενωθεί σε έναν virtual κόμβο, ο οποίος αντιπροσώπευε την κίνηση από και προς τη M. Βρετανία.

- Τυχούσες διασταυρώσεις που δεν έχουν άλλη σημασία ως κόμβοι.

III. Αντίστοιχα, για τους συνδέσμους:

- Μία ή περισσότερες «θάλασσες» από συνδέσμους.

Οι σύνδεσμοι αυτοί θα βρίσκονται υποχρεωτικά ανάμεσα σε κόμβους ή διασταυρώσεις που υπάρχουν στην προηγούμενη βάση (ή στις προηγούμενες βάσεις).

Για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, αφού προσδιοριστούν οι «οριακοί» κόμβοι, προσδιορίζεται αλγορίθμικά ένα σύνολο συνδέσμων, οι οποίοι είτε υπήρχαν αυτούσιοι σε μία από τις θάλασσες συνδέσμων, είτε έχουν προκύψει από διαδικασία κατάτμησης ή συνένωσης συνδέσμων ήδη υπαρχόντων σε μία από τις θάλασσες.

Ενδέχεται οι ανάγκες διαφοροποίησης ή εκλογίκευσης των μεταφορικών δικτύων να υπαγορεύσουν την εισαγωγή νέων κόμβων, οι οποίοι ενδεχόμενα δεν υπάρχουν στην προηγούμενη θάλασσα.

- Αλλαγές στο σύνολο των κόμβων και των συνδέσμων, οι οποίες μπορούν να προκύψουν από χρονικά εξελισσόμενα προγράμματα βελτίωσης ή αλλαγής των υφιστάμενων υποδομών.

IV. Για τις διοικητικές περιοχές:

Θάλασσα από γεωγραφικές περιοχές, όπως οι περιοχές NUTS, οι οποίες περιέχονται στα δεδομένα του ETIS.

Είναι πιθανό να υπάρχουν ένα ή περισσότερα ιεραρχικά σχήματα ανάμεσα σε διαφορετικές περιοχές της θάλασσας αυτής. Για παράδειγμα, η ίδια η κατηγοριοποίηση των διοικητικών περιοχών NUTS χωρίζεται σε NUTS-0, NUTS-1 κ.τ.λ.

Προκειμένου να επιτευχθεί καλός χειρισμός των γεωγραφικών περιοχών, ώστε το τελικό σχήμα (scheme) που προκύπτει να είναι κατάλληλο για τις επί μέρους εφαρμογές ενδιαφέροντος, πρέπει να υπάρχουν κάποια εργαλεία για τη δημιουργία ειδικών στιγμιοτύπων των διοικητικών περιοχών, για νέες εφαρμογές ή για ειδικές περιπτώσεις.

Επί πλέον, το επίσημο σχήμα των διοικητικών περιοχών NUTS της Ευρωπαϊκής Κοινότητας χρειάζεται επαναψηφιοποίηση, ώστε να μην υπάρχουν επικαλύψεις σε γειτονικές περιοχές ή τμήματα περιοχών σε γειτονικά περιοχών που δεν ανήκουν ούτε στη μία ούτε στην άλλη από τις γεωγραφικές περιοχές. Μία από τις βασικές αιτίες του προβλήματος αυτού είναι η ψηφιοποίηση της κάθε περιοχής ξεχωριστά, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η γειτνίαση των δύο περιοχών.

V. Για τα γεωγραφικά αντικείμενα ιδιαίτερης σημασίας που μπορούν να επηρεάσουν κατηγορίες εφαρμογών, π.χ.:

- Δρυμοί (περιοχές όπου επιβάλλονται κυκλοφοριακοί περιορισμοί διαφόρων τύπων)
- Περιοχές αεροδρομίων
- Ευρύτερα λειτουργικά σύνολα, όπως εκτεταμένοι λιμένες, οι οποίοι μπορεί να περιέχουν και πόλεις, αεροδρόμια, εκτάσεις αποθήκευσης φυσικών υλικών κ.τ.λ.

Ο χειρισμός των περιοχών αυτών γίνεται κατά περίπτωση και ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι θα μπορούσαν να περιγραφούν ως μεμονωμένοι κόμβοι ή πολύγωνα που επιβάλλουν συγκεκριμένη συμπεριφορά κ.τ.λ.

VI. Για οποιαδήποτε άλλα στοιχεία δεν υπάρχουν στα προαναφερθέντα σύνολα, αλλά είναι αναγκαία για συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως:

- Ψηφιακό μοντέλο εδάφους ή/και βυθού θαλασσών που μπορεί να συσχετίζεται π.χ. με τη δυνατότητα πλεύσης συγκεκριμένων πλοιών σε λιμένες ή με την παραγωγή ρύπων από τα κινούμενα μέσα.
- Το δίκτυο ηλεκτρικές ενέργειας που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία ενός σιδηροδρομικού δικτύου.

VII. Για ειδικές δυναμικές περιοχές που προκύπτουν από έκτακτες καταστάσεις και είναι δυνατόν να επηρεάζουν εκτεταμένα την κυκλοφοριακή συμπεριφορά.

Παραδείγματα τέτοιων περιοχών είναι:

- Τυφώνες και οι κινήσεις τους
- Πολεμικές συρράξεις
- Εκρήξεις ηφαιστείων
- Τσουνάμι και τα αποτελέσματά τους

Δυναμικές τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να προκύψουν σε μικρότερη ή μεγαλύτερη κλίμακα ανά πάσα στιγμή. Επομένως, για ειδικές εφαρμογές είναι πιθανό να χρειάζεται υποσύστημα, το οποίο με βάση κανόνες που προκύπτουν από την κάθε περίπτωση μεταβάλλει, αντίστοιχα, το προς παραγωγή στιγμότυπο της κυκλοφοριακής υποδομής.

7.5 Νέα, επαυξημένη δομή για το μοντέλο των κόμβων – καινοτομική, επαυξημένη δομή γειτνίασης κόμβων

7.5.1 Ο σύνθετος ή πολλαπλός, επαυξημένος κόμβος

Από την προηγούμενη ανάλυση στο παρόν Κεφάλαιο, είναι φτάνει κανείς εύκολα στο συμπέρασμα ότι η έννοια και ο προσδιορισμός του ίδιου κόμβου μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την εφαρμογή. Για τον λόγο αυτόν, εισάγεται η έννοια του «σύνθετου ή πολλαπλού κόμβου», η οποία θα γίνει σαφέστερη με τις ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Ο ίδιος κόμβος μπορεί να έχει διαφορετικές γεωγραφικές συντεταγμένες για διαφορετικές εφαρμογές.

Για παράδειγμα, στα modelling δίκτυα, ο κόμβος «ΑΘΗΝΑ» έχει συνήθως διαφορετικές γεωγραφικές συντεταγμένες στο οδικό, το σιδηροδρομικό και το αεροπορικό δίκτυο. Για παράδειγμα, στα δίκτυα του ETIS-PLUS, ο κόμβος για την Αθήνα συμπίπτει με τους Στύλους του Ολυμπίου Διός, ενώ για το σιδηροδρομικό δίκτυο συμπίπτει γεωγραφικά με το Σταθμό Λιοσίων, ενώ, τέλος, για τις θαλάσσιες μεταφορές ο κόμβος για την Αθήνα δεν βρίσκεται καν στην Αθήνα, αλλά συμπίπτει με το λιμάνι του Πειραιά. Είναι προφανές ότι σε μία πολυμεσική εφαρμογή, ωστόσο, πρέπει να υπάρχει ένας «σύνθετος» κόμβος ΑΘΗΝΑ, όχι απαραίτητα τοποθετημένο σε συγκεκριμένο γεωγραφικό σημείο, ο οποίος, όμως, θα επιτρέπει ενοποιημένο τρόπο χρήσης στις περιπτώσεις αλλαγής μέσου μεταφοράς (το κόστος και ο χρόνος μετάβασης από τον τερματικό σταθμό του δικτύου του ενός μέσου μεταφοράς στο σταθμό αφετηρίας του επόμενου μέσου μεταφοράς λαμβάνονται υπόψιν σε επόμενο σημείο του μοντέλου).

- Αντίστοιχα, οι ακριβείς πληροφορίες που περιγράφουν τον κόμβο (δομικές, λειτουργικές και στατιστικές) μπορεί να αλλάζουν ανάλογα με την εφαρμογή και να εξαρτώνται σαφώς από το θέμα (αλλά θα περιγράφονται πλήρως από τον Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος).

Συνεπώς, ο κάθε νέος, επαυξημένος κόμβος πρέπει να έχει αποθηκευμένο μαζί με αυτόν:

- Ένα σύνολο γενικών στοιχείων που τον περιγράφουν

- Ένα ή περισσότερα σύνολα δεδομένων που περιγράφουν επί μέρους χαρακτηριστικά και εξαρτώνται από την εκάστοτε εφαρμογή.

Το σύνολο των χαρακτηριστικών αυτών έχουν άμεση σχέση με το σκοπό (θέμα) της εφαρμογής και περιγράφονται σαφώς στον Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία «φυσαλίδων» (μεγάλων) συνόλων από σύνολα δεδομένων (*“data blisters”*). Τα blisters αυτά περιέχουν:

- Διαφοροποιήσεις χαρακτηριστικών από τα γενικά χαρακτηριστικά του κόμβου
- Επί μέρους στοιχεία που χρειάζονται για την εκάστοτε εφαρμογή.

Το ίδιο ακριβώς πρέπει να γίνεται και για τους συνδέσμους ενός δικτύου, αφού, αντίστοιχα διαφοροποιούνται και τα ειδικότερα στοιχεία τους.

7.5.2 Ο «γενικευμένος κόμβος»

Στο σημείο αυτό θα προσθέσουμε την έννοια του «γενικευμένου κόμβου», κυρίως για τα δίκτυα που προκύπτουν από διαδικασίες μοντελοποίησης. Ένας κόμβος, ανάλογα με το επίπεδο της λεπτομέρειας που εξετάζεται (Level of Detail – LoD), μπορεί να είναι ένα γεωγραφικό σημείο (μια διασταύρωση) στην περίπτωση που η ανά χείρας εφαρμογή εξετάζει το τοπικό δίκτυο ενός δήμου ή ενός χωριού, ενώ μπορεί να είναι μια ολόκληρη περιοχή ή ακόμα και χώρα όταν εξετάζεται η ροή εμπορευμάτων μέσω των περασμάτων των Άλπεων στις χώρες της νότιας Ευρώπης. Συνεπώς, η έννοια του κόμβου στις εφαρμογές του τομέα των Μεταφορών, αλλά και σε άλλες συναφείς εφαρμογές, μπορεί να περικλείει ολόκληρη εσωτερική γεωμετρία.

Μία πρώτη προσέγγιση μπορεί να δοθεί μέσω της Εργασίας (Μπαλλής, 2013). Στην εργασία αυτή αποδείχτηκε ότι για τις ενδιάμεσες χώρες μεταξύ προέλευσης και προορισμού, δεν ήταν απαραίτητη η ύπαρξη του εσωτερικού δικτύου, παρά μόνο μια μοντελοποίηση του κόστους (ή του χρόνου) διάβασης από τελωνειακό σημείο σε τελωνειακό σημείο, ανάλογα, πάντα με την προέλευση και τον προορισμό του κάθε φορτίου. Συνεπώς, για την εφαρμογή αυτή, κάθε ενδιάμεση χώρα μπορεί να παρασταθεί ως κόμβος, ο οποίος θα έχει εσωτερικά τη γεωμετρία ενός πολυγώνου με όρια τα σύνορα της χώρας, θα συμπίπτει με κάποιο σημείο ενδιαφέροντος ανάλογα με την εφαρμογή (π.χ. θα συμπίπτει με την πρωτεύουσα της χώρας), θα συνδέεται με τόσους συνδέσμους όσοι οι τελωνειακοί σταθμοί που έχουν υπολογιστεί από τη μοντελοποίηση, ενώ θα περιέχει εσωτερικά όλη την πληροφορία (modelling ή και πραγματική) για το δίκτυο που βρίσκεται στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας (LoD).

7.5.3 Η καινοτομική, επαυξημένη δομή γειτνίασης κόμβων, η οποία περιγράφει τη συνδεσιμότητα των κόμβων του εκάστοτε στιγμιοτύπου δικτύων

Μια πρώτη, αρχική μορφή της παρούσας δομής παρουσιάστηκε στην Εργασία (Βρυζάλας & Κουκούτσης, 2016), στην οποία παρουσιάστηκε η «Δομή Γειτνίασης» (*“Adjacency Structure”*) και υλοποιήθηκε η δομή αυτή μαζί με τα απαραίτητα εργαλεία σε Python και παρουσιάστηκαν τα πρώτα ενθαρρυντικά για την αποδοτικότητα αυτής της δομής αποτελέσματα. Στο παρόν κεφάλαιο θα

παρουσιαστεί μια επεκτεταμένη δομή γειτνίασης για την οργάνωση των κόμβων και των συνδέσμων ενός δικτύου μεταφορών.

Η δομή του Πίνακα Χαρακτηριστικών (Attribute Table) που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 3.4.2 και τα προβλήματα της οποίας σημειώθηκαν στο Κεφάλαιο 4 είναι σαφώς περιορισμένων δυνατοτήτων. Υπάρχει ανάγκη εύρεσης μίας νέας δομής για την περιγραφή της συνδεσιμότητας των κόμβων οποιουδήποτε κυκλοφοριακού δικτύου, η οποία πρέπει να καλύπτει τις εξής απαιτήσεις:

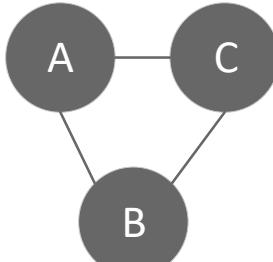
- Να είναι υπολογιστικά αποτελεσματική και να μη χρειάζεται υπερβολική μνήμη ή χώρο στο δίσκο για την περιγραφή και τον χειρισμό της.
- Να διευκολύνει αλγορίθμους βελτιστοποιημένης δρομολόγησης (Τσατσάνης & Κουκούτσης, 2014) όπως αυτόν του Dijkstra και άλλους.
- Να επιτρέπει την απόζευξη της κυκλοφοριακής συνέχειας από τη γεωγραφική συνέχεια.
- Να επιτρέπει τη δημιουργία πολυμεσικών δικτύων (multimodal networks, intermodal transport).
- Να είναι ανεκτική σε μικρά ή μεγαλύτερα γεωγραφικά λάθη, που αφορούν τις τοποθεσίες κόμβων, συνδέσμων κ.τ.λ. Ακόμα, να ανέχεται πιθανές διαφορές σε γεωγραφικές συντεταγμένες κόμβων ή διοικητικών περιοχών που προκύπτουν από διαφορετική ψηφιοποίηση ή/και τη χρήση διαφορετικών μέσων κυκλοφορίας (αυτοκίνητα, τραίνα, πλοία, αεροπλάνα κ.τ.λ.).
- Να επιτρέπει τη διαφοροποίηση των δυνατών προορισμών, με βάση την προέλευση κάθε οχήματος (μία περίπτωση που συναντιέται συχνά στην πράξη).
- Να επιτρέπει τη συνεκτίμηση συστηματικών καθυστερήσεων ή επί πλέον κόστους διάβασης σε συγκεκριμένα σημεία των δικτύων (λιμάνια, αεροδρόμια, εμπορευματικούς σταθμούς, επιβατικούς σταθμούς, σταθμούς ανταπόκρισης κ.τ.λ.). Για παράδειγμα,

Επειδή θα γίνει αναφορά στις απαιτήσεις αυτές και στη συνέχεια της εργασίας, το προηγούμενο **σύνολο αυξημένων απαιτήσεων** θα καλείται στην εξής **«ΣΑΑ»**.

Είναι σαφές ότι οι περιγραφόμενες δομές στα δίκτυα της ΕΕ και των περισσοτέρων χωρών δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις προηγούμενες δυνατότητες. Στην εργασία (Βρυζάλας & Κουκούτσης, 2016) και στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα καινοτομικό μοντέλο περιγραφής της συνδεσιμότητας των εκάστοτε δικτύων που επιτρέπει το σύνολο αυτών των δυνατοτήτων και, επί πλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για πραγματικά δίκτυα, είτε για δίκτυα που έχουν προκύψει από μοντελοποίηση, είτε για δίκτυα μη σταθερής γεωμετρίας, όπως αυτά έχουν παρουσιαστεί στην Ενότητα 3.3.

Ήδη στη Βιβλιογραφία (Cormen, Leiserson, Rivest, & Stein, 2001), (Tamassia, 2002), (Adjacency list, 2018) για τις ανάγκες των αλγορίθμων δρομολόγησης, είχε προταθεί η δομή συνδεσιμότητας που ονομάστηκε *“Adjacency List”* (Κατάλογος Γειτνίασης). Ακολουθεί ένα παράδειγμα της συγκεκριμένης δομής:

Έστω ο απλά διασυνδεδεμένος γράφος (δηλαδή δεν υπάρχει συγκεκριμένη κατεύθυνση διάσχισης κάθε ακμής) που παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 7-2: Ένας απλά διασυνδεδεμένος γράφος με 3 κορυφές

Τότε ο γράφος στην Εικόνα 2-1 μπορεί ισοδύναμα να περιγραφεί από τρεις μη-διατεταγμένες λίστες: {B, C}, {A, C}, {A, B}.

Στην πραγματικότητα, οι λίστες αυτές σημαίνουν:

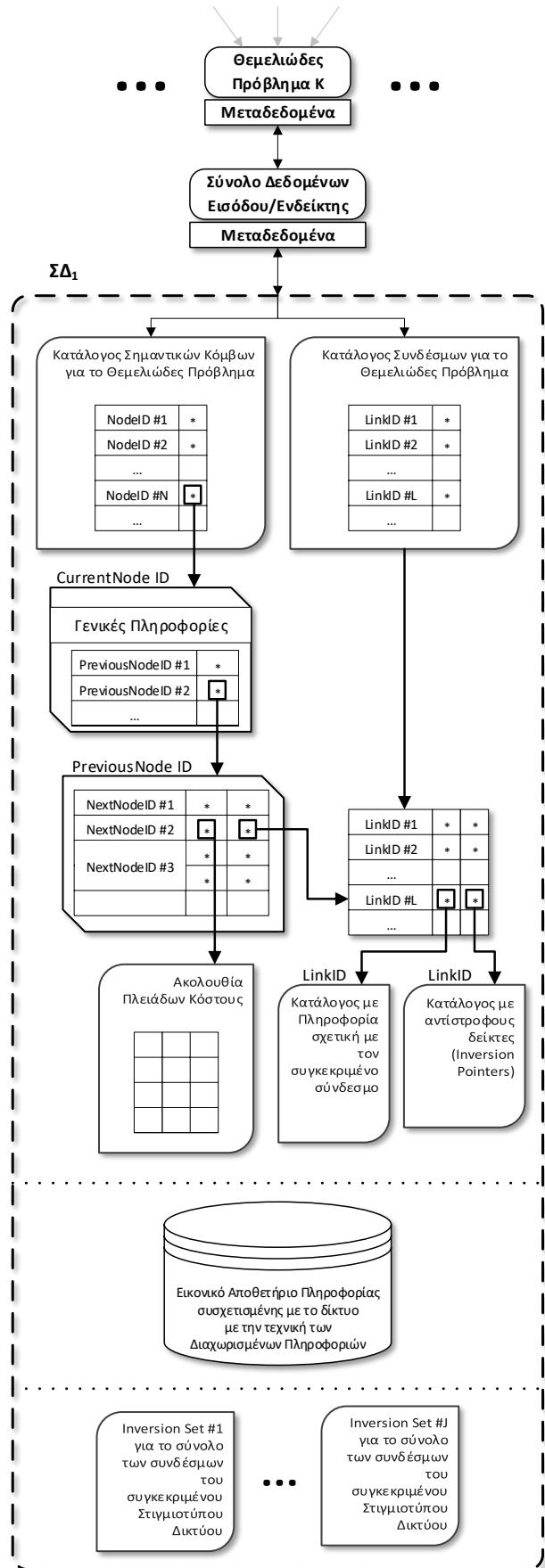
Κόμβος	Γειτνιάζει με:
A	B, C
B	A, C
C	A, B

Πίνακας 7-1: Adjacency List για τον απλά διασυνδεδεμένο γράφο της Εικόνα 7-2

Η πρόταση του Καταλόγου Γειτνίασης είχε γίνει από επιστήμονες της Θεωρητικής Πληροφορικής. Στην πράξη, η δομή του καταλόγου (list) αντικαταστάθηκε από πιο αποδοτικές δομές, σχετικές με το εκάστοτε σύστημα υλοποίησης των αντίστοιχων προγραμμάτων (στην Python από dictionaries, που είναι δομές τύπου κλειδιού-τιμής με χρήση μεθοδολογιών hashing, σε εμπορικά συστήματα από δομές B-trees ή B+trees – όπως περιγράφονται στην Ενότητα 2.5.2.3 κ.τ.λ.). Στην παρούσα εργασία, επομένως, θα αναφερόμαστε στη γενική «Δομή Γειτνίασης» (“Adjacency Structure”), η οποία υλοποιείται με κάποιο σύγχρονο, αποδοτικό τρόπο (π.χ. με βάσεις τύπου κλειδιού-τιμής). Είναι, ωστόσο, προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί ο όρος «**Δομή Συνδεσμότητας**» (“Connectivity Structure”) αντί για τον όρο Δομή Γειτνίασης, δεδομένου ότι η δομή που θα περιγραφεί στα επόμενα είναι πολύ πιο ισχυρή από την δομή γειτνίασης. Κατά μία έννοια, η δομή που θα περιγραφεί στη συνέχεια αποτελεί εξέλιξη του αρχικά προταθέντος Καταλόγου Γειτνίασης. Είναι προφανές ότι το προηγούμενο σύνολο απαιτήσεων, ΣΑΑ, είναι, στην πραγματικότητα, οι επί πλέον αναγκαίες προδιαγραφές για να κατασκευαστεί της νέας, με σημαντικά αυξημένες δυνατότητες αυτής Δομής Γειτνίασης, περιγραφή της οποίας ακολουθεί.

1. Στην περίπτωση κατά την οποία από κάποιο φύλλο του Χάρτη Περιεχομένων προκύπτει η ανάγκη λειτουργίας σε ένα μόνο, ενδεχόμενα πολυμεσικό δίκτυο η δομή που προτείνεται είναι η ακόλουθη:

- Το φύλλο της συγκεκριμένης εφαρμογής του Χάρτη Περιεχομένων, διασυνδέεται με έναν διπλής κατεύθυνσης δείκτη με έναν κατάλογο των κόμβων που έχουν σημασία στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Προφανώς, ο κατάλογος αυτός δεν είναι μια απλή λίστα, αλλά μία δομή που επιτρέπει και την άμεση προσπέλαση κόμβων. Τις περισσότερες φορές, ο κατάλογος αυτός ανήκει στα δεδομένα εισόδου της δομής του Χάρτη Περιεχομένων, αλλά μπορεί να εμφανιστεί στο τέλος και ως μέρος του συνόλου Ενδεικτών (π.χ. όταν ένας γενικευμένος ενδείκτης είναι στην πραγματικότητα μία γεωγραφική βάση δεδομένων όπως μία βάση δεδομένων που περιγράφει τον κυκλοφοριακό φόρτο ενός οδικού δικτύου ή τον αριθμό των επιβατών που περνούν transit από συγκεκριμένους κόμβους του δικτύου). Είναι προτιμότερο ο κατάλογος να υλοποιηθεί με μία βάση δεδομένων κλειδιού-τιμής, όπου το κλειδί είναι το ID του κόμβου και η τιμή είναι δείκτης σε μία πιο πολύπλοκη δομή, η οποία παρουσιάζεται στην επόμενη σελίδα στην Εικόνα 7-3:



Εικόνα 7-3: Παράσταση της Δομής Συνδεσιμότητας (Connectivity Structure).

- Οι Γενικές Πληροφορίες είναι το σύνολο των σχετικών με την εφαρμογή πληροφοριών, που υπάρχουν στην θάλασσα των κόμβων και προκύπτουν, είτε από το γενικό μέρος κάθε σχετικού κόμβου στη θάλασσα των κόμβων είτε από ειδικότερη πληροφορία που προκύπτει από τις φυσαλίδες (blisters) πληροφορίας που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 7.5.1.
- Η δομή του δεύτερου τμήματος έχει υπαγορευτεί, στην ουσία από εφαρμογές τύπου δρομολόγησης (βελτιστοποιημένης δρομολόγησης, δρομολόγησης σε περιπτώσεις έκτακτων περιστατικών ή φαινομένων κ.τ.λ.). Είναι όμως πολύ γενική και επιτρέπει ιδιαίτερα αυξημένη λειτουργικότητα. Η δομή αυτή αποτελείται από έναν κατάλογο ζευγών κλειδιού-τιμής, όπου το κλειδί είναι το ID του κόμβου προέλευσης PreviousNodeID από τον οποίον έρχεται το όχημα, ενώ η τιμή είναι ένας άλλος κατάλογος πάλι από ζεύγη κλειδιού-τιμής, όπου το κλειδί είναι ένας από τους κόμβους προς τους οποίους μπορεί να κινηθεί το όχημα (NextNodeIDs) που έρχεται από τον PreviousNode, ενώ οι τιμές είναι μία ή περισσότερες διατεταγμένες πλειάδες, κάθε μία από τις οποίες περιγράφει χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου κυκλοφοριακού συνδέσμου από το CurrentNodeID μέχρι το NextNodeID. Κύρια τέτοια χαρακτηριστικά μιας πλειάδας είναι τα επόμενα:
 - Την ταυτότητα (ID) του μεταφορικού συνδέσμου από τον CurrentNode προς τον NextNode. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο σύνδεσμος αυτός μπορεί να είναι όπως έχει παρουσιαστεί στο πρώτο κομμάτι της. Σε επόμενο σημείο της παρούσας δομής υπάρχουν τα Inversion Sets, τα οποία συσχετίζουν κάθε έναν από τους συνδέσμους με τους αρχικούς συνδέσμους της θάλασσας συνδέσμων.
 - Ένας δείκτης προς κατάλογο που περιέχει κύρια δομικά χαρακτηριστικά του συνδέσμου (π.χ. γεωμετρία), ενδεχόμενα λειτουργικά (π.χ. μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος οχημάτων σε περίπτωση ανισόπεδων κόμβων) και στατιστικά στοιχεία χρήσης του συνδέσμου ή/και ό,τι άλλο χρειαστεί.
 - Ένας δείκτης προς ενδεχόμενα στατιστικά χαρακτηριστικά χρήσης του συνδέσμου, εφόσον το όχημα διέρχεται από τον CurrentNode όταν έχει έρθει από τον PreviousNode προς τον NextNode.
 - Η εποχικότητα ενός συνδέσμου.
 - Ένας δείκτης προς μία ακολουθία από τιμές κόστους και χρόνου εκκίνησης και κόστους και χρόνου διάβασης ενδιάμεσων τμημάτων, μέχρι τον προορισμό του οχήματος.

Για να γίνει αντιληπτή η έννοια των ακολουθιών κόστους και χρόνου εκκίνησης, διάβασης κ.τ.λ. δίνονται τα εξής παραδείγματα. Πριν κατασκευαστεί το Ελευθέριος Βενιζέλος, όταν ακόμα ήταν σε χρήση το αεροδρόμιο του Ελληνικού, υπήρχαν δύο διαφορετικά τμήματα (Ανατολικό και Δυτικό Αεροδρόμιο) που εξυπηρετούσαν τις τοπικές και διεθνείς πτήσεις αντίστοιχα. Μια πολύ συνηθισμένη περίπτωση που παρουσιαζόταν ήταν η άφιξη από το εξωτερικό στον Ανατολικό Αερολιμένα και η ανάγκη επιβίβασης σε αεροπλάνο ανταπόκρισης προς τοπικό, ελληνικό προορισμό στον Δυτικό Αερολιμένα. Στην περίπτωση αυτή, ο συγκεκριμένος επιβάτης έπρεπε να μεταβεί από τον Ανατολικό Αερολιμένα στον Δυτικό, συνήθως οδικά, με αντίστοιχο κόστος σε χρήμα και χρόνο. Στο συγκεκριμένο μοντέλο στην κίνηση από τον γενικευμένο αεροπορικό κόμβο «ΑΘΗΝΑ» προς τον τοπικό προορισμό, το κόστος και ο χρόνος μετάβασης από τον Ανατολικό στον Δυτικό Αερολιμένα μπορεί να περιγραφεί ως κόστος και χρόνος εκκίνησης από την Αθήνα έως το επόμενο

προορισμό. Αντίστοιχη περίπτωση είναι η κίνηση φορτηγού μέχρι το Λιμάνι του Πειραιά και η αναμονή μέχρι την επιβίβαση σε φεριπότ (RORO) προς Ιταλία και η πληρωμή του σχετικού εισιτηρίου. Μπορεί να θεωρήσει κανείς και περιπτώσεις, όπου το κόστος σε χρόνο και ενδεχομένως σε χρήμα, μπορεί να μην είναι συσσωρευμένο στην αρχή του συγκεκριμένου συνδέσμου, αλλά σε ένα ή περισσότερα ενδιάμεσα σημεία (π.χ. διόδια, συνοριακά τελωνεία κ.τ.λ.), σε περιπτώσεις όπου δεν επιθυμεί κανείς τα ενδιάμεσα αυτά σημεία να αποτελούν κόμβους του δικτύου. Συνήθως, ωστόσο, για τους περισσότερους αλγορίθμους δρομολόγησης είναι αναγκαίος ο συνυπολογισμός των επί μέρους τιμών κόστους και χρόνου σε ένα συναθροιστικό ζεύγος για το σύνολο του συνδέσμου. Ένας κύριος λόγος για να φτιάξει κανείς την πιο αναλυτική περιγραφή της συνδεσιμότητας του δικτύου είναι το ενδεχόμενο πληροφορίες κόστους και χρόνου εκκίνησης ή διάβασης διαφορετικών περιοχών του συνδέσμου να προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Ακόμα, δε, στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες συνιστώσες κόστους (πέραν της οικονομικής και της χρονικής) η ακολουθία κόστους μπορεί να γενικευτεί ανάλογα και να περιέχει διατεταγμένες πλειάδες, που αφορούν συγκεκριμένα τμήματα της σχετικής διαδρομής.

Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται:

- Λογική συνδεσιμότητα και αποσύνδεση της κυκλοφοριακής συνέχειας από τη γεωγραφική συνέχεια, αφετέρου επιτρέπει τη διαφοροποίηση των δυνατών, επόμενων κόμβων προορισμού, ανάλογα με τον κόμβο από τον οποίο έχει έρθει το όχημα στον παρόντα κόμβο (δηλαδή τη διαφοροποίηση των προορισμών ανάλογα με την προηγούμενη διαδρομή).
- Ένας τρόπος περιγραφής των συνδέσμων αυξημένων δυνατοτήτων, όπως αυτές παρουσιάζονται στο παρόν μοντέλο δικτύων. Ακόμα, μπορεί κανείς να φανταστεί ότι το δεύτερο μέλος του ζεύγους είναι απλά ένας δείκτης
- Διαφοροποίηση των κόμβων προορισμού (NextNodeIDs) ανάλογα με τον προηγούμενο κόμβο (PreviousNodeID), από τον οποίο ήρθε το όχημα στον παρόντα κόμβο K.
- Διαφοροποίηση του μέσου (π.χ. σιδηρόδρομο) με τον οποίο κανείς από προηγούμενο κόμβο (PreviousNodeID) στον παρόντα κόμβο (CurrentNodeID) από το μέσο (π.χ. αεροπλάνο) με το οποίο θα μετακινηθεί κανείς από τον παρόντα κόμβο στον επόμενο κόμβο (NextNodeID). (Στην πραγματικότητα, η δομή αυτή κατασκευάστηκε, ώστε να διευκολύνει πολυμεσικές εφαρμογές.) Ακόμη, η ύπαρξη της ακολουθίας κόστους (π.χ. κόστους και χρόνου εκκίνησης) καλύπτει παραμέτρους ιδιαίτερα σημαντικές σε πολυμεσικές εφαρμογές, όπως οικονομικό κόστος και κόστος σε χρόνο μετεπιβίβασης ή μεταφόρτωσης σε άλλο μέσο.
- Ανοχή σε γεωγραφικά σφάλματα ή ανακρίβειες σχετικές με κόμβους
- Απρόσκοπη λειτουργία σε περιπτώσεις σύνθετων κόμβων με διαφορετική γεωγραφική τοποθέτηση ανάλογα με το μέσο κυκλοφορίας ή μεταφοράς, όπως αναφέρεται στο παράδειγμα στην αρχή της Ενότητας 7.5.1.
- Δεδομένου ότι η δομή αυτή βασίζεται σε λογική συνδεσιμότητα, καλύπτονται εύκολα περιπτώσεις διαφοροποίησης της γεωμετρίας συνδέσμων, π.χ. αεροπορικών

συνδέσμων, όπου η συνήθης πληροφορία βρίσκεται σε O-D matrices και δεν περιγράφεται με συγκεκριμένο γεωγραφικό τρόπο.

Επομένως, οι προδιαγραφές ΣΑΑ σαφώς καλύπτονται από τη μέχρι τώρα περιγραφείσα δομή.

Σημειώνεται ότι για λόγους ελέγχου ακεραιότητας όλοι οι δείκτες στις προηγούμενες δομές μπορεί να γίνουν διπλής κατεύθυνσης. Αν και είναι πλεονάζουσα πληροφορία (redundant) είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο γιατί επιτρέπει εξαντλητικό έλεγχο της ακεραιότητας της Δομής, ο οποίος δεν είναι εφικτός διαφορετικά, όσο και απαντήσεις σε επί πλέον ερωτήματα, όπως ποιοι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές κ.τ.λ.

Στην περίπτωση κόμβου ο οποίος είναι αρχικός, δηλαδή η αφετηρία του οχήματος ή ο παρών κόμβος χρησιμοποιείται ως αφετηρία ενός οχήματος, η συγκεκριμένη δομή επεκτείνεται εικονικά, ώστε ο PreviousNode να είναι ο ίδιος ο CurrentNode.

- Στην περίπτωση που μέρος της πληροφορίας, συσχετισμένης με τα κυκλοφοριακά δίκτυα, αποθηκεύεται σε εξωτερικές βάσεις δεδομένων ή αποθετήρια δεδομένων (που μπορεί να είναι αυτόνομα, ετερογενή και χωρικά διεσπαρμένα) με τη μεθοδολογία Διαχωρισμένων Πληροφοριών (split storage), το σύνολο των εξωτερικά αποθηκευμένων τμημάτων πληροφορίας μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί ένα είδος «εικονικού αποθετηρίου πληροφορίας» (virtual storage), το οποίο περιέχει πληροφορία συσχετισμένη με το συγκεκριμένο δίκτυο. Ο συσχετισμός συνήθως γίνεται με τους κόμβους ή τους συνδέσμους του συγκεκριμένου δικτύου (και συγκεκριμένα τα ID τους ως κλειδιά), ή μπορεί να γίνει με σημεία ή τμήματα των συνδέσμων με χρήση της χλιομετρικής αναφοράς (στην περίπτωση αυτή θα χρειαστεί να κατασκευαστούν νέα κλειδιά που έχουν σχέση με τα σημεία ή τμήματα των συνδέσμων). Ως παράδειγμα της τελευταίας περίπτωσης είναι η καταγραφή και αναφορά σε αυτήν την περίπτωση της πληροφορίας στην περίπτωση αυτή θα χρειαστεί να κατασκευαστούν νέα κλειδιά που έχουν σχέση με τα σημεία ή τμήματα των συνδέσμων). Η παράδειγμα της τελευταίας περίπτωσης είναι η καταγραφή και αναφορά σε αυτήν την περίπτωση της πληροφορίας στην περίπτωση αυτή θα χρειαστεί να κατασκευαστούν νέα κλειδιά που έχουν σχέση με τα σημεία ή τμήματα των συνδέσμων).

Η προσπέλαση των συγκεκριμένων πληροφοριών γίνεται με μία μεθοδολογία «τη αιτήσει» (on-demand), σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο και δυναμικά (on-the-fly). Η μεθοδολογία αυτή έχει περιγραφεί στην Ενότητα 6.1.

- Ένα ιδιαίτερο τρίτο τμήμα της δομής αυτής περιέχει τα Αρχεία Συσχετισμού (Inversion Files) του συγκεκριμένου δικτύου με την αρχική θάλασσα συνδέσμων ή/και με άλλα δίκτυα. Τα αρχεία αυτά έχουν ήδη περιγραφεί στην Ενότητα 7.3. Δίκτυα προς τα οποία μπορεί να χρειαστεί να διατηρηθεί αντιστοίχιση είναι τα εξής: δίκτυα της ΕΕ (πραγματικά ή modelling) τα ανά τόπους εθνικά δίκτυα και δίκτυα που τηρούν συγκεκριμένη ονοματολογία (π.χ. τα δίκτυα αυτοκινητοδρόμων της ΕΕ, στα οποία υπάρχουν διαδρομές (routes) με ονόματα που έχουν ως πρώτο γράμμα το “N” και ακολουθούνται από έναν αριθμό που προσδιορίζει το route) και άλλα.

Ας ονομάσουμε όλη την προηγούμενη δομή Στιγμιότυπο Δικτύου #i (Network Instance #i), δεδομένου ότι όπως θα φανεί στην επόμενη παράγραφο μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία τέτοιες δομές.

2. Στην περίπτωση κατά την οποία από κάποιο φύλλο του Χάρτη Περιεχομένων προκύπτει η ανάγκη χρησιμοποίησης πληροφορίας που προέρχεται από διαφορετικές «θάλασσες» κόμβων ή/και

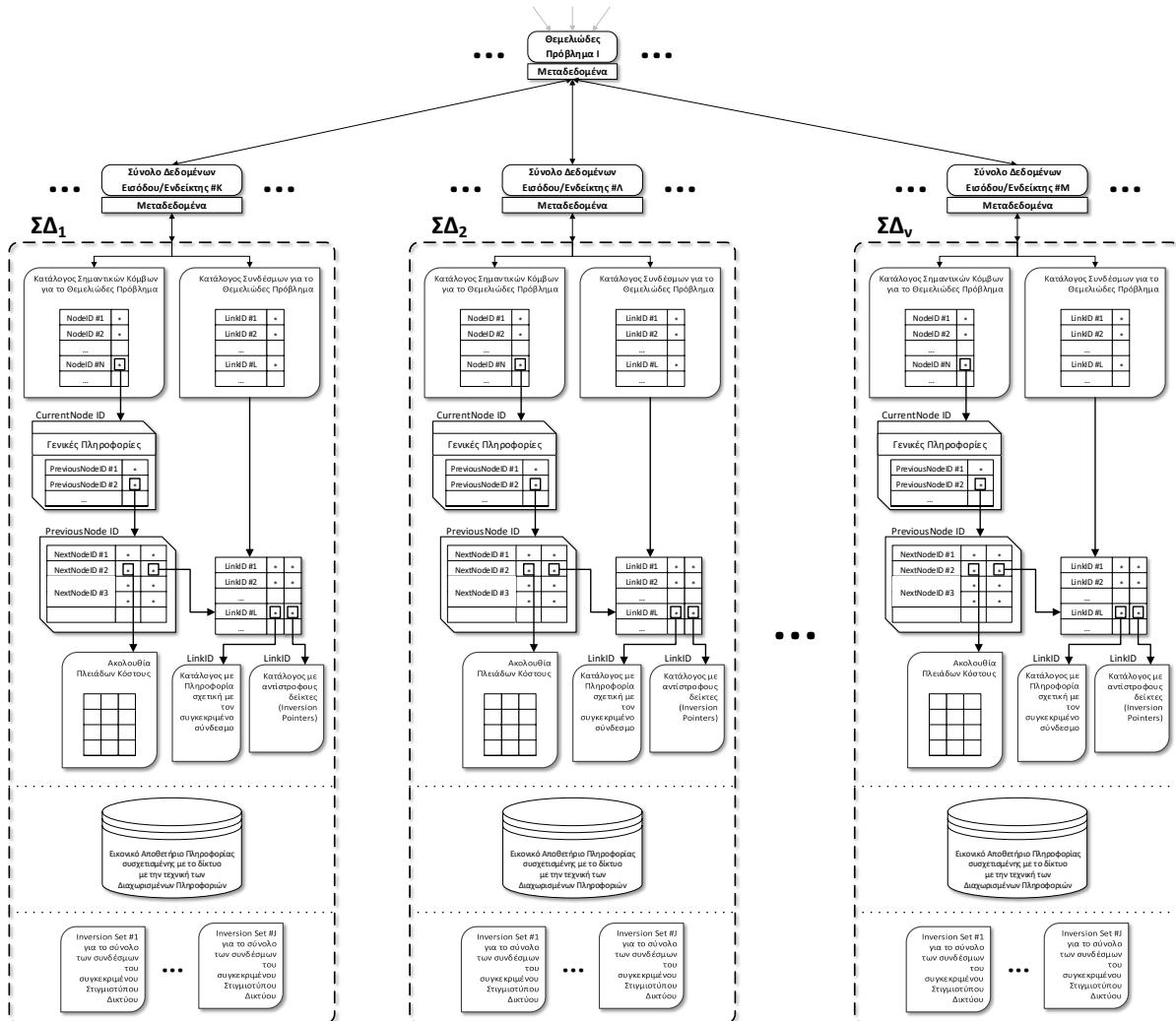
συνδέσμων μπορεί να χρειαστεί να υπάρχουν παραπάνω από ένα στιγμιότυπα διαφορετικών δικτύων. Παραδείγματα:

- Το δίκτυο των αυτοκινητοδρόμων και το δίκτυο των τοπικών οδών σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Είναι προφανές ότι τα δύο δίκτυα έχουν διαφορετικά σύνολα κόμβων και διαφορετικά σύνολα συνδέσμων.
- Το δίκτυο των υπερταχέων τρένων τύπου TGV και το δίκτυο των κοινών επιβατικών αμαξοστοιχιών.

Στην περίπτωση αυτή επαναλαμβάνεται η δομή που περιεγράφη στην Παράγραφο (1) όσες φορές είναι αναγκαίο: Στιγμιότυπο Δικτύου #1, Στιγμιότυπο Δικτύου #2, ..., Στιγμιότυπο Δικτύου #K.

Αναμένεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, ο κοινός χειρισμός αυτών των Στιγμιότυπων Δικτύων θα απαιτήσει την κατασκευή και χρήση ειδικού λογισμικού.

Μία τέτοια περίπτωση χρήσης φαίνεται στην Εικόνα 7-4.



Εικόνα 7-4: Η Δομή Συνδεσμότητας στην περίπτωση που απαιτούνται περισσότερα από ένα στιγμιότυπα δικτύων για μία εφαρμογή

7.6 Επί πλέον απαραίτητα σχετικά εργαλεία λογισμικού και καινοτομικές δομές δεδομένων

Η πράξη έχει καταδείξει ότι η διαφοροποίηση των επί μέρους προβλημάτων, μελετών ή εφαρμογών οδηγεί στην καθοριστική διαφοροποίηση της πληροφορίας. Συνήθως, ωστόσο, στα προβλήματα, των οποίων την επίλυση ένα μεγάλης έκτασης σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων και χάραξης πολιτικής στις μεταφορές επιβατών και εμπορευμάτων (όπως είναι το ETIS) καλείται να υποβοηθήσει, οι βασικές οντότητες περιλαμβάνουν τα μεταφορικά δίκτυα και τις διοικητικές περιοχές. Επομένως, στις δομές που προτείνονται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις οντότητες αυτές.

Για την υλοποίηση των προηγουμένων δομών προτείνεται ένας καινοτομικός τρόπος οργάνωσης, δεδομένης της έλλειψης ειδικών δομών δεδομένων, προτεινόμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση, που επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα με τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα της ΕΕ (από όσον είναι δυνατόν να γνωρίζει ο συγγραφές και η λοιπή Ομάδα Εργασίας, δομές του τύπου αυτού δεν έχουν τυποποιηθεί ακόμα από την ΕΕ).

Αρχικά, θα πρέπει να υπάρχουν δομές, οι οποίες παρέχουν η δυνατότητα προσδιορισμού θέσης πάνω στα δίκτυα με τον ευρύτερα χρησιμοποιούμενο στην πράξη τρόπο του καθορισμού της απόστασης από συγκεκριμένα σημεία αναφοράς πάνω σε μία καθορισμένη διαδρομή.

Αναγκαία για τη νέα αυτή δυνατότητα είναι η κατασκευή μίας δομής κατάλληλης για την περιγραφή **διαδρομών (routes)**. Η συγκεκριμένη δομή είναι απαραίτητη και αναγκαία σε μεγάλο πλήθος εφαρμογών της πράξης, όπως το Σχεδιασμό Μεταφορών, τη Διαχείριση Στόλου Οχημάτων, τη Διαχείριση Κίνησης Βαγονιών σε επιλεγμένες σιδηροδρομικές διαδρομές, την Ανάπτυξη Υπηρεσιών κατά μήκος συγκεκριμένων διαδρομών κ.τ.λ. Σημειώνεται πως οι διαδρομές αυτές δεν έχουν σχέση απαραίτητα με τις διαδρομές που αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.1, όπου γίνεται λόγος για την επιλογή διαδρομών κατά το Μοντέλο 4-βημάτων. Οι διαδρομές αυτές μπορεί να είναι είτε καθιερωμένες (όπως π.χ. στην Ελλάδα η Π.Α.Θ.Ε ή η Εγνατία), είτε ειδικές διαδρομές που έχουν ανάγκη οι χρήστες του συστήματος (π.χ. η διαδρομή ενός λεωφορείου ή το δρομολόγιο ενός οχήματος εξυπηρέτησης των εργαζομένων μιας επιχείρησης). Για τη συγκεκριμένη δομή δεδομένων χρησιμοποιείται μια ειδική παράσταση διατεταγμένης ακολουθίας των περιλαμβανομένων συνδέσμων, που οργανώνεται ως μια μια διπλά συνδεδεμένη λίστα και η οποία περιλαμβάνει και την εσωτερική γεωμετρία αυτή καθ' εαυτή των συνδέσμων, δηλαδή την ακολουθία των κορυφών (vertices) των στοιχειώδων ευθυγράμμων τμημάτων με τα οποία παριστάνεται ο κυκλοφοριακός σύνδεσμος. Στην εσωτερική γεωμετρία, όμως, συμπεριλαμβάνεται και η απόσταση κάθε κορυφής από τα δύο άκρα του συνδέσμου στον οποίον ανήκει, ώστε να διευκολυνθεί ο χρησιμοποιούμενος αλγόριθμος προσδιορισμού θέσης. Η παράσταση των διαδρομών είναι πάντα αμφίδρομη, ώστε να επιτρέπει κίνηση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Ο αλγόριθμος **προσδιορισμού σημείου με βάση τη χιλιομετρική απόσταση** από σημείο αναφοράς περιλαμβάνει κατ' αρχήν τον προσδιορισμό των συνδέσμων της εμπλεκομένης διαδρομής και της φοράς διάσχισης της διαδρομής, δεδομένου ότι ο καθορισμός αυτός είναι μεν μονοσήμαντος, αλλά όχι τυποποιημένος. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να δοθούν οι οδικές διαδρομές «Αθήνα-Μέγαρα», ή «Αθήνα-Πάτρα», ή «Κόρινθος-Κιάτο», ή «Αθήνα-Λαμία», ή «Αθήνα-Θεσ/νίκη» που όλες ανήκουν στην πολύ ευρύτερη Π.Α.Θ.Ε. (εθνική οδός Πατρών – Αθηνών – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων) και έχουν διαφορετικές φορές. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται η γεωγραφική πληροφορία των επί μέρους συνδέσμων της κάθε διαδρομής, καθώς και το αρχικό σημείο και η φορά της διαδρομής, για να

υπολογιστεί ταχύτητα το στοιχειώδες ευθύγραμμο τμήμα πάνω στο οποίο βρίσκεται το υπό προσδιορισμό σημείο. Απλοί γεωμετρικοί υπολογισμοί δίνουν τις συντεταγμένες (x, y) του ζητούμενου σημείου, στις οποίες δημιουργείται μία νέα κορυφή στοιχειωδών ευθυγράμμων τμημάτων (vertex). Οποιαδήποτε περαιτέρω αναφορά στο συγκεκριμένο σημείο γίνεται με χρήση της τριάδας (ταυτότητα (ID) του συνδέσμου πάνω στο οποίο βρίσκεται το σημείο, άκρο αναφοράς του συνδέσμου αυτού, απόσταση από το προηγούμενο άκρο αναφοράς) ή/και με το ήδη υπολογισμένο ζεύγος συντεταγμένων (x, y) του σημείου. Η τριάδα προσδιορισμού του σημείου αναφέρεται ως «χιλιομετρική αναφορά».

Σημειακά χαρακτηριστικά των δικτύων προσδιορίζονται με χρήση της χιλιομετρικής αναφοράς. Ως παράδειγμα μπορούμε να θεωρήσουμε τα σημεία αλλαγής του αριθμού των λωρίδων ενός αυτοκινητοδρόμου (οι οποίες μπορεί να αλλάζουν αρκετές φορές μέσα σε ένα σύνδεσμο), τα σημεία αλλαγής των ορίων ταχύτητας κ.τ.λ. Με σημεία των δικτύων που προσδιορίζονται με χρήση της χιλιομετρικής αναφοράς συνηθίζεται να διασυνδέεται περαιτέρω έμμεσα γεωσυσχετισμένη πληροφορία, όπως π.χ. τα ατυχήματα πάνω σε μία διαδρομή.

Προτείνονται δε επί πλέον δυναμικές δομές, που χρησιμοποιούν την χιλιομετρική αναφορά σημείων για την παράσταση:

- Διατεταγμένων συνόλων σημειακών χαρακτηριστικών (δομικών, λειτουργικών, στατιστικών ή άλλων).
- Διατεταγμένης ή μη περιοχής ενός συνδέσμου με την οποία διασυνδέεται ένα ή περισσότερα επί μέρους χαρακτηριστικά του συνδέσμου, καλούμενων στο εξής «μερικών χαρακτηριστικών» (partial attributes).
- Διατεταγμένης ή μη περιοχής μιας διαδρομής με την οποία διασυνδέεται ένα ή περισσότερα στοιχεία δεδομένων.
- Διατεταγμένης ακολουθίας συνεχόμενων περιοχών μιας διαδρομής. Με κάθε μια από τις περιοχές αυτές διασυνδέεται ένα ή περισσότερα στοιχεία δεδομένων.
- Διατεταγμένης ακολουθίας μη συνεχόμενων περιοχών μιας διαδρομής. Με κάθε μια από τις περιοχές αυτές διασυνδέεται ένα ή περισσότερα στοιχεία δεδομένων.

Οι προτεινόμενες δομές έχουν τέτοια μορφή, ώστε να μην εισάγουν νέους κόμβους στο δίκτυο και να επιτρέπουν γενικότερες λογικές και αριθμητικές πράξεις πάνω στα χιλιομετρικά προσδιορισμένα χαρακτηριστικά των συνδέσμων (όπως, για παράδειγμα, η εύρεση των τμημάτων ενός αυτοκινητοδρόμου που έχουν όριο ταχύτητας 70 km/h και μόνο δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, ή η εύρεση του συνόλου των ατυχημάτων που συμβαίνει από ένα σημείο του αυτοκινητοδρόμου μέχρι ένα άλλο). Επί πλέον δε, η μορφή των δομών αυτών επιτρέπει την δυναμική πρόσθεση πολλών διαφορετικών σημειακών ή επί μέρους χαρακτηριστικών, με ελάχιστο φόρτο του υπολογιστικού συστήματος.

Οι προαναφερθείσες δομές χαρακτηρίστηκαν ως δυναμικές, διότι ο προσδιορισμός νέων διαδρομών και σημειακών ή μερικών χαρακτηριστικών των συνδέσμων ή των διαδρομών είναι δυνατός καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του αντίστοιχου πληροφοριακού συστήματος.

Με χρήση δε του περιγραφόμενου στο Κεφάλαιο 5 Χάρτη Περιεχομένων του συστήματος δίνεται η δυνατότητα σε κάθε εξουσιοδοτημένο χρήστη του συστήματος να δημιουργεί τη δική του ιδιωτική περιοχή πληροφορίας και να εργάζεται σε αυτήν, προσδιορίζοντας και χρησιμοποιώντας τις

διαδρομές, για τις οποίες ο ίδιος ενδιαφέρεται, χωρίς να χάνει τη δυνατότητα χρήσης των καθιερωμένων ή/και των ευρέως χρησιμοποιούμενων διαδρομών.

Όπως φαίνεται από τις μέχρι τώρα (υλοποιημένες και υπό-σχεδιασμό) επί μέρους υλοποιήσεις με σκοπό την επιβεβαίωση της ορθότητας των νέων δομών (PoCs – Proof of Concept) ο χειρισμός της προταθείσας, εξελιγμένης περιγραφής δικτύων καθώς και ο χειρισμός των πολυμεσικών δικτύων απαιτεί την κατασκευή αρκετών νέων συνιστωσών λογισμικού.

7.7 Έρευνα προς την μοντελοποίηση σχετικών πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών

Σε πληθώρα εφαρμογών της πράξης υπάρχει ανάγκη παράστασης μεταφορικών δικτύων και συσχετισμένων με αυτές πληροφοριών. Σε πολλές από αυτές τις εφαρμογές υπάρχει περαιτέρω ανάγκη μοντελοποίησης απλών ή, συνηθέστερα, πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών. Η μοντελοποίηση του τύπου αυτού δεν είναι απαραίτητα προφανής, ούτε οι λύσεις που έχουν διθεί μέχρι σήμερα έχουν την απαραίτητη γενικότητα και ευελιξία, ώστε να καλύπτουν σημαντικό αριθμό από τα επί μέρους πεδία εφαρμογών του τομέα αυτού. Στο Εργαστήριο Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ βρίσκεται σε εξέλιξη ευρύτερη ερευνητική εργασία για την ανάπτυξη:

- Μοντέλων πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών, τα οποία μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες πολλών κατηγοριών εφαρμογών, στις οποίες χρησιμοποιούνται πυρήνες δεδομένων πολύ υψηλής οργάνωσης που σχετίζονται με τα δίκτυα μεταφορών. Κατά μία έννοια, τα μοντέλα αυτά συμπληρώνουν τους πυρήνες υψηλής οργάνωσης πληροφορίας μεταφορών και επιτρέπουν την ανάπτυξη και εφαρμογή συστηματικών, επαναλήψιμων, βελτιώσιμων και, πρακτικά, αειφόρων μεθοδολογιών χρήσης της πληροφορίας των συγκεκριμένων πυρήνων δεδομένων υψηλής οργάνωσης.
- Μεθόδων περιγραφής των μοντέλων αυτών με τη χρήση ειδικών διαγραμμάτων ενεργειών, τα οποία μοιάζουν με τα απλά διαγράμματα ροής ενεργειών, αλλά στα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτερες λογικές δομές, σαν αυτές που το ανθρώπινο μυαλό χρησιμοποιεί για να περιγράψει διαδικασίες. Τα διαγράμματα αυτά επιτρέπουν την εύκολη αντίληψη των σχετικών διαδικασιών από τον άνθρωπο, ενώ αποτελούν εξαιρετική αποτύπωση του τρόπου εκμετάλλευσης της σχετικής τεχνογνωσίας.

Τα καινοτομικά αυτά μοντέλα:

- Βασίζονται στην κατασκευή ειδικών «γράφων ενεργειών», κόμβοι των οποίων είναι ενδιάμεσες καταστάσεις/στόχοι των επιθυμητών επιχειρησιακών διαδικασιών, ενώ ακμές των οποίων είναι οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν, ώστε να μεταβεί κανείς από τη μία ενδιάμεση κατάσταση/στόχο στην επόμενη κατάσταση/στόχο. Για τους γράφους ενεργειών είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν NoSQL βάσεις δεδομένων τύπου «γράφου». Αντίθετα με την UML, στην οποία χρησιμοποιούνται ισχυρότατες μέθοδοι περιγραφής διαδικασιών, αλλά μόνο μέχρι την κατασκευή των σχετικών προγραμμάτων, οι γράφοι ενεργειών που προτείνονται στην εργασία αυτή είναι πραγματικές δομές δεδομένων, διαθέσιμες στα σχετικά προγράμματα εφαρμογών καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης του σχετικού ΠΣ, είναι δε ανά πάσα στιγμή επικαιροποιήσιμες και αναβαθμίσιμες.

- Επιτρέπουν την περιγραφή ιδιαίτερα πολύπλοκων συστημάτων επιχειρησιακών διαδικασιών, με πολλούς εμπλεκομένους φορείς και δρώντες (actors, operators).
- Επιτρέπουν την αποτελεσματική σχεδίαση, την προσομοίωση και την παρακολούθηση στην πράξη των σχετικών πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών.
- Επιτρέπουν την εκ των προτέρων κατασκευή επί μέρους, γενικευμένων και ρυθμίσιμων συνιστώσων επιχειρησιακών διαδικασιών, κατάλληλων για ειδικού σκοπού εφαρμογές της πράξης. Η χρήση των προκατασκευασμένων αυτών υπομονάδων επιχειρησιακών διαδικασιών επιτρέπει την ταχεία ανάπτυξη νέων εφαρμογών της πράξης.
- Διευκολύνουν την αποτελεσματική τεκμηρίωση των σχετικών συστημάτων και υποσυστημάτων.

Επαναλαμβάνεται ότι θεωρείται από τον συγγραφέα της παρούσας εργασίας και την Ομάδα Εργασίας ότι τα μοντέλα αυτά συμπληρώνουν, σε μεγάλο βαθμό, την εργασία πάνω στους οργανωμένους πυρήνες δεδομένων και προγραμμάτων των μεταφορικών δικτύων, καθώς επιτρέπουν την οργανωμένη, καλώς περιγεγραμμένη και αποτελεσματική ανάπτυξη ακόμα και πολύπλοκων σχετικών εφαρμογών της πράξης.

Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να πάρει επί πλέον πληροφορία για την συγκεκριμένη ερευνητική και αναπτυξιακή δραστηριότητα μέσω επικοινωνίας με τη σχετική Ομάδα Εργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ (Κουκούτσης Ηλίας, Τσαβδαρίδης Γεώργιος, Φωτόπουλος Ευάγγελος, Παπαοδυσσεύς Κωνσταντίνος).

Σχετικές Δοκιμές

Πρωτόλεια διατύπωση και δοκιμή βασικών εννοιών και αρχών που σχετίζονται με αυτές που προτάθηκαν στην παρούσα εργασίας έγινε στο πρόγραμμα INFOSTAT (Ενότητα 2.3.1). Ωστόσο, οι βάσεις της οργάνωσης με χρήση του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής ενός Πληροφοριακού Συστήματος τέθηκαν στο πρόγραμμα MESUDEMO (όπου η τελεολογική συσχέτιση είχε ονομαστεί “issue relevance”. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα έγινε και το πρώτο αντίστοιχο πιλοτικό έργο στην Ευρωπαϊκή Ένωση που ονομάστηκε Trans-Alpine Pilot). Περαιτέρω εργασία στον συγκεκριμένο τομέα, η οποία είχε σχέση με την αρχή των Διαχωρισμένων Πληροφοριών και της Αρχιτεκτονικής «Θέματα Υπεράνω Χαρτών», έγινε στο Πρόγραμμα ETIS-AGENT. Στο πρόγραμμα αυτό τα αποτελέσματα της σχετικής εργασίας επιδείχθηκαν σε εκπροσώπους των Υπουργείων Μεταφορών ή/και Στατιστικών Υπηρεσιών των κρατών-μελών. Λόγω της λήξης των σχετικών προγραμμάτων και του τέλους της σχετικής χρηματοδότησης δεν έγινε δυνατό να διατηρηθούν ή αναβαθμιστούν τα συγκεκριμένα συστήματα επίδειξης. Αντ' αυτών βρίσκεται σε εξέλιξη η ανάπτυξη μίας νέας πλατφόρμα για την επίδειξη της προτεινόμενης καινοτομικής οργάνωσης της πληροφορίας, δοκιμή της οποίας γίνεται μεταξύ άλλων με πληροφορία από τα Ευρωπαϊκά Δίκτυα μεταφορών.

Έχουν ήδη δοκιμαστεί εργαλεία:

- Καθαρισμού των δικτύων (αφαίρεση μη σημαντικών ανά εφαρμογή κόμβων, συνένωση συνδέσμων, δημιουργία αρχείων αντιστοίχισης συνδέσμων κ.τ.λ.).
- Χιλιομετρική αναφορά και σχετική δυναμική οργάνωση της πληροφορίας.
- Δοκιμές μορφών του νέου μοντέλου δικτύων και χρήση του μοντέλου αυτού με ειδικές κατασκευασμένες από την Ομάδα Εργασίας υλοποιήσεις αλγορίθμων βέλτιστης δρομολόγησης (Dijkstra και K-best).

Επί πλέον έχει γίνει επιλογή και μελέτη συχνά εμφανιζόμενων στην πράξη περιπτώσεων εφαρμογών, στις οποίες οι ευρέως χρησιμοποιούμενες σήμερα δομές περιγραφής πληροφορίας μεταφορών αποδεικνύονται ανεπαρκείς. Αυτές οι περιπτώσεις περιλαμβάνουν:

- Διαφοροποίηση πραγματικών δικτύων μεταφορών ή δικτύων που έχουν προκύψει από μοντελοποίηση, ανάλογα με την ανά χείρας εφαρμογή.
- Επίδειξη του ότι η κυκλοφοριακή συνέχεια πρέπει να αποζευχθεί από τη γεωγραφική συνέχεια.
- Αδυναμία παράστασης επί πλέον κόστους και χρόνου διάβασης κόμβων.
- Δυσκολία υλοποίησης και χρήσης πολυτροπικών δικτύων.
- Κακή εσωτερική οργάνωση της πληροφορίας των μεταφορικών δικτύων: Ανάμειξη δομικής, λειτουργικής και στατιστικής πληροφορίας σε έναν κοινό πίνακα.

- Έλλειψη δυνατότητας συσχετισμού πληροφορίας με αντικείμενα σχετιζόμενα με κάποιο δίκτυο, το οποίο είναι σε διαφορετική κλίμακα διακριτική ανάλυση (Level of Detail).

Αυτή τη στιγμή είναι υπό ανάπτυξη τα ακόλουθα προγράμματα επίδειξης και δοκιμαστικές εφαρμογές:

1. Προγράμματα επίδειξης των νέων δομών που βασίζονται σε διαδρομές (routes), σε χιλιομετρική αναφορά και σε σημειακά ή μερικά χαρακτηριστικά των κυκλοφοριακών συνδέσμων (partial attributes) και των πλεονεκτημάτων της χρήσης των δομών αυτών. Συγκεκριμένα πλεονεκτήματα προς επίδειξη περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:
 - Η δομή αυτή μπορεί να θεωρηθεί μη παρεμβατική ως προς το αρχικό δίκτυο, δεδομένου ότι οργανώνεται συμπληρωματικά προς αυτό.
 - Πρόσθεση οποιαδήποτε στιγμή νέων σημειακών ή μερικών χαρακτηριστικών χωρίς αυτό να δημιουργεί υπολογιστική επιβάρυνση στο συγκεκριμένο δίκτυο και τα σχετικά προγράμματα.
 - Δυνατότητα ιδιαιτέρως αποδοτικών λογικών συσχετίσεων σημειακών ή μερικών χαρακτηριστικών ομάδας κυκλοφοριακών συνδέσμων.
2. Προγράμματα για την επίδειξη της αποτελεσματικότητας της αρχής Διαχωρισμένων Πληροφοριών και της Αρχιτεκτονικής «θέματα υπεράνω Χαρτών», δεδομένου ότι τα συστήματα στα οποία έγιναν οι αρχικές δοκιμές και τα σχετικά προγράμματα δεν είναι πλέον σε λειτουργία.
3. Προγράμματα για την κατασκευή Στιγμιοτύπων Δικτύων «τη αιτήσει» και σε πραγματικό χρόνο (on-demand και on-the-fly) για εξειδικευμένες εφαρμογές μεταφορών, όπως:
 - Δημιουργία ειδικού δικτύου για την μεταφορά βαρέως εμπορευματοκιβωτίου σε σχέση με το δίκτυο για την κίνηση παλέτας με πολύ ακριβό λογισμικό.
 - Διαφοροποίηση δικτύων τρένου για επιβατικές και εμπορευματικές εφαρμογές.
 - Κίνηση φορτηγού βαγονιού τρένου στο σχετικό κυκλοφοριακό δίκτυο.
 - Πολυμεσικά δίκτυα.
 - Θέματα κόστους διάβασης κόμβων.
4. Κατασκευή ευφυούς τερματικής μονάδας ενσωματωμένης σε κινητό μέσο π.χ. βαγόνι τρένου. Επί πλέον, ανάπτυξη μεθοδολογίας και συστήματος συνεργασίας ευφυών τερματικών μονάδων με κεντρικό σταθμό βάσης, βασισμένο στην Τελεολογική Δομή.

Επί πλέον θέματα τα οποία εξετάζονται από την Ομάδα Εργασίας και έχουν σχέση με τις δομές που παρουσιάστηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Προγράμματα για την επίδειξη της αποδοτικότητας των δομών που παρουσιάστηκαν σε θέματα αλγορίθμων δρομολόγησης σε δίκτυα.
- Μεθοδολογίες περιγραφής και αποτύπωσης της πληροφορίας που αφορά τόσο δομές δεδομένων, όσο και δομές προγραμμάτων, σχετικές με ένα πολύπλοκο Πληροφοριακό Σύστημα (με χρήση του Χάρτη Περιεχομένων του ΠΣ και των σχετικών μεταδεδομένων και με σκοπό την κατασκευή υποσυστημάτων για την υποβοήθηση, τεχνική και θεματική, των χρηστών, την παροχή πληροφοριών που αφορούν την κατασκευή, συντήρηση και

αναβάθμιση του ΠΣ, καθώς και την εκπαίδευση νέων χρηστών στη χρήση του συγκεκριμένου ΠΣ).

- Δημιουργία κατάλληλων εργαλείων και δομών για την κατανομή της Πληροφορίας σε γεωγραφικά διεσπαρμένα συστήματα, σύμφωνα με την αρχή της Εντοπιότητας (Subsidiarity Principle), με χρήση της μεθοδολογίας των Διαχωρισμένων Πληροφοριών.
- Κάλυψη της περίπτωσης ιδιωτικών δεδομένων και του κατάλληλου σχετικού χειρισμού των δεδομένων αυτών από τους ιδιοκτήτες τους, αλλά πάντα κάτω από τον έλεγχο σχετικού τμήματος του Χάρτη Περιεχομένων ή της Τελεολογικής Δομής του ΠΣ.
- Προγράμματα επίδειξης της δυνατότητας σοβαρής μείωσης του χρόνου αδράνειας (downtime) του ΠΣ σε περιπτώσεις επικαιροποίησης ή/και αναβάθμισης.
- Προγράμματα για την επίδειξη της δυνατότητας θεματικού εμπλουτισμού του συνολικού ΠΣ ή/και θεματικής στροφής αυτού.
- Μελέτη και ανάπτυξη συστημάτων «οιμπρελών» για την αποτελεσματική συνεργασία ήδη ανεπτυγμένων (legacy) συστημάτων.
- Επίδειξη της αυξημένης βιωσιμότητας (έως και αειφορίας) ενός υπολογιστικού συστήματος, του οποίου η λειτουργία βασίζεται στη χρήση του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής και των λοιπών δομών που περιεγράφησαν στην παρούσα εργασία.

Ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας είχε συμμετοχή σε μεγάλο αριθμό από τα εξετασθέντα θέματα, συμμετέχει δε στην Ομάδα Εργασίας που ασχολείται με την έρευνα και την ανάπτυξη της νέας πλατφόρμας και των υπό ανάπτυξη προγραμμάτων επίδειξης των νέων μεθόδων οργάνωσης της πληροφορίας και των σχετικών δομών.

9

Συμπεράσματα και προτάσεις συνέχισης της παρούσας εργασίας

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, η παρούσα εργασία είχε τους ακόλουθους σκοπούς:

- ✓ Η παρουσίαση της εργασίας του συγγραφέως, ο οποίος έχει συνεργαστεί στο παρελθόν με την Ομάδας Εργασίας του Εργαστηρίου Συστημάτων Πολυθεματικής και Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Τα τελευταία τρία χρόνια ο συγγραφέας είναι μόνιμο μέλος της προαναφερθείσας Ομάδας.
- ✓ Η παρουσίαση του πλάτους της Έρευνας στον συγκεκριμένο τομέα της ανάπτυξης νέων μεθοδολογιών και εφαρμογών οργάνωσης και χειρισμού της πληροφορίας που σχετίζεται με τις μεταφορές επιβατών και αγαθών.
- ✓ Να αποτελέσει μία πρόταση και έναν οδηγό για την εξέλιξη της έρευνας και ανάπτυξης στον συγκεκριμένο τομέα.

Ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας εργάστηκε στα εξής επί μέρους θέματα:

1. Τελεολογική οργάνωση δεδομένων.
2. Ανάπτυξη εργαλείων καθαρισμού κυκλοφοριακών δικτύων και ρύθμισή τους για τη χρήση σε συγκεκριμένες εφαρμογές της πράξης.
3. Δοκιμές και περαιτέρω ανάπτυξη της καινοτομικής οργάνωσης γεωσυσχετισμένων δεδομένων που ονομάστηκε «Θέματα Υπεράνω Χαρτών».
4. Ανάπτυξη και δοκιμή των νέων μοντέλων για την περιγραφή δικτύων προκειμένου: τα δίκτυα αυτά να αποκτήσουν λογική συνδεσιμότητα, να αποζευχθεί η κυκλοφοριακή συνέχεια από τη γεωγραφική, ή/και να είναι δυνατή η παράσταση και η χρήση πολυμεσικών δικτύων.
5. Διερεύνηση των αναγκών γεωσυσχετισμένης πληροφορίας στον σχεδιασμό, την προσομοίωση και την παρακολούθησης πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών και αποστολών.

Η εργασία του συγγραφέα στα θέματα αυτά και σε συναφή θέματα παρουσιάστηκε σε δύο συνέδρια, στις εξής Εργασίες:

- Στο 2^ο Διεθνές Συνέδριο «Εφαρμογές Μαθηματικών και Πληροφορικής στη Στρατιωτική Επιστήμη», που διεξήχθη στη Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων με τις Εργασίες:
 - ❖ «Μια Νέα Μεθοδολογία για τη Διαχείριση Πολύπλοκης και Πολυθεματικής Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας σε Μεγάλης Κλίμακας Συστήματα Πληροφοριών»

(Καραδήμας, Κουκούτσης, Στέκος, Παπαοδυσσεύς, Φωτόπουλος, Τσαβδαρίδης, 2013).

- ❖ «Ειδικές Προϋποθέσεις για την Απόκτηση και Οργάνωση Δεδομένων με Γεωγραφική Αναφορά στα Πληροφοριακά Συστήματα για την Παρακολούθηση Διαδικασιών Στρατιωτικών Επιχειρήσεων» (Κουκούτσης, Καραδήμας, Τσαβδαρίδης, Φωτόπουλος, & Στέκος, 2013)
- Στο 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGIS, που διεξήχθη στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, με τις Εργασίες:
 - ❖ «Λειτουργική Αναβάθμιση της εσωτερικής αρχιτεκτονικής της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων και Χάραξης Πολιτικής Συγκοινωνιών και Μεταφορών σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Αναγκαία σχετικά εργαλεία λογισμικού.» (Φωτόπουλος, Τσακαλίδου, Κουκούτσης, Μαυριάς, & Τσαπραλής, 2014).
 - ❖ «Ανάγκες γεωσυσχετισμένης πληροφορίας για την υποστήριξη Συστημάτων Παρακολούθησης και Ελέγχου Επιχειρησιακών Διαδικασιών» (Τσαβδαρίδης, Τσακαλίδου, Φωτόπουλος, & Κουκούτσης, 2014).
 - ❖ «Μελέτη και ανάπτυξη δυναμικών δομών περιγραφής της υποδομής μεταφορών για την αποτελεσματική εφαρμογή υπολογιστικών μοντέλων» (Τσακαλίδου, Κουκούτσης, Μπαλλής, Μπαλλής, & Φωτόπουλος, 2014).

Η συνολική εργασία της ομάδας στον συγκεκριμένο τομέα μπορεί να συνοψιστεί στα εξής σημεία:

- Πρόταση μεθοδολογίας εργασίας και οργάνωσης της πληροφορίας για την αντιμετώπιση της πολυθεματικότητας, πολυπλοκότητας και πολυμορφίας που παρουσιάζεται στα δεδομένα μεταφορών επιβατών και αγαθών. Ιδιαίτερο πρόβλημα στον συγκεκριμένο τομέα είναι η ύπαρξη πολλών διαφορετικών εφαρμογών, οι οποίες απαιτούν διαφοροποίηση της υπάρχουσας πληροφορίας με συγκεκριμένο τρόπο. Αποτέλεσμα των προαναφερθέντων προβλημάτων είναι ότι μέχρι τώρα δεν έγινε ο συγκερασμός των επί μέρους τμημάτων της συγκεκριμένης πληροφορίας και των σχετικών εφαρμογών σε ένα ενιαίο, λειτουργικά ευέλικτο και εξελίξιμο συνολικό σύστημα.

Προς την κατεύθυνση αυτή, η Ομάδα Εργασίας ανέπτυξε και πρότεινε μία μεθοδολογία οργάνωσης και χειρισμού της πληροφορίας, η οποία είναι ικανή να αντιμετωπίσει σημαντικό μέρος των προβλημάτων αυτών. Η μεθοδολογία εργασίας και η συγκεκριμένη οργάνωση βασίζεται στην ανάπτυξη καινοτομικών δομών μεταδεδομένων, οι οποίες ονομάστηκαν Χάρτης Περιεχομένων ή Τελεολογική Δομή του Πληροφοριακού Συστήματος. Η μεθοδολογία αυτή επιτρέπει σε ένα σύστημα να παραμένει ελέγχιμο, συντηρήσιμο και εξελίξιμο παρά τον πιθανά μεγάλο όγκο του και την πολυπλοκότητα και την πολυμορφία των δεδομένων του.

- Η Ομάδα Εργασίας βασίστηκε σε τεχνογνωσία που αποκτήθηκε από τη συμμετοχή σε ευρωπαϊκά Προγράμματα στον τομέα των Μεταφορών για να αναπτύξει και να προτείνει μια γενική αρχιτεκτονική για το European Transport policy Information System (ETIS). Στην εργασία αυτή έγινε αντιληπτό ότι κεντρική πληροφορία που είναι απαραίτητη για πολλές και διαφορετικές κατηγορίες εφαρμογών στον τομέα των Μεταφορών έχει ανάγκη
 - πολύ υψηλής οργάνωσης
 - διαφοροποίησης και ρύθμισης, ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή

Οι προηγούμενες δύο απαιτήσεις είναι φαινομενικά αντιφατικές, δεδομένου ότι οι κοινά χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες ανάπτυξης των σχετικών βάσεων δεδομένων αδυνατούν να καλύψουν και τις δύο αυτές απαιτήσεις. Για τον λόγο αυτόν αναπτύχθηκε μία νέα οργάνωση των σχετικών πληροφοριών και μία σχετική μεθοδολογία εργασίας, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό. Η οργάνωση αυτή βασίζεται σε μία αρχικά πολύ γενική, πιο χαλαρή, αλλά αποτελεσματικά περιγραφική βάση των δυνατών κόμβων και δυνατών μεταφορικών συνδέσμων που ονομάστηκε «θάλασσα» κόμβων και συνδέσμων, από την οποία με συγκεκριμένους κανόνες που εξαρτώνται από την εκάστοτε εφαρμογή κατασκευάζονται διαφοροποιημένα στιγμιότυπα δικτύων μεταφορών, κατάλληλα για την εφαρμογή αυτή (όπως περιγράφεται στο Ενότητα 7.2).

- Τα Στιγμιότυπα Δικτύων που παράγονται ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή οργανώνονται εσωτερικά με έναν εξελιγμένο τρόπο που στηρίζεται στη χρήση ειδικών Δομών Συνδεσμότητας (Ενότητα 7.5). Οι δομές αυτές έχουν σημαντικά αυξημένη δυνατότητα περιγραφής πληροφορίας σε σχέση με τις δομές που χρησιμοποιούνται σήμερα για την οργάνωση των δικτύων μεταφορών.
- Οι προαναφερθείσες δομές επιτρέπουν την αποτελεσματική περιγραφή πολυμεσικών δικτύων και την ανάπτυξη νέων, πρακτικών εφαρμογών στον τομέα αυτόν.

Η Ομάδα Εργασίας εξέτασε τις ανάγκες πληροφορίας που έχουν σχέση με τις μεταφορές επιβατών και αγαθών, που παρουσιάζονται σε άλλες σημαντικές εφαρμογές της πράξης, όπως αυτές του σχεδιασμού, της προσομοίωσης και της παρακολούθησης πολύπλοκων επιχειρησιακών διαδικασιών και αποστολών, όπως αυτές που παρουσιάζονται στην εργασία (Τσαβδαρίδης & Κουκούτσης, Ανάγκες Ειδικού Χειρισμού Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας σε Συστήματα Διαχείρισης Κρίσεων και Παρακολούθησης και Ελέγχου Επιχειρησιακών Χειρισμών, 2013). Αποδείχθηκε στην συγκεκριμένη εργασία ότι στις εφαρμογές του τύπου αυτού υπάρχει ανάγκη πολυσχιδούς, πολύ μεγάλου όγκου πληροφορίας, η οποία στη συντριπτική της πλειοψηφία είναι γεωσυσχετισμένη. Και στις περιπτώσεις αυτές, όπως έγινε φανερό, υπάρχει ανάγκη τη χρήσης της Τελεολογικής Δομής καθώς και ειδικών περιγραφών των δικτύων μεταφορών που προσομοιάζουν ιδιαίτερα προς αυτές που περιεγράφησαν στο Κεφάλαιο 7. Επομένως, οι δομές που προτείνονται στην παρούσα εργασία με σχετικά μικρές τροποποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολύ ευρύτερους τομείς εφαρμογών.

Με βάση την μέχρι τώρα εργασία και τις σχετικές δοκιμές στον συγκεκριμένο τομέα προτείνεται η εργασία ή συνέχιση της εργασίας στα εξής θέματα:

1. Ολοκλήρωση της Τελεολογικής Πλατφόρμας εργασίας, με χρήση NoSQL βάσεων δεδομένων, ώστε να είναι δυνατές επί μέρους υλοποιήσεις με σκοπό την επιβεβαίωση της ορθότητας των νέων δομών και μεθοδολογιών που προτείνονται ως αποτελέσματα της έρευνας και ανάπτυξης της Ομάδας Εργασίας (PoCs)
2. Ολοκλήρωση των προγραμμάτων επίδειξης των νέων δομών που βασίζονται σε διαδρομές (routes), σε χιλιομετρική αναφορά και σε σημειακά ή μερικά χαρακτηριστικά των κυκλοφοριακών συνδέσμων (partial attributes) και των πλεονεκτημάτων της χρήσης των δομών αυτών.
3. Κατασκευή νέων μορφών προγραμμάτων στη νέα πλατφόρμα εργασίας για την επίδειξη της αποτελεσματικότητας της αρχής Διαχωρισμένων Πληροφοριών και της Αρχιτεκτονικής «Θέματα Υπεράνω Χαρτών».

4. Κατασκευή προγραμμάτων για την επίδειξη της αποτελεσματικότητας της μεθοδολογίας που στηρίζεται στη λήψη πληροφορίας από τις «θάλασσες» κόμβων και συνδέσμων για την παραγωγή «τη αιτήσει» και σε πραγματικό χρόνο (on-demand και on-the-fly) Στιγμιοτύπων Δικτύων για διαφορετικές κατηγορίες εφαρμογών των μεταφορών.
5. Κατασκευή πολυμεσικών δικτύων και σχετικών εφαρμογών για την επίδειξη της αποτελεσματικότητας των προηγούμενων δομών.
6. Ανάπτυξη μεθοδολογίας και συστήματος συνεργασίας ευφυών τερματικών μονάδων με κεντρικό σταθμό βάσης, βασισμένο στην Τελεολογική Δομή.
7. Έλεγχο της αποδοτικότητας των δομών που παρουσιάστηκαν σε θέματα αλγορίθμων δρομολόγησης.
8. Ολοκλήρωση της κατασκευής προγραμμάτων για την αυτοματοποιημένη δημιουργία αποτελεσματικής Τεκμηρίωσης (Documentation) του ΠΣ από τον Χάρτη Περιεχομένων του.
9. Ολοκλήρωση των προγραμμάτων επίδειξης του πολύ μικρού χρόνου αδράνειας (downtime) του ΠΣ σε περιπτώσεις επικαιροποίησης ή αναβάθμισης καθώς και της δυνατότητας θεματικής αύξησης ή θεματικής στροφής του συνολικού ΠΣ συστήματος.
10. Κατασκευή προγραμμάτων για την επίδειξη της αυξημένης βιωσιμότητας (έως και αειφορίας) ενός υπολογιστικού συστήματος, του οποίου η λειτουργία βασίζεται στη χρήση του Χάρτη Περιεχομένων ή Τελεολογικής Δομής και των λοιπών δομών που περιεγράφησαν στην παρούσα εργασία.
11. Μελέτη της ανάπτυξης συστημάτων «οιμπρελών» για την αποτελεσματική συνεργασία ήδη ανεπτυγμένων (legacy) συστημάτων.

Αναφορές

- Adjacency list.* (2018). Ανάκτηση 2 20, 2018, από Wikipedia: The Free Encyclopedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Adjacency_list
- AEMI. (2018). *Emergency Management Australia*. Ανάκτηση από
<https://www.ag.gov.au/EmergencyManagement/Emergency-Management-Australia/Pages/default.aspx>
- Ashley, S. (1991, April). Rapid Prototyping Systems. *Mechanical Engineering*, 113(4), 34.
- B-tree.* (2018). Ανάκτηση 2 17, 2018, από Wikipedia: The Free Encyclopedia:
<http://en.wikipedia.org/wiki/B-tree>
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2001). *Introduction to Algorithms, Second Edition*. MIT Press and McGraw-Hill. Ανάκτηση 2 20, 2018
- Disasters, C. f. (2011). *EM-DAT / The international disasters database*. Ανάκτηση 2 20, 2018, από Université catholique de Louvain: <http://www.emdat.be/>
- Geographic information system.* (2018). Ανάκτηση 2 15, 2018, από Wikipedia: The Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- GLIDENumber V2.0.* (2018). Ανάκτηση από
<http://www.glidenumber.net/glide/public/search/search.jsp>
- Green III, W. (2011, January). The Disaster Database Project.
- Koukoutsis, E., Ballis, A., Koukoutsis, Y., & Koutoumanos, A. (2006). The European Transport-Policy Information System (ETIS): Overview and Assessment of the GIS Component.
- Koukoutsis, E., Koukoutsis, Y., Papaodysseus, C., Moschovou, T., & Ballis, A. (2004). ETIS-Agent: Metadata Collection Specifications. *Deliverable D1.2*.
- Koukoutsis, E., Papaodysseus, C., Karadimas, N. V., & Ballis, A. (2008). DESIGNING A FLEXIBLE, HIGHLY ADAPTABLE AND GRACEFULLY EXPANDABLE INFORMATION SYSTEM FOR THE IMPLEMENTATION OF COMPLEX DECISION SUPPORT SYSTEMS. *International Journal of Simulation*, 7, 4-5.
- Li, P., & Meng, H. (2015). A Earthquake Damage Prediction System in Langfang Based on ArcGIS. *The Open Civil Engineering Journal*, 9(1). Ανάκτηση 2 21, 2018, από <http://benthamopen.com/contents/pdf/tociej/tociej-9-768.pdf>
- Management, F. D. (2006). *Florida Division of Emergency Management - News Archive*. Ανάκτηση 2 21, 2018, από http://www.floridadisaster.org/archive_news/archive_news.htm
- Microsoft SQL Server.* (2018). Ανάκτηση 2 14, 2018, από Wikipedia: The Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server
- NatCatSERVICE.* (χ.χ.). Ανάκτηση 2018, από Munich Re:
<https://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html>
- NoSQL.* (2018). Ανάκτηση 2 16, 2018, από Wikipedia: The Free Encyclopedia:
<http://en.wikipedia.org/wiki/NoSQL>
- NoSQL Databases.* (2018). Ανάκτηση από Basho: <http://basho.com/resources/nosql-databases/>
- NOSQL Databases.* (2018). Ανάκτηση από <http://nosql-database.org/>
- NoSQL Databases Explained.* (2018, 01). Ανάκτηση από MongoDB:
<https://www.mongodb.com/nosql-explained>

- NoSQL Databases: An Overview.* (2018). Ανάκτηση January 2018, από ThoughtWorks:
<https://www.thoughtworks.com/insights/blog/nosql-databases-overview>
- Pezzey, J. C., & Toman, M. A. (2002). *The Economics of Sustainability: A Review of Journal Articles*. Ανάκτηση 2 21, 2018, από <http://rff.org/documents/rff-dp-02-03.pdf>
- Rapid prototyping.* (2018). Retrieved 2 14, 2018, from Wikipedia: The Free Encyclopedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_prototyping
- SHELDUS™ / Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States.* (2018).
 Ανάκτηση από <http://hvri.geog.sc.edu/SHELDUS/>
- Software prototyping.* (2018). Ανάκτηση 2 14, 2018, από Wikipedia: The Free Encyclopedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Software_prototyping
- Steiniger, S., & Bocher, E. (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(10), 1345-1370. Ανάκτηση 2 15, 2018, από <http://tandfonline.com/doi/10.1080/13658810802634956>
- Tamassia, M. T. (2002). *Algorithm Design: Foundations, Analysis, and Internet Examples*. John Wiley & Sons. Ανάκτηση 2 20, 2018
- The Canadian Disaster Database.* (χ.χ.). Ανάκτηση 2 20, 2018, από Public Safety:
<http://www.publicsafety.gc.ca/prg/em/cdd/index-eng.aspx>
- The Office of the Secretary of Transportation (OST-R) - Intelligent Transportation Systems (ITS).* (2018). Ανάκτηση 2 20, 2018, από <http://www.its.dot.gov/>
- TRIMIS.* (2018, January). Ανάκτηση από TRIMIS - Transport Research and Innovation Monitoring and Information Systems: <http://trimis.ec.europa.eu/>
- Welcome to Python.org.* (2018). Ανάκτηση από Python.org: <https://www.python.org/about/>
- What is NoSQL? – Amazon Web Services (AWS).* (2018). Ανάκτηση από Amazon Web Services, Inc.: [//aws.amazon.com/nosql/](http://aws.amazon.com/nosql/)
- Yang, H., Shen, D., & Huang, H. (2015). A WebGIS-based monitoring and early-warning system for geological disasters. *Geoinformatics FCE CTU*, 1-6. Ανάκτηση 2 21, 2018, από <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/geoinformatics/geoinformatics2015.html>
- Zêzere, J. L., Pereira, S., Tavares, A. O., Bateira, C., Trigo, R. M., Quaresma, I., . . . Verde, J. (2014). DISASTER: a GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Natural Hazards*, 72(2), 503-532. Ανάκτηση 2 21, 2018, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-013-1018-y>
- Zsofia, K., & Tom, D. G. (2007). *The Global Flood Detection System*. Ανάκτηση 2 20, 2018, από http://unisdr.org/files/9622_lbna23303enc002.pdf
- Zürichprozess. (χ.χ.). *General Method of CAFT*. Ανάκτηση 2018, από Zürich Process – cooperation of transport ministers of alpine countries: <http://www.zurich-process.org/en/statistics/general-method-of-caft/>
- Βρυζάλας, Α., & Κουκούτσης, Η. (2016). *ΕΙΔΙΚΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗ, ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Καραδήμας, Ν., Κουκούτσης, Η., Στέκος, Α., Παπαοδυσσεύς, Κ., Φωτόπουλος, Ε., & Τσαβδαρίδης, Γ. (2013). Μία νέα μεθοδολογία για τον Χειρισμό Σύνθετης και Πολυθεματικής Γεωσυσχετισμένης πληροφορίας σε Μεγάλης-Κλίμακας Υπολογιστικά Συστήματα. Στο N. J. Daras (Επιμ.), *2ο Διεθνές Συνέδριο για Εφαρμογές Μαθηματικών και Πληροφορικής στη Στρατιωτική Επιστήμη*. Αθήνα: Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων.

- Κουκούτσης, Η., Καραδήμας, Ν., Τσαβδαρίδης, Γ., Φωτόπουλος, Ε., & Στέκος, Α. (2013). Ειδικές Προϋποθέσεις για τη Απόκτηση και Οργάνωση Γεωσυσχετισμένων Δεδομένων σε Πληροφοριακά Συστήματα για τον Έλεγχο και την Παρακολούθηση Στρατιωτικών Επιχειρησιακών Διαδικασιών. In N. Daras (Ed.), *2ο Διεθνές Συνέδριο για Εφαρμογές Μαθηματικών και Πληροφορικής στη Στρατιωτική Επιστήμη*. Αθήνα: Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων.
- Μπαλλής, Θ. (2013). *Ανάπτυξη εφαρμογής εύρεσης βέλτιστης διαδρομής σε περιβάλλον GIS - Εφαρμογή στο ευρωπαϊκό δίκτυο συνδυασμένων μεταφορών*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Τσαβδαρίδης, Γ., & Κουκούτσης, Η. (2013). *Ανάγκες Ειδικού Χειρισμού Γεωσυσχετισμένης Πληροφορίας σε Συστήματα Διαχείρισης Κρίσεων και Παρακολούθησης και Ελέγχου Επιχειρησιακών Χειρισμών*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Τσαβδαρίδης, Γ., Τσακαλίδου, Π., Φωτόπουλος, Ε., & Κουκούτσης, Η. (2014). *Ανάγκες γεωσυσχετισμένης πληροφορίας για την υποστήριξη Συστημάτων Παρακολούθησης και Ελέγχου Επιχειρησιακών Διαδικασιών*. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGIS, Δεκέμβριος 11-12*. Αθήνα: Hellenic Company of Georeferenced Information Systems.
- Τσακαλίδου, Π., Κουκούτσης, Η., Μπαλλής, Θ., Μπαλλής, Α., & Φωτόπουλος, Ε. (2014). *Μελέτη και ανάπτυξη δυναμικών δομών περιγραφής της υποδομής μεταφορών για την αποτελεσματική εφαρμογή υπολογιστικών μοντέλων*. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGIS, Δεκέμβριος 11-12*. Αθήνα: Hellenic Company of Georeferenced Information Systems.
- Τσατσάνης, Α., & Κουκούτσης, Η. (2014). *Εφαρμογή Βασικών Αλγορίθμων Εύρεσης Βέλτιστης Διαδρομής σε Δίκτυα Μεταφορών*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Φωτόπουλος, Ε., Τσακαλίδου, Π., Κουκούτσης, Η., Μαυριάς, Ά., & Τσαπραλής, Ε. (2014). *Λειτουργική Αναβάθμιση της εσωτερικής αρχιτεκτονικής της γεωσυσχετισμένης πληροφορίας Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων και Χάραξης Πολιτικής Συγκοινωνιών και Μεταφορών σε Ευρωπαϊκό επίπεδο*. Αναγκαία σχετικά εργαλεία λογισμικού. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGIS, Δεκέμβριος 11-12*. Αθήνα: Hellenic Company of Georeferenced Information Systems.