



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Ανάπτυξη βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS για την καταχώρηση και αξιοποίηση των ερευνητικών έργων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής



Ευθυμίου Σαββούλα Μαρία & Θυμιανός Στέλιος Χριστόφορος

Επιβλέπων: Μπαλλής Αθανάσιος, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μας εργασία και το σύνολο των σπουδών μας στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές μας για τις γνώσεις που μας παρείχαν και τον τρόπο σκέψης που μας ενέπνευσαν, και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της εργασίας μας, Αναπληρωτή Καθηγητή Αθανάσιο Μπαλλή, για τη βοήθεια, την καθοδήγηση και την στήριξή του καθ' όλο το διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, καθώς και την εξεταστική μας επιτροπή: κ. Βούλα Ψαράκη – Καλουπτσίδη, Αναπληρώτρια καθηγήτρια και κ. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη καθηγήτρια.

Ακόμη, οφείλουμε ευχαριστίες στην κ. Τατιάνα Μοσχόβου, Ε.ΔΙ.Π. και την κ. Εύη Σφακιανάκη, Ε.Τ.Ε.Π. για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθειά τους, καθώς και στον κ. Ηλία Κουκούτση, Επίκουρο καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ευχαριστούμε επίσης θερμά τον κ. Χαράλαμπο Μπαμπαλή, Υποψήφιο Διδάκτωρ, για τη βοήθειά του σε τεχνικά θέματα και τον κ. Στέλιο Πέτκογλου της Marathon Data Systems για την εξαιρετική συνεργασία του σε τεχνικά θέματα που αφορούσαν εξειδικευμένα λογισμικά.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά, ο καθένας ξεχωριστά, τις οικογένειές μας, για τη στήριξη και την πίστη στις δυνατότητές μας όλα αυτά τα χρόνια.

Ευθυμίου Γ. Σαββούλα Μαρία & Θυμιανός Χ. Στέλιος Χριστόφορος

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Την παρούσα εργασία αφιερώνω στη μνήμη του πατέρα μου, Γεωργίου Ευθυμίου.

Ευθυμίου Γ. Σαββούλα Μαρία

Περίληψη

Τίτλος: Ανάπτυξη βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS για την καταχώρηση και αξιοποίηση των ερευνητικών έργων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Φοιτητές: Ευθυμίου Σαββούλα Μαρία και Θυμιανός Στέλιος Χριστόφορος

Επιβλέπων: Μπαλλής Αθανάσιος, Αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων για την καταχώρηση και αξιοποίηση των ερευνητικών έργων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, ώστε αυτά να είναι εύκολα προσβάσιμα σε ερευνητές και σπουδαστές. Η βάση αναπτύσσεται κατά το πρότυπο του Ευρωπαϊκού προγράμματος ETIS. Αρχικά, μελετάται η αρχιτεκτονική του συστήματος και επιλέγονται τα λογισμικά από τα οποία απαρτίζεται (ArcMap, ArcSDE, βάση SQL Server). Ακολουθεί η υλοποίηση του συστήματος (γεωγραφική βάση δεδομένων) και η επιλογή κατάλληλων τεχνικών εισόδου δεδομένων και διαδικασιών ελέγχου. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή στοιχείων από ερευνητικά έργα και διπλωματικές εργασίες (περιγραφικά δεδομένα και χάρτες σε περιβάλλον GIS) και αναπτύχθηκαν δύο εφαρμογές: (α) διερεύνηση για τη νέα σιδηροδρομική σήραγγα Gotthard και (β) διαδικτυακή φόρμα συλλογής στοιχείων για λιμένες της Μεσογείου. Τέλος, συντάχθηκε ένα εγχειρίδιο χρήσης GIS προσαρμοσμένο σε συνθήκες απαιτήσεις ενός συγκοινωνιολόγου μηχανικού (επέκταση και τροποποίηση υφιστάμενων δικτύων, προσθήκη νέων δικτύων, αλλαγή χρωμάτων συνδέσμων του δικτύου ανάλογα με την κυκλοφορία κλπ).

Λέξεις – κλειδιά: Γεωγραφική βάση δεδομένων, περιβάλλον GIS, ETIS, ερευνητικά έργα

Abstract

Title: Database development in GIS environment for the recording of the research projects undertaken by the Department of Transportation Planning and Engineering

Students: Efthymiou Savvoula Maria & Thymianos Stelios Christoforos

Supervisor: Ballis Athanasios, Associate Professor NTUA

The purpose of this diploma thesis is the generation of a geographic database that will keep record of the research projects undertaken by the Department of Transportation Planning and Engineering, School of Civil Engineering, that these will be fully accessible to both researchers and students. The database under investigation is advanced in accordance with the Standard of the European Program, ETIS. Initially, the architecture of the system is examined and the software packages that compose it, are chosen (ArcMap, ArcSDE, database SQL Server). Furthermore, input of data taken from various research projects and diploma theses was carried out, including attribute data and maps in GIS environment. Following this, two different applications were developed: a) the first one conducts an investigation related to the new "Gotthard Basis Tunnel" and, b) the second one generates an online form that collects various data regarding ports in Mediterranean Sea. Finally, a user GIS manual was created, particularly tailored for the usual requirements of a transportation engineer (i.e. expansion and amendment of existing networks, addition of new networks, change of colors related to the network link in accordance with the current circulation status, etc).

Keywords: Geographic Database, GIS environment, ETIS, Research Projects

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 Η αναγκαιότητα των δεδομένων στην επίλυση συγκοινωνιακών προβλημάτων	13
1.2 Στόχος και διάρθρωση εργασίας	15
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	17
2.1 Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	17
2.2 Εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στις μεταφορές και συγκοινωνιακές υποδομές	22
2.2.1 Εφαρμογές στην κατασκευή και συντήρηση συγκοινωνιακών δικτύων ...	24
2.2.2 Εφαρμογές στην οργάνωση και λειτουργία συγκοινωνιακών δικτύων	27
3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	37
3.1 Αρχιτεκτονική συστήματος	37
3.2 Το λογισμικό ArcGIS	38
3.2.1 Τύποι δεδομένων	39
3.2.2 Σύνδεση χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας	42
3.2.3 Η έννοια της γεωβάσης	43
3.2.4 Γεωγραφικό σύστημα αναφοράς	45
3.2.5 Το ενδιάμεσο λογισμικό ArcSDE	47
3.3 Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων	48
3.3.1 Μοντέλα βάσεων δεδομένων.....	48
3.3.2 Το σχεσιακό μοντέλο	51
3.3.3 Επιλογή Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων	53
3.4 Χρήστες και δικαιώματα	55
3.5 Στρατηγικές διαχείρισης των δεδομένων της γεωβάσης.....	58
3.5.1 Μέθοδος εργασίας με “nonversioned data”	58
3.5.2 Μέθοδος εργασίας με “versioned data”	59

3.6	Τεχνικές εισόδου	61
3.6.1	Πληκτρολόγηση δεδομένων	61
3.6.2	Εισαγωγή νέου υπολογιστικού φύλλου – πίνακα ή βάσης δεδομένων	62
3.6.3	Google Forms (Google Docs).....	67
3.6.4	Εισαγωγή κλάσης στοιχείων.....	70
3.7	Τελική μορφή του συστήματος	71
4.	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS	72
4.1	Δημιουργία γεωβάσης.....	73
4.2	Δημιουργία συνόλων κλάσεων στοιχείων.....	73
4.3	Καθορισμός απαιτούμενων κλάσεων στοιχείων κάθε ερευνητικού έργου ...	74
4.4	Αναγνώριση οντοτήτων του πραγματικού κόσμου σε περιβάλλον GIS	75
4.5	Διαθέσιμα θεματικά επίπεδα	76
4.5.1	Τα δίκτυα του ETIS.....	76
4.5.2	Ερευνητικά έργα/Διπλωματικές εργασίες σπουδαστών.....	80
4.5.3	Χαρτογραφικό υπόβαθρο	81
4.5.4	Metadata	83
4.5.5	Νομενκλατούρες.....	83
5.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΓΕΩΒΑΣΗΣ.....	84
5.1	Το έργο GIFT – Βελτίωση σιδηροδρομικού δικτύου του Πανευρωπαϊκού Διαδρόμου IV με σκοπό την προώθηση των πράσινων συνδυασμένων εμπορευματικών μεταφορών	84
5.2	Διερεύνηση ανταγωνιστικότητας εμπορευματικής σιδηροδρομικής υπηρεσίας «Λιμένας Πειραιά – Σταθμός Παρντουμπίτσας» σχετικά με εξυπηρετήσεις από Λιμένες Αδριατικής.....	90
5.3	Διερεύνηση γενικών και ειδικών απαιτήσεων για σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων σε επιχειρήσεις της Βόρειας Ελλάδας	96
5.4	Επικαιροποίηση στοιχείων επιλεγμένων λιμένων Μεσογείου.....	99

5.5	Εφαρμογή για τη νέα σιδηροδρομική σήραγγα Gotthard της Ελβετίας και την εναλλακτική διαδρομή της.....	103
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	109
7.	ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	110
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	112

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χάρτης παρουσίασης των αλλαγών που πραγματοποιούνται στο δίκτυο της δημοτικής συγκοινωνίας του Δήμου Αμαρουσίου	25
Εικόνα 2: Βελτιστοποίηση στάσεων στην πόλη Wuhan, Κίνα	26
Εικόνα 3: Χάρτης προτεραιότητας συντήρησης στα βουνά του Νεπάλ	27
Εικόνα 4: Καιρικές συνθήκες σε συγκεκριμένη ώρα στην περιοχή μελέτης	28
Εικόνα 5: Σενάρια εναλλακτικών διαδρομών	29
Εικόνα 6: Μεθοδολογία για τον τελικό διαχωρισμό των οδικών αξόνων	30
Εικόνα 7: Η προσβασιμότητα της περιοχής Port Au Prince της Αϊτής μετά το σεισμό	31
Εικόνα 8: Το οδικό δίκτυο της Riyadh	32
Εικόνα 9: Ζώνες πρόσκρουσης για διαφορετικές ποσότητες απελευθέρωσης αμμωνίας	34
Εικόνα 10: Τελικός δείκτης περπατησιμότητας Δ. Χαλανδρίου - Διαδικασία AHP ...	35
Εικόνα 11: Διαχείριση στόλου οχημάτων της Αττικής Οδού	36
Εικόνα 12: Απεικόνιση πραγματικού κόσμου μέσω διανυσματικών και ψηφιοποιημένων δεδομένων	41
Εικόνα 13: Attribute Table (Πινακοποιημένα δεδομένα)	42
Εικόνα 14: Μια γεωβάση με τα πιθανά περιεχόμενά της	44
Εικόνα 15: Γεωγραφικές συντεταγμένες	46
Εικόνα 16: Γεωγραφικό πλάτος και Γεωγραφικό Μήκος	46
Εικόνα 17: Χρήστες που απαρτίζουν το σύστημα	55
Εικόνα 18: Το παράθυρο παραχώρησης δικαιωμάτων	56
Εικόνα 19: Η εργασία με Versions	59
Εικόνα 20: Παράδειγμα μιας version	60
Εικόνα 21: “Version Manager”	60
Εικόνα 22: Table of Contents	62
Εικόνα 23: Join Data	64
Εικόνα 24: Παράδειγμα εισαγωγής σημείων με γεωγραφικές συντεταγμένες	65
Εικόνα 25: Προσθήκη λειτουργίας OLE DB	66
Εικόνα 26: Επιλογή βάσης δεδομένων	67
Εικόνα 27: Δημιουργία Φόρμας μέσω Google Docs	69
Εικόνα 28: Σύνδεση φόρμας με υπολογιστικό φύλλο	70

Εικόνα 29: Ομαδοποίηση σε feature datasets κατά ερευνητικό έργο	74
Εικόνα 30: Το οδικό και θαλάσσιο δίκτυο του ETIS	77
Εικόνα 31: Το σιδηροδρομικό δίκτυο του ETIS	78
Εικόνα 32: Οι λιμένες του ETIS	79
Εικόνα 33: Οι χερσαίοι τερματικοί σταθμοί του ETIS	80
Εικόνα 34: Οι διαθέσιμοι basemaps του ArcGIS Desktop	82
Εικόνα 35: Πανευρωπαϊκός Διάδρομος IV	86
Εικόνα 36: Χαρτογραφική απεικόνιση των διαδρομών, κατά μήκος του Πανευρωπαϊκού Διαδρόμου IV	88
Εικόνα 37: Διάδρομος IV, μονή/διπλή γραμμή, ηλεκτροκίνηση/χωρίς ηλεκτροκίνηση	89
Εικόνα 38: Διάδρομος IV, απεικόνιση κυκλοφορίας	89
Εικόνα 39: Διαδρομή Rijeka – Pardubice	92
Εικόνα 40: Διαδρομή Koper – Pardubice	93
Εικόνα 41: Διαδρομή Trieste – Pardubice	94
Εικόνα 42: Διαδρομή Piraeus – Pardubice	95
Εικόνα 43: Αποτύπωση σιδηροδρομικού δικτύου ΟΣΕ και επιχειρήσεων	98
Εικόνα 44: Μορφή υπολογιστικού φύλλου που διαμοιράστηκε στους φοιτητές	100
Εικόνα 45: Το ερωτηματολόγιο «Συλλογή στοιχείων για τους λιμένες της Μεσογείου»	101
Εικόνα 46: Απεικόνιση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων για επιλεγμένα έτη	102
Εικόνα 47: Διαδρομή Λιμάνι Ρότερνταμ – Λιμάνι Γένοβας	104
Εικόνα 48: Διαδρομή Gotthard Base Tunnel	105
Εικόνα 49: Απεικόνιση και εντοπισμός σηράγγων μέσω GIS	107
Εικόνα 50: Οι εναλλακτικές διαδρομές του έργου	108

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τα λογισμικά GIS που εξετάστηκαν	39
Πίνακας 2: Το σύνολο οντοτήτων «Δραστηριότητες»	51
Πίνακας 3: Απαιτούμενες κλάσεις στοιχείων κατά ερευνητικό έργο	74
Πίνακας 4: Η γεωμετρία των κλάσεων του ETIS	75
Πίνακας 5: Τεχνικά στοιχεία Διαδρόμου IV	85
Πίνακας 6: Υφιστάμενα σενάρια	87

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Λειτουργία ενός ΓΣΠ	18
Σχήμα 2: Τα συστατικά ενός GIS.....	19
Σχήμα 3: Η αρχιτεκτονική του συστήματος.....	37
Σχήμα 4: Μορφές δεδομένων σε Γ.Σ.Π.	40
Σχήμα 5: Ο ArcSDE στο σύστημα	47
Σχήμα 6: Ιεραρχικό μοντέλο	49
Σχήμα 7: Δικτυωτό μοντέλο.....	49
Σχήμα 8: Σχεσιακό μοντέλο με κλειδί το πεδίο «IATA»	50
Σχήμα 9: Πολλαπλότητα σχέσεων (α) Ένα προς ένα, (β) Ένα προς πολλά, (γ) Πολλά προς πολλά.....	53
Σχήμα 10: Τεχνολογία ArcSDE και υποστηριζόμενα λογισμικά.....	54
Σχήμα 11: Τελική μορφή συστήματος	71
Σχήμα 12: Ανάπτυξη βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS	72
Σχήμα 13: Μεθοδολογικό πλαίσιο εργασίας	97

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η αναγκαιότητα των δεδομένων στην επίλυση συγκοινωνιακών προβλημάτων

Για τη σωστή και ομαλή λειτουργία της κοινωνίας, καθώς και για την εξέλιξή της σε διάφορους τομείς είναι απαραίτητη η σωστή λήψη αποφάσεων και η αξιολόγηση αυτών σε μια περιοχή. Έτσι, επιτυγχάνεται η διαμόρφωση της γενικής εικόνας της σύγχρονης κοινωνίας και η αξιολόγηση των πολιτικών. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η συλλογή στατιστικών στοιχείων και η συγκέντρωση αυτών σε βάσεις δεδομένων, ώστε να είναι διαθέσιμα στους φορείς λήψης αποφάσεων, στην τοπική αυτοδιοίκηση, στο κοινό και στα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο αυτό το σκοπό καλείται να πραγματοποιήσει η Eurostat.

Η Eurostat είναι στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και βρίσκεται στο Λουξεμβούργο και ο στόχος της είναι η παροχή στατιστικών στοιχείων υψηλής ακρίβειας για την περιοχή της Ευρώπης. Ιδρύθηκε το 1953 με αρχικό σκοπό την κάλυψη των αναγκών για τις κοινότητες άνθρακα και χάλυβα. Σήμερα το έργο της έχει διευρυνθεί και πλέον εφοδιάζει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα υπόλοιπα θεσμικά όργανα με δεδομένα, ώστε να είναι σε θέση να καθορίζουν, να εφαρμόζουν και να αναλύουν τις πολιτικές. Βασικό καθήκον της λοιπόν, είναι να παρέχει στην Ευρωπαϊκή Ένωση στατιστικά στοιχεία σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, που επιτρέπουν τις συγκρίσεις σε χώρες και περιφέρειες. Η Eurostat προσφέρει ένα ευρύ φάσμα σημαντικών στοιχείων με αποτέλεσμα αυτά να χρησιμοποιούνται από τις κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις, την παιδεία, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το κοινό στην εργασία τους και την καθημερινή τους ζωή. [1]

Σε πολλές όμως περιπτώσεις αντιλαμβανόμαστε ότι εκτός των πληροφοριών που παρέχονται από τις κλασικές βάσεις δεδομένων, είναι απαραίτητος και ο συνδυασμός τους με γεωγραφικά στοιχεία. Ήδη η Eurostat έχει εφαρμόσει αυτή την τακτική, για μικρό αριθμό περιπτώσεων. Στον τομέα των μεταφορών, παρατηρείται ότι το δίκτυο έχει εξαπλωθεί, γεγονός που συνεπάγεται τη δυσκολία συστηματικού και έγκαιρου εντοπισμού των προβλημάτων σε αυτό. Οι συνέπειες αυτές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο όσον αφορά τη σωστή λειτουργία του δικτύου και συνεπώς των μεταφορών. Για το λόγο αυτό, καθώς και για τη σωστή διερεύνηση για την επίλυση

των προβλημάτων, για τη βέλτιστη λειτουργία των δικτύων, για τη διευκόλυνση της σωστής διαχείρισης και για τη μελέτη που αφορά θέματα κατασκευής κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη κατάλληλων μοντέλων που αντιπροσωπεύουν τα δίκτυα όσο το δυνατόν πιο ικανοποιητικά και η λεπτομερής καταγραφή πληροφοριών που τα αφορούν. Ο συνδυασμός των παρεχόμενων πληροφοριών με τη μοντελοποίηση των δικτύων συμβάλλει στο έργο των υπευθύνων για το σχεδιασμό, στις διαδικασίες βελτιστοποίησης και στην εκτίμηση πιθανών επιπτώσεων αναφορικά με τις πολιτικές που είναι σχετιζόμενες με τη διακίνηση εμπορευμάτων και επιβατών.

Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από το πρόγραμμα ETIS (Europe Transport Policy Information System), που έχει ορισθεί ως ένα σύστημα πληροφοριών με απώτερο σκοπό την υποστήριξη στην ανάλυση και χάραξη πολιτικής [2]. Αναπτύχθηκε έπειτα από συστηματική έρευνα και συλλογή δεδομένων πολλών προγραμμάτων που χρηματοδοτήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από τη Eurostat. Στόχο του προγράμματος αποτελεί η δημιουργία κοινής βάσης δεδομένων για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε συνδυασμό με την μοντελοποίηση των δικτύων. Με λίγα λόγια πρόκειται για μια διαδικτυακή πλατφόρμα πληροφοριών, η οποία παρέχει τη δυνατότητα τροφοδότησης των διαφόρων μοντέλων και σεναρίων με κατάλληλα στοιχεία και συγκεντρώνει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτά. Το αρχικό στάδιο εφαρμόσθηκε το 2005 και πλέον λειτουργεί το ETIS-Plus από το 2010. Στόχος του ETIS-Plus είναι η βελτίωση των περιεχομένων του ETIS και των εργαλείων του, με τη χρήση των αποτελεσμάτων συγκεκριμένων προγενέστερων προγραμμάτων, την ενημέρωση της βάσης δεδομένων του ETIS και την αύξηση της γεωγραφικής του κάλυψης. Στο ETIS-Plus συμπεριλαμβάνεται ένα διαδικτυακό σύστημα αποτύπωσης σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών του δικτύου πληροφοριών του ETIS.

Πολλοί τομείς, όπως η γεωγραφία, εδαφολογία, τηλεπισκόπηση, πολεοδομία και γεωδαισία επιδιώκουν να καθιερωθεί ένα πλαίσιο λειτουργιών για συλλογή, επεξεργασία, ανάκτηση, αποθήκευση, μετασχηματισμό, ανάλυση και απόδοση της γεωγραφικής πληροφορίας (δεδομένα του πραγματικού χώρου), προκειμένου να εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς. Αυτό το πλαίσιο λειτουργιών επιδιώκει ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. [3]

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), ευρύτερα γνωστά ως GIS (Geographic Information Systems), παρέχουν νέες μεθόδους και έργα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης στοιχείων που βρίσκονται στο χώρο και έχουν γεωγραφικές διαστάσεις. Έτσι, πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα σχεδιασμένα για να υποστηρίξουν τη συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μοντελοποίηση και απεικόνιση δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο και μεταβάλλονται στο χρόνο. [4]

1.2 Στόχος και διάρθρωση εργασίας

Ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχει συμμετάσχει σε σημαντικό αριθμό ερευνητικών έργων και έχει να παρουσιάσει πολλές διπλωματικές εργασίες. Τα έργα αυτά είναι διαθέσιμα με τη μορφή εγγράφων και τα στοιχεία που έχουν χρησιμοποιηθεί καθώς και τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει, βρίσκονται καταχωρημένα στα συστήματα του κάθε καθηγητή ξεχωριστά, τη στιγμή που θα μπορούσαν να είναι αντικείμενα εκμετάλλευσης των φοιτητών που θα ακολουθήσουν. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη οργάνωσης των δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μια κοινή βάση δεδομένων, ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμα σε μετέπειτα φοιτητές και ερευνητές.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η καταχώρηση και αξιοποίηση των ερευνητικών έργων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής μέσω της ανάπτυξης βάσης δεδομένων σε περιβάλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Η βάση αυτή είναι πολλαπλών χρηστών, ώστε να έχει ο κάθε χρήστης τη δυνατότητα προβολής και, σε κάποιες περιπτώσεις, επεξεργασίας δεδομένων παλαιότερων έργων, καθώς και την ενημέρωση της βάσης με το προσωπικό του έργο. Επιπλέον, τα σημαντικότερα δεδομένα που παρέχονται είναι του ETIS [2], με απώτερο σκοπό την κοινή ονοματολογία και χρήση κοινών δικτύων, ώστε τα στοιχεία που δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές να έχουν τη δυνατότητα μετέπειτα συνδυασμού μεταξύ τους.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζεται σε πέντε ενότητες. Στην πρώτη, που αποτελεί και την εισαγωγή, αναφέρονται βασικές έννοιες αναφορικά με την αναγκαιότητα οργάνωσης και συγκέντρωσης των δεδομένων για την επίλυση συγκοινωνιακών

προβλημάτων, με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και με τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων. Ακολουθεί η βιβλιογραφική επισκόπηση, όπου παρουσιάζονται μελέτες που έχουν διεκπεραιωθεί με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και έτσι τονίζεται η συμβολή τους στα έργα και τις μελέτες των Συγκοινωνιολόγων Μηχανικών.

Στην τρίτη ενότητα αναλύεται η αρχιτεκτονική του συστήματος που αναπτύσσεται, αναλύονται οι έννοιες που έχουν χρησιμοποιηθεί, παρουσιάζεται η δομή και η τελική μορφή του συστήματος. Επιπλέον, αναφέρονται οι χρήστες που έχουν πρόσβαση και τα πιθανά δικαιώματά τους, καθώς και οι προοπτικές και εναλλακτικές λειτουργίες που μπορεί να έχει η γεωγραφική βάση δεδομένων στο μέλλον. Στην τέταρτη ενότητα, αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον εμπλουτισμό της βάσης. Στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζεται η αναλυτική περιγραφή ερευνητικών έργων που περιέχονται και έχουν εκπονηθεί στο παρελθόν. Επιπλέον, περιγράφεται και μία επιπλέον εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε για την αποτύπωση νέας διαδρομής στο περιβάλλον GIS και τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας συγκριτικά με την εναλλακτική διαδρομή της, μέσω του υπολογισμού προφίλ κλίσεων για το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε. Τέλος, περιέχεται η αναλυτική μεθοδολογία εφαρμογής για την επικαιροποίηση στοιχείων λιμένων της Μεσογείου, στα πλαίσια του μαθήματος Συνδυασμένες Μεταφορές.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, ευρύτερα γνωστά ως GIS (Geographical Information Systems), διαχειρίζονται με αποτελεσματικό τρόπο την περιγραφική πληροφορία και τα χωρικά δεδομένα που μπορούν να συσχετιστούν με αυτή. Η ιδέα της οργάνωσης και συστηματοποίησης της γεωγραφικής πληροφορίας με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, εμφανίστηκε για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε τελικά στην εμφάνιση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών τη δεκαετία του 1980 [5].

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν πλέον εξειδικευμένα Πληροφοριακά Συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για τη γεωγραφική ανάλυση και χαρτογραφική απόδοση μιας πληθώρας χωρικά ή χωροχρονικά κατανεμημένων φαινομένων, γεγονότων και δραστηριοτήτων, που εκτείνονται από τις κοινωνικές επιστήμες μέχρι τις επιστήμες του φυσικού περιβάλλοντος, και από τη δημόσια διοίκηση μέχρι τη διαχείριση του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Έχουν γίνει τόσες πολλές προσπάθειες ορισμού ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ή Γ.Σ.Π. (Geographical Information System – GIS), που είναι δύσκολο να επιλέξει κανείς έναν αποκλειστικό ορισμό. Ο Maguire (1991) προσφέρει μια λίστα από έντεκα διαφορετικούς ορισμούς [6]. Αυτή η ποικιλία μπορεί να εξηγηθεί, σύμφωνα με τον Pickles (1995), από το γεγονός ότι κάθε ορισμός του Γ.Σ.Π. εξαρτάται από το ποιος τον ορίζει, την προϊστορία και τον σκοπό του. Επίσης ο Pickles θεωρεί ότι ο ορισμός των Γ.Σ.Π. είναι πολύ πιθανό να αλλάξει γρήγορα όσο η τεχνολογία και οι εφαρμογές συνεχώς αναπτύσσονται [7]. Το χαρακτηριστικό, όμως, που έχουν όλοι οι ορισμοί από κοινού είναι το γεγονός ότι τα περιγραφικά δεδομένα συνδέονται άμεσα με τους χάρτες.

Μερικοί από τους πιο σύντομους ορισμούς δίνουν μια ιδέα για το τι σημαίνει Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Για παράδειγμα κατά τον Rhind (1989) Γ.Σ.Π. είναι ένα σύστημα Η/Υ που μπορεί να αποθηκεύσει και να χρησιμοποιήσει δεδομένα που περιγράφουν τμήματα της γήινης επιφάνειας [8]. Κατά τον Burrough (1986) είναι ένα εργαλείο συλλογής, αποθήκευσης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και εμφάνισης χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο για συγκεκριμένους σκοπούς [9].

Επίσης σύμφωνα με την Υπηρεσία Περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου (Department of Environment, 1987) είναι ένα σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, ελέγχου, αναβάθμισης, χειρισμού, ανάλυσης και απεικόνισης δεδομένων, τα οποία αναφέρονται χωρικά στην γήινη επιφάνεια [10]. Γενικά μια απευθείας ανάλυση των αρχικών Γ.Σ.Π. δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα [11].

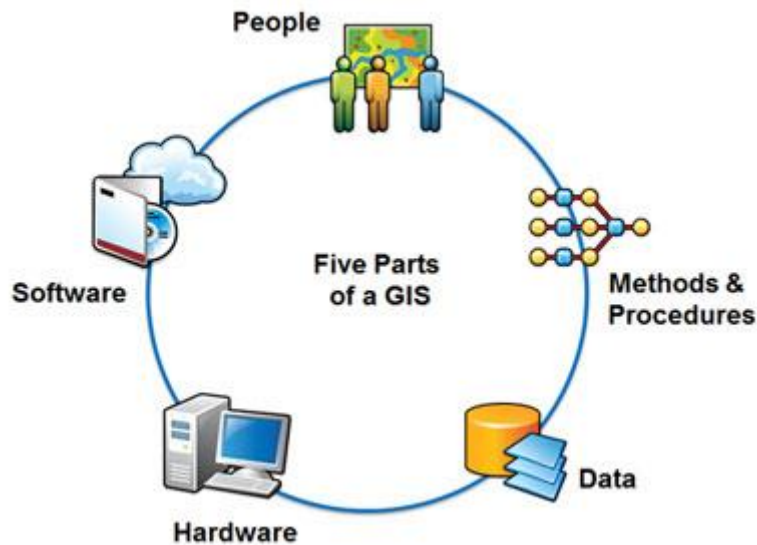
- Γεωγραφικά: Δηλώνει ενδιαφέρον για την χωρική ταυτότητα και την χρήση χωρικών (γεωγραφικών) δεδομένων.
- Συστήματα: Δηλώνει την ανάγκη για επιστημονικό προσωπικό, μονάδες υπολογιστών και λογισμικά τα οποία μπορούν να παράγουν τα δεδομένα που απαιτούνται για την λήψη αποφάσεων, δηλαδή συλλογή, αποθήκευση, έλεγχο, αναβάθμιση, χειρισμό, ανάλυση και απεικόνιση δεδομένων.
- Πληροφοριών: Δηλώνει την ανάγκη πληροφόρησης προκειμένου να παρθούν αποφάσεις. Οι πληροφορίες μέσω υπολογιστικών συστημάτων θα μετασχηματισθούν σε δεδομένα η ερμηνεία των οποίων θα χρησιμοποιηθούν στην λήψη αποφάσεων.

Το τελικό προϊόν των Γ.Σ.Π., όπως βλέπουμε στο Σχήμα 1, είναι οι θεματικοί χάρτες:



Σχήμα 1: Λειτουργία ενός ΓΣΠ

Τα πέντε «συστατικά» που ενοποιημένα απαρτίζουν ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι οι χρήστες, τα δεδομένα, οι μέθοδοι και διαδικασίες, ο εξοπλισμός και το λογισμικό. [12]



Σχήμα 2: Τα συστατικά ενός GIS

Τα πλεονεκτήματα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών όπως διατυπώθηκαν από τον Al – Ramadan το 2002 είναι τα ακόλουθα: [13]

- Ενσωμάτωση γεωγραφικών πληροφοριών για απεικόνιση και ανάλυση στο πλαίσιο ενός ενιαίου συνεπούς συστήματος
- Επιτρέπουν το χειρισμό και την προβολή γεωγραφικών γνώσεων με νέους και συναρπαστικούς τρόπους
- Μεταφορά γεωγραφικών πληροφοριών από το χαρτί σε ψηφιακή μορφή
- Σύνδεση της θέσης με τα χαρακτηριστικά στο πλαίσιο ενός ενιαίου συστήματος
- Παροχή δυνατότητας χειρισμού και ανάλυσης γεωγραφικών πληροφοριών με τρόπους που δεν είναι δυνατοί με το χέρι
- Αυτοματοποίηση της χαρτογράφησης, της παραγωγής και της ενημέρωσης
- Παροχή ενοποιημένης βάσης δεδομένων στην οποία μπορούν να έχουν πρόσβαση περισσότεροι του ενός χρηστών και υπηρεσιών
- Αποθήκευση γεωγραφικών πληροφοριών σε συνεχή και συνεκτικά στρώματα

Η χρήση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών συνεπάγεται την ύπαρξη και χρήση ενός Συστήματος Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων. Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων – ΣΔΒΔ (Database Management System – DBMS) καλείται ένα σύνολο από σχετιζόμενα δεδομένα και ένα σύνολο από προγράμματα που

χρησιμοποιούνται για πρόσβαση στα δεδομένα αυτά [14]. Αποτελεί δηλαδή, λογισμικό που είναι σχεδιασμένο ώστε να διευκολύνει τη χρήση και συντήρηση μεγάλου όγκου πληροφοριών. Ο βασικός στόχος ενός DBMS είναι να παρέχει έναν τρόπο να αποθηκεύονται και να ανακαλούνται πληροφορίες από τις βάσεις δεδομένων, που είναι βολικός και αποτελεσματικός [13]. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι η Oracle, Sybase, Informix, Microsoft Access και άλλα όσον αφορά τα εμπορικά λογισμικά και η mySQL, PostgreSQL κλπ όσον αφορά τα ελεύθερα λογισμικά.

Σύμφωνα με τους Burrough και McDonell (1998), σκοπός ενός Σ.Δ.Β.Δ. αναφορικά με ένα Γ.Σ.Π. είναι να καταστήσει τα δεδομένα του γρήγορα προσπελάσιμα σε σημαντικό αριθμό χρηστών, διασφαλίζοντας παράλληλα την ακεραιότητα τους, να προστατεύει τα δεδομένα από διαγραφή και φθορά, και να διευκολύνει την πρόσθεση, αφαίρεση και ενημέρωση των στοιχείων όταν απαιτείται [15]. Βέβαια για να μπορεί ένα Σ.Δ.Β.Δ. να επιτυγχάνει τέτοιους στόχους, θα πρέπει να έχει τις ακόλουθες δυνατότητες: [16]

- Να επιτρέπει την αποθήκευση, την ανάκληση καθώς και την επιλογή των δεδομένων με βάση ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά ή και σχέσεις.
- Να διαχωρίζει την αποθήκευση και ανάκληση των δεδομένων από την χρήση τους σε προγράμματα εφαρμογών εξασφαλίζοντας την ανεξαρτησία μεταξύ των διαδικασιών αυτών.
- Να παρέχει δίαυλο επικοινωνίας (interface) μεταξύ της βάσης δεδομένων και των προγραμμάτων εφαρμογών που βασίζονται στη λογική περιγραφή των δεδομένων
- Να ανεξαρτητοποιεί τις λειτουργίες πρόσβασης των δεδομένων στην διαδικασία των εφαρμογών από την ίδια τη δομή αποθήκευσής τους, έτσι ώστε πιθανές αλλαγές στα μέσα και τους τρόπους αποθήκευσης τους να μην επηρεάζει.
- Να επιτρέπει την πρόσβαση των δεδομένων ταυτόχρονα σε περισσότερους από έναν χρήστες.
- Να τυποποιεί την διαδικασία πρόσβασης στα δεδομένα, ομογενοποιώντας την.

- Να προστατεύει τη βάση δεδομένων από παράνομες και άστοχες επεμβάσεις και τροποποιήσεις.
- Να παρέχει αυστηρούς κανόνες σχετικά με τη συνοχή και τη συνέπεια των δεδομένων οι οποίοι εφαρμόζονται αυτόματα. Αυτοί οι κανόνες είναι ένας έξοχος τρόπος εξάλειψης των λαθών, των παραλήψεων και των ακολουθιών από τη βάση δεδομένων.

Μπορούμε να πούμε ότι τα Γ.Σ.Π. έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Εντούτοις, πολλοί θεωρούν ότι τα ίδια αποτελούν ένα τέτοιο σύστημα. Η λειτουργική πολυπλοκότητα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών καθιστά το σύστημα αυτό διαφορετικό από οποιοδήποτε άλλο, γεγονός που διαπιστώνεται από τα ακόλουθα:

- Χωρίς τη δυνατότητα οπτικοποίησης, είναι μόνο ένας μηχανισμός διαχείρισης βάσεων δεδομένων, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με τη σωστή ισχύ για την εξαγωγή σχέσεων μεταξύ οντοτήτων των δεδομένων.
- Χωρίς τη δυνατότητα ανάλυσης, θα μειωνόταν σε μια απλή αυτοματοποιημένη εφαρμογή χαρτογράφησης.
- Χωρίς τα χαρακτηριστικά διαχείρισης βάσεων δεδομένων, το GIS δε θα ήταν σε θέση να συλλάβει χωρικές και τοπολογικές σχέσεις μεταξύ οντοτήτων.

Αυτό που διαχωρίζει το GIS από τα άλλα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων ουσιαστικά δεν είναι η φύση των πληροφοριών που χειρίζονται [17]. Μπορεί πραγματικά τα δύο συστήματα να παρέχουν τις ίδιες πληροφορίες, όπως για παράδειγμα τα θανατηφόρα ατυχήματα που συμβαίνουν σε εθνικές οδούς μιας πολιτείας της Αμερικής. Ωστόσο, η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο με τον οποίο γίνεται αναφορά στα δεδομένα. Ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων αναφέρει τα ατυχήματα με κάποιο μοναδικό κλειδί, όπως η ημερομηνία του συμβάντος, ο τύπος του οχήματος κλπ. Αντίθετα, στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών τα δεδομένα σχετίζονται με τη γεωγραφική περιγραφή της επιφάνειας της Γης. Δηλαδή, κάθε εγγραφή ατυχήματος αποτελεί γεωγραφικό γεγονός, με την έννοια ότι συνδέεται με μια μοναδική τοποθεσία ορισμένη σε ένα σύστημα αναφοράς.

Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η διαφορά των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών από τα απλά Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων

αναλογιζόμαστε το ερώτημα «προσδιορισμός ατυχημάτων που σημειώθηκαν σε απόσταση εκατό μέτρων από κάθε φωτεινό σηματοδότη στις αστικές αρτηρίες». Είναι προφανές ότι μέσω Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων το ερώτημα αυτό είναι δυνατόν να απαντηθεί μόνο στην περίπτωση που έχουν καταγραφεί οι συγκεκριμένες πληροφορίες στη βάση δεδομένων. Αντίθετα, στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, δεδομένου ότι είναι καταγεγραμμένη η τοπολογία των αντικειμένων, το ερώτημα μπορεί να απαντηθεί ιδιαίτερα γρήγορα και με ακρίβεια.

2.2 Εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στις μεταφορές και συγκοινωνιακές υποδομές

Ένα σύστημα πληροφοριών, όπως το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, αποτελεί μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα που παίζει καθοριστικό ρόλο σε κάθε φάση του κύκλου ζωής των υποδομών. Η πρόοδος και η διαθεσιμότητα της εν λόγω τεχνολογίας, καθώς και το γεγονός ότι αποτελούν τεχνολογικά έξυπνα και βελτιωμένα πληροφοριακά συστήματα διευκόλυνε τους υπευθύνους για το σχεδιασμό, τη βελτιστοποίηση και τη λήψη αποφάσεων στον τομέα των μεταφορών και της ανάπτυξης υποδομών.

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορεί να βοηθήσει στην καταγραφή ολοκληρωμένων εργασιών και να την οπτικοποιήσει με τη μορφή θεματικών χαρτών, οι οποίοι με τη σειρά τους μας καθοδηγούν αναφορικά με το ρυθμό εργασιών και τις εργασίες που εκκρεμούν. Συνεπώς, αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για το μηχανικό σε διάφορους τομείς, όπως είναι οι παρακάτω:

Προγραμματισμός: Σημαντική συμβολή δεδομένου ότι παρέχει οργανωμένο σύνολο δεδομένων που βοηθά στην εξέταση σύνθετων σεναρίων σχετικά με την επιλογή της τοποθεσίας, τον αντίκτυπο στο περιβάλλον, τη διαχείριση κινδύνων σχετικά με τους φυσικούς πόρους, τη δρομολόγηση οδών και αγωγών και λοιπά.

Συλλογή δεδομένων: Τα Γ.Σ.Π. είναι εξοπλισμένα με όλα σχεδόν τα εργαλεία και τις λειτουργίες που επιτρέπουν στο χρήστη να έχει πρόσβαση στα απαιτούμενα δεδομένα. Είναι γνωστό ότι τα ακριβή και οργανωμένα δεδομένα αποτελούν βασικούς παράγοντες για την επίτευξη ενός επιτυχημένου έργου.

Ανάλυση: Η ανάλυση είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στον κύκλο ζωής των υποδομών και καθοδηγεί την ορθότητα σε κάθε σχεδιασμό. Μερικές από τις αναλύσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε Γ.Σ.Π. είναι ανάλυση κατανομής υδατικών πόρων, διαχείρισης κυκλοφορίας, εδάφους, περιβαλλοντικών επιπτώσεων, περιοχής λεκάνης απορροής, ποταμών ή καναλιών, θερμοκρασίας ή υγρασίας και λοιπά.

Κατασκευή: Είναι το στάδιο όπου οποιαδήποτε σχεδίαση μεταφέρεται στον πραγματικό κόσμο. Τα Γ.Σ.Π. βοηθούν τους Μηχανικούς να κατανοήσουν τις συνθήκες που επηρεάζουν το έργο και το κόστος του. Για παράδειγμα, μπορεί να λάβει υπ' όψιν του τις ώρες εργασίας, τις επιδράσεις των εποχιακών διακυμάνσεων, τις περιοχές όπου έχει ολοκληρωθεί ένα τμήμα του έργου (βοηθώντας στην εκτίμηση χρόνου και υπολειπόμενου κόστους), να επιτευχθεί βελτιστοποίηση διαδρομών για φορτηγά σκυροδέματος και λοιπά.

Η Αμερικανική Ένωση Εθνικών Οδών και Μεταφορών (AASHTO), έχει αναγνωρίσει από νωρίς την αναγκαιότητα και την αποτελεσματικότητα των Γ.Σ.Π. Έτσι, έχει πλέον αναπτυχθεί ένας ιδιαίτερα σημαντικός κλάδος των Γ.Σ.Π., ο οποίος βρίσκει εφαρμογή στα προβλήματα μεταφορών και καλείται με τον όρο Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για τις Μεταφορές (Geographic Information Systems for Transportation - GIS-T).

Σύμφωνα με τον Till (2000) οι μεταφορές αποτελούν μια καλά εδραιωμένη περιοχή των GIS και πλέον υπάρχει μια διακριτή GIS-T κοινότητα [18]. Αν και οι ορισμοί διαφέρουν, τα GIS - T ασχολούνται και με ένα διαφορετικό σύνολο θεμάτων μαζικής μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης των εγκαταστάσεων των μεταφορών, τη συνολική κατανομή της κυκλοφορίας και τις εφαρμογές εύρεσης διαδρομών. Σε γενικές γραμμές, ασχολούνται αποκλειστικά με δίκτυα μεταφοράς, παραδείγματος χάριν οδικών ή σιδηροδρομικών μέσα από ένα πλαίσιο γεωγραφικά ευρύτερης περιοχής. Πολλές GIS-T εφαρμογές απαιτούν την επέκταση της παραδοσιακής αναπαράστασης του χάρτη GIS σε μια αναπαράσταση του δικτύου για την υποστήριξη πλοήγησης [19] .

Υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα εφαρμογών των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα Γ.Σ.Π. στον τομέα των συγκοινωνιακών υποδομών και μεταφορών. Παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια ομαδοποίησης αυτών.

2.2.1 Εφαρμογές στην κατασκευή και συντήρηση συγκοινωνιακών δικτύων

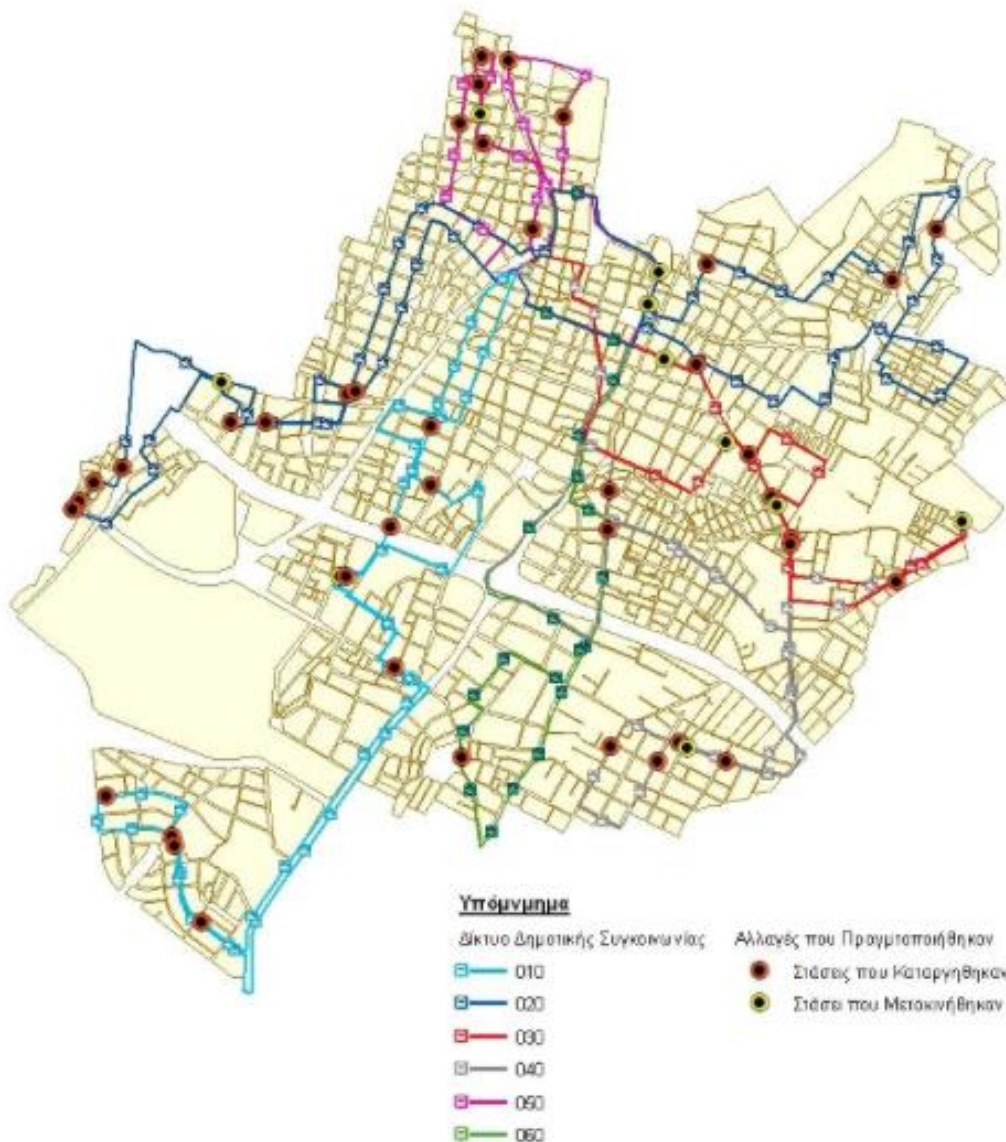
Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν οι διαδικασίες και τα εργαλεία που συμβάλλουν στην πιθανή επέκταση των συγκοινωνιακών δικτύων (π.χ. λεωφορειακή γραμμή, επέκταση λιμένα, αεροδρομίου και λοιπά), στον ανασχεδιασμό τους, για την καλύτερη απόδοση και λειτουργικότητά τους, όπως επίσης και οι διαδικασίες παρακολούθησης και συντήρησης αυτών.

Ένα παράδειγμα της κατηγορίας αυτής αποτελεί ο ανασχεδιασμός του δικτύου στάσεων στο Δήμο Αμαρουσίου [20]. Αρχικό βήμα της μελέτης αυτής ήταν ο προσδιορισμός ενός αναλυτικού πλαισίου αξιολόγησης σε περιβάλλον Γ.Σ.Π., για την τελική αξιολόγηση του υπάρχοντος δικτύου στάσεων του συγκεκριμένου Δήμου. Για το σκοπό αυτό έγινε εφαρμογή της τεχνικής της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Multicriteria Analysis), που είναι ένα μαθηματικό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων και συγκρίνει διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις ή σενάρια. Τα σενάρια αυτά βασίζονται σε διαφορετικά κριτήρια και περιορισμούς, προκειμένου να βοηθήσουν τον χρήστη, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων να λάβει μια πιο λογική και συνετή απόφαση. Πιο συγκεκριμένα εφαρμόστηκε η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP), η οποία είναι Πολυκριτηριακή Τεχνική. Χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης τεχνικής είναι ότι μπορεί να συνδυάσει ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία για τον καθορισμό προτεραιοτήτων, την κατάταξη και αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων.

Ένα άλλο στοιχείο το οποίο εξετάστηκε είναι η απόσταση που απέχει η κάθε στάση με την αμέσως επόμενη και προηγούμενη, για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της δημοτικής συγκοινωνίας. Για το σκοπό αυτό εφαρμόστηκε η τεχνική “Buffer Analysis” και μέσω των εργαλείων “Select by Location” και “Select by Attribute” προσδιορίζονται οι στάσεις που απαιτούν διόρθωση. Το τελικό προτεινόμενο δίκτυο στάσεων παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

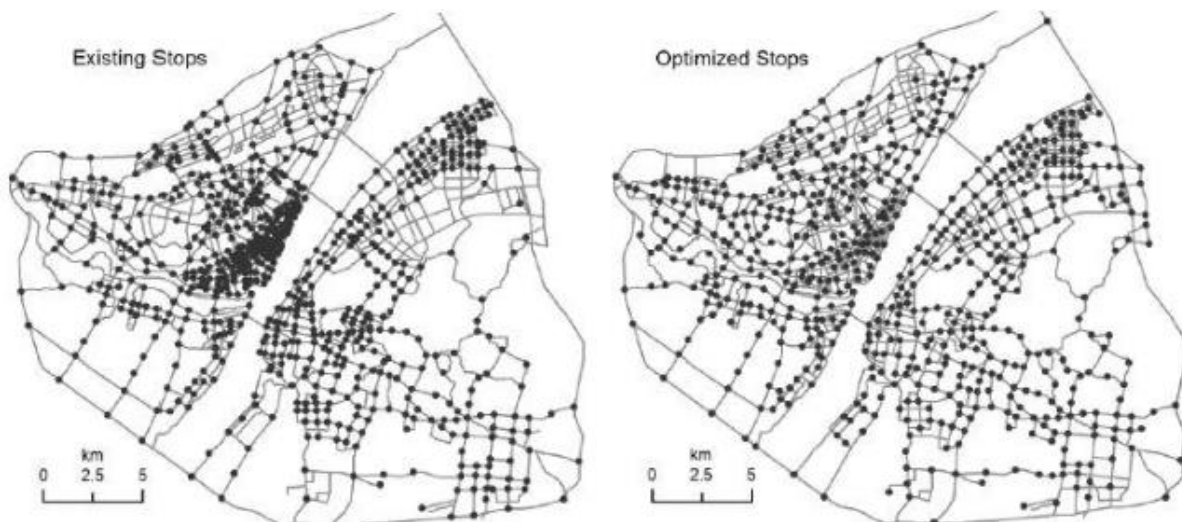
« ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΣΤΑΣΕΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ:
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Γ.Σ.Π»

Δήμος Αμαρουσίου
Παρουσίαση των Αλλαγών που Πραγματοποιήθηκαν στο
Δίκτυο Δημοτικής Συγκοινωνίας



Εικόνα 1: Χάρτης παρουσίασης των αλλαγών που πραγματοποιούνται στο δίκτυο της δημοτικής συγκοινωνίας του Δήμου Αμαρουσίου

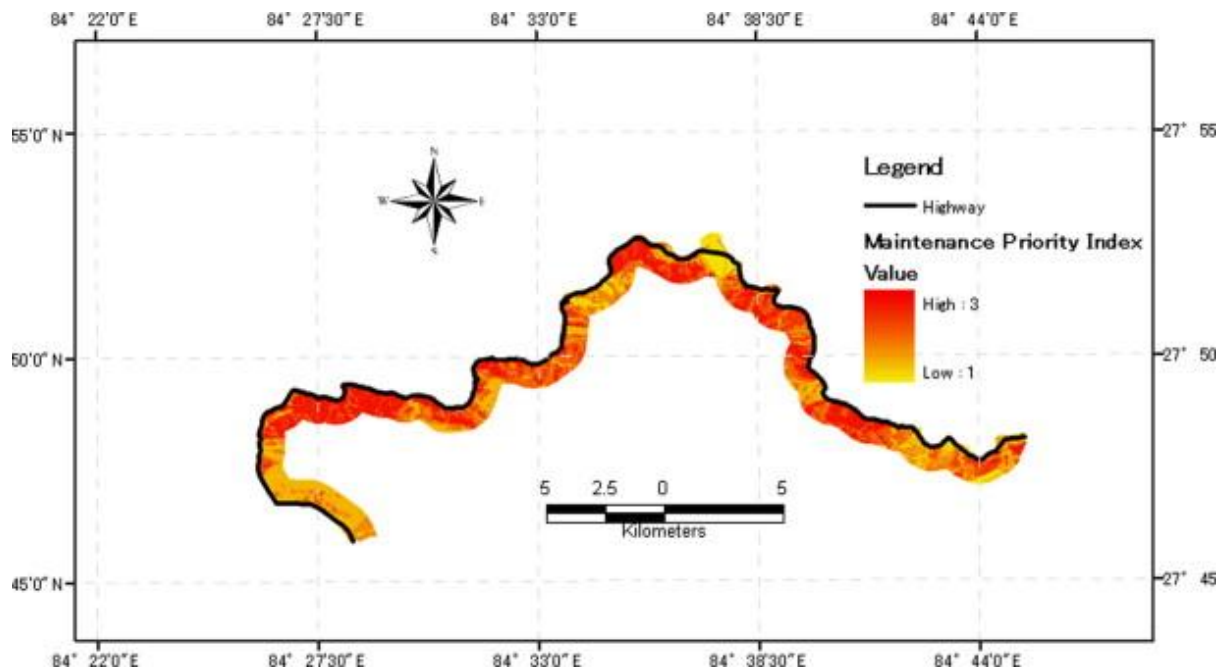
Με παρόμοια μεθοδολογία πραγματοποιήθηκε και η βελτιστοποίηση στάσεων στην πόλη Wuhan της Κίνας [21].



Εικόνα 2: Βελτιστοποίηση στάσεων στην πόλη Wuhan, Κίνα

Ένα παράδειγμα συντήρησης αποτελεί η συντήρηση αυτοκινητοδρόμου στις ορεινές περιοχές του Νεπάλ [22]. Στην περίπτωση αυτή, οι αστοχίες στην πλαγιά του δρόμου οδηγούν συχνά σε διαταραχές της κυκλοφορίας και αποτελούν μείζον πρόβλημα για τη χώρα, με αποτέλεσμα να καθίσταται επιτακτική η ανάγκη της πρόληψης αυτού του φαινομένου. Αναπτύχθηκε λοιπόν, ένα μοντέλο συντήρησης βασισμένο σε γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS), λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες σταθερότητας των οδοστρωμάτων και την ευστάθεια των πρανών. Αρχικά, προετοιμάστηκε ένας χάρτης προτεραιότητας συντήρησης οδοστρώματος με βάση την κατάστασή του. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο Διεθνής Δείκτης Ομαλότητας IRI (International Roughness Index). Στη συνέχεια παράχθηκε ένας χάρτης επικινδυνότητας κατολισθήσεων των πρανών με βάση συγκεκριμένο δείκτη ευαισθησίας και, τέλος, δημιουργήθηκε ο ολοκληρωμένος χάρτης προτεραιότητας συντήρησης συνδυάζοντας τους δύο προαναφερόμενους. Ο τελικός δείκτης κυμαίνεται από 1 έως 3. Οι υψηλότερες τιμές αποδίδουν μεγαλύτερη προτεραιότητα στο σχεδιασμό συντήρησης. Έτσι, μια συμβατική μέθοδος σχεδιασμού συντήρησης υπό τους περιορισμούς του προϋπολογισμού, του χρόνου και των πόρων μπορεί να βελτιωθεί με την ενσωμάτωση της πραγματικής κατάστασης της επιφάνειας του οδοστρώματος και της ευστάθειας των πρανών με σκοπό να βελτιώσει σημαντικά τη λειτουργικότητα του οδικού συστήματος. Η μελέτη δείχνει ότι το GIS, το οποίο μπορεί να διαχειρίζεται και να απεικονίζει διαφορετικούς τύπους δεδομένων μαζί ή χωριστά,

μπορεί να βοηθήσει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τον προγραμματισμό της συντήρησης οδικών υποδομών στις περιοχές των Ιμαλαΐων.



Εικόνα 3: Χάρτης προτεραιότητας συντήρησης στα βουνά του Νεπάλ

2.2.2 Εφαρμογές στην οργάνωση και λειτουργία συγκοινωνιακών δικτύων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ποικίλες εφαρμογές που αφορούν τον έλεγχο για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας των δικτύων, τη βελτιστοποίησή τους, καθώς και την σωστή διαχείριση των πόρων.

- **Διαδικασίες δρομολόγησης**

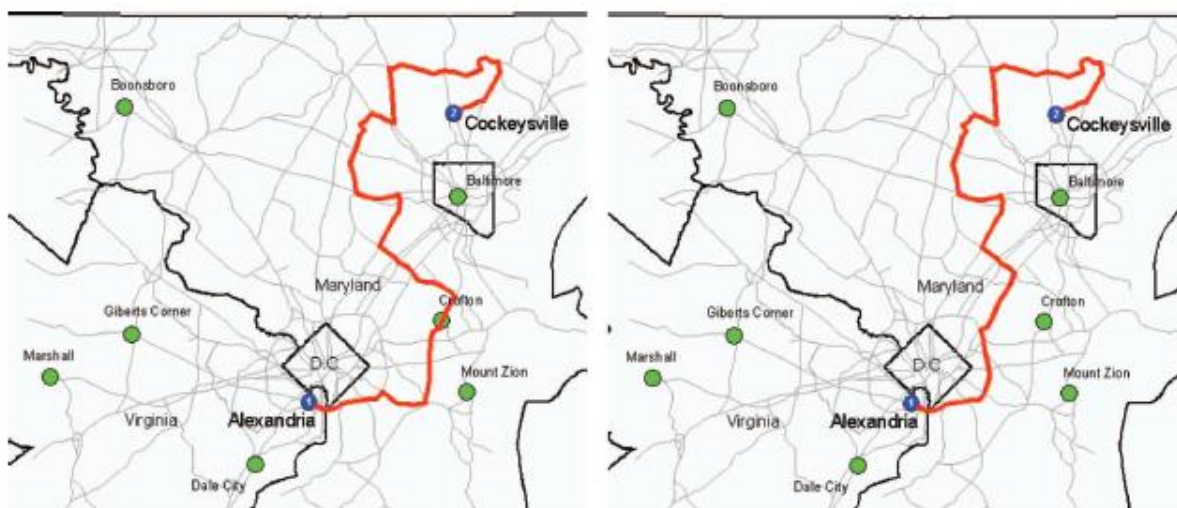
Περιλαμβάνει δρομολόγηση σε πραγματικό χρόνο (οχημάτων και φορτηγών, σκαφών και πλοίων και λοιπά), ανάλυση δρομολόγησης επικίνδυνων υλικών, που απαιτεί υπερβολικά πολλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του δικτύου και άλλες βάσεις δεδομένων (π.χ. δημογραφικά, τοπογραφικά, καιρικά και λοιπά). Επιπλέον, στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι διαδικασίες εύρεσης βέλτιστης διαδρομής για μείωση κόστους και χρόνου και αύξηση της απόδοσης, οι προτάσεις αναδιάρθρωσης και βελτιστοποίησης δρομολογίων συγκοινωνιακών μέσων, με σκοπό να εξυπηρετούν περισσότερους επιβάτες, καλύτερη σύνδεση με άλλα μέσα μεταφοράς και αύξηση

απόδοσης. Τέλος, συμπεριλαμβάνονται οι διαδικασίες δρομολόγησης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (εύρεση εναλλακτικής διαδρομής σε απρόβλεπτες συνθήκες).

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Washington και συγκεκριμένα στους διαδρόμους μεταξύ Washington και Maryland της Βαλτιμόρης αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εφαρμογής δρομολόγησης επικίνδυνων υλικών σε πραγματικό χρόνο [23]. Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων μέσω GIS διευκολύνει τη δρομολόγηση των οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά σε πραγματικό χρόνο με βάση τις κυκλοφοριακές και καιρικές συνθήκες. Γίνεται εντοπισμός και διαχωρισμός της περιοχής που ορίζεται από την τρέχουσα θέση του οχήματος και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι απαιτούμενες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Η διαδικασία εκμεταλλεύεται τον ενδιάμεσο χρόνο οδήγησης για να ενημερώσει τις συνθήκες στις υπόλοιπες περιοχές. Όταν πραγματοποιηθεί η ενημέρωση του χρόνου ταξιδιού και των συνθηκών γίνεται αναζήτηση της βέλτιστης διαδρομής από την τρέχουσα θέση του οχήματος και η συνολική διαδικασία επαναλαμβάνεται σε ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα ώσπου το όχημα να φτάσει στον τελικό προορισμό του.



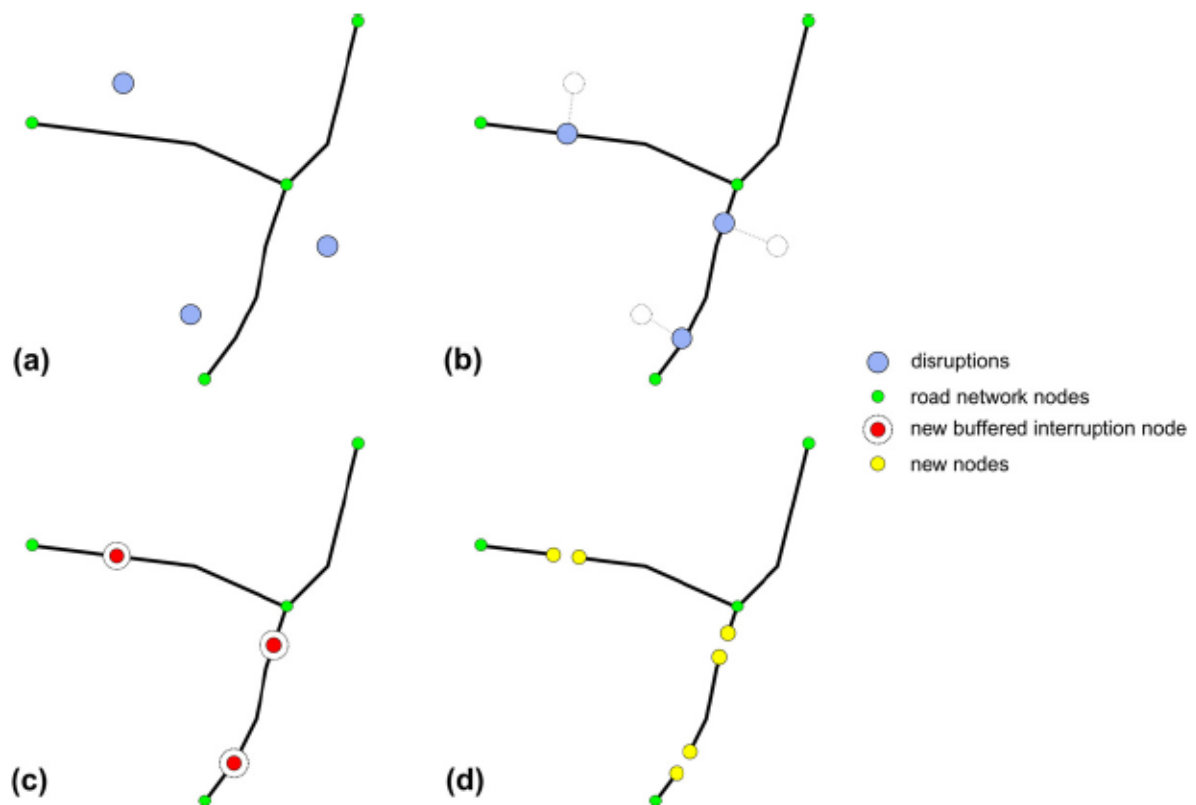
Εικόνα 4: Καιρικές συνθήκες σε συγκεκριμένη ώρα στην περιοχή μελέτης



Εικόνα 5: Σενάρια εναλλακτικών διαδρομών

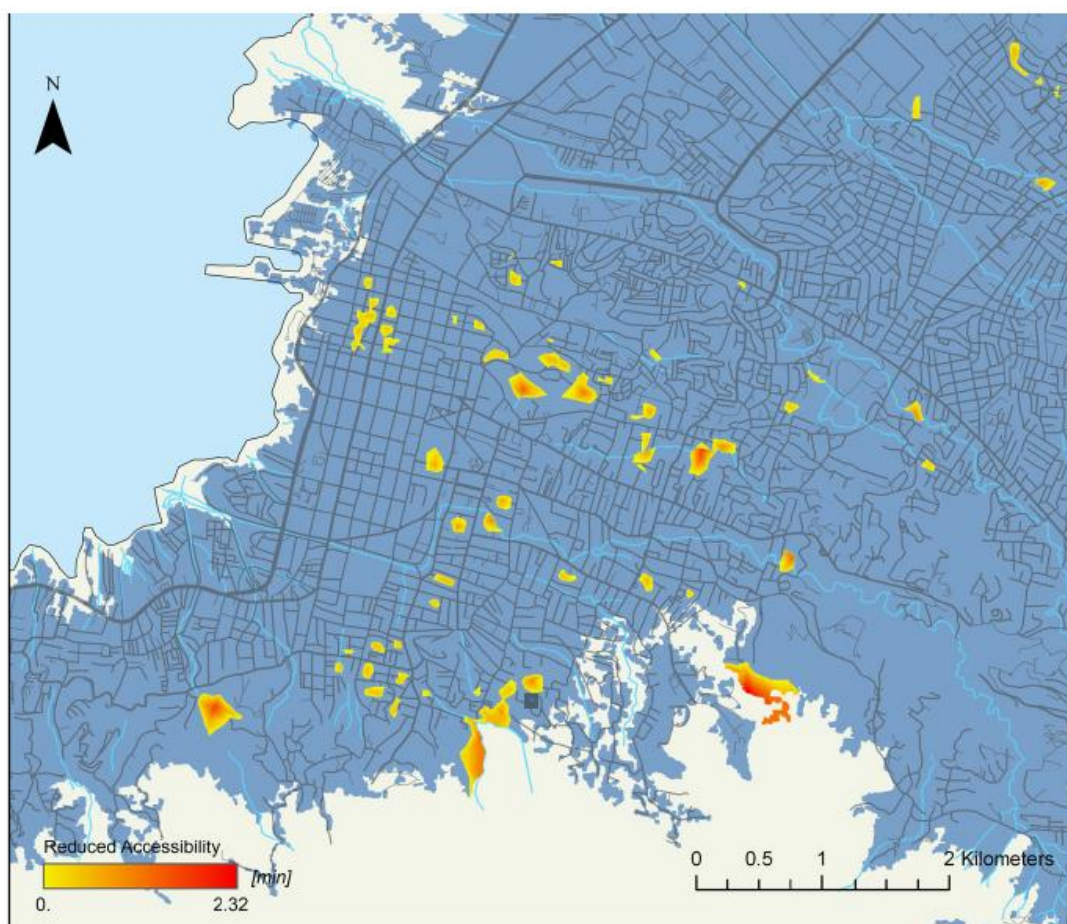
Παράδειγμα διαχείρισης απροσδόκητης εκκένωσης έκτακτης ανάγκης αποτελεί η περίπτωση καταστροφής οδικού δικτύου από σεισμό στην περιοχή Carrefour και συγκεκριμένα στο Port Au Prince της Αϊτής το 2010 [24]. Στην περίπτωση αυτή, ήταν αναγκαίο να καθοριστεί η προσβασιμότητα της περιοχής και για αυτό το λόγο έγινε χωρική ανάλυση μέσω GIS για να εκτιμηθεί η προσβασιμότητα όταν το δίκτυο είναι κατεστραμμένο. Δείχνει πως ορισμένες περιοχές έγιναν εντελώς απρόσιτες για τα οχήματα μετά τον σεισμό.

Αγνοήθηκαν τα σύνορα για να μην υπάρχει σύμπτυξη των γραμμών στο χάρτη και στη συνέχεια το οδικό δίκτυο «κόπηκε» στις διασταυρώσεις του με τα «σημεία αναστάτωσης». Τα σημεία διαταραχής τοποθετήθηκαν στους πλησιέστερους οδικούς άξονες με επαρκή ακρίβεια ανοχής για να επιτραπεί σε όλους τους κόμβους διαταραχής να τοποθετηθούν στους δρόμους. Ακολούθως, έχοντας ως βάση τους κόμβους που τοποθετήθηκαν στις γραμμές των οδών δημιουργείται μια ζώνη απομόνωσης των συντριμμίων και τέλος, γίνεται ο διαχωρισμός και δημιουργούνται διασταυρώσεις.



Εικόνα 6: Μεθοδολογία για τον τελικό διαχωρισμό των οδικών αξόνων

Γίνεται λοιπόν κατανοητή η ιδιαίτερη σημασία της ανάλυσης δικτύου στην περίπτωση ενός σεναρίου κρίσης (όπου δεν είναι όλες οι αστικές οδοί ανοιχτές στην κυκλοφορία), που συνδέεται στενά με τον εντοπισμό των τμημάτων του οδικού δικτύου που εξακολουθούν να λειτουργούν προκειμένου να φθάσουν σε αστικές περιοχές που έχουν πληγεί από σεισμό.



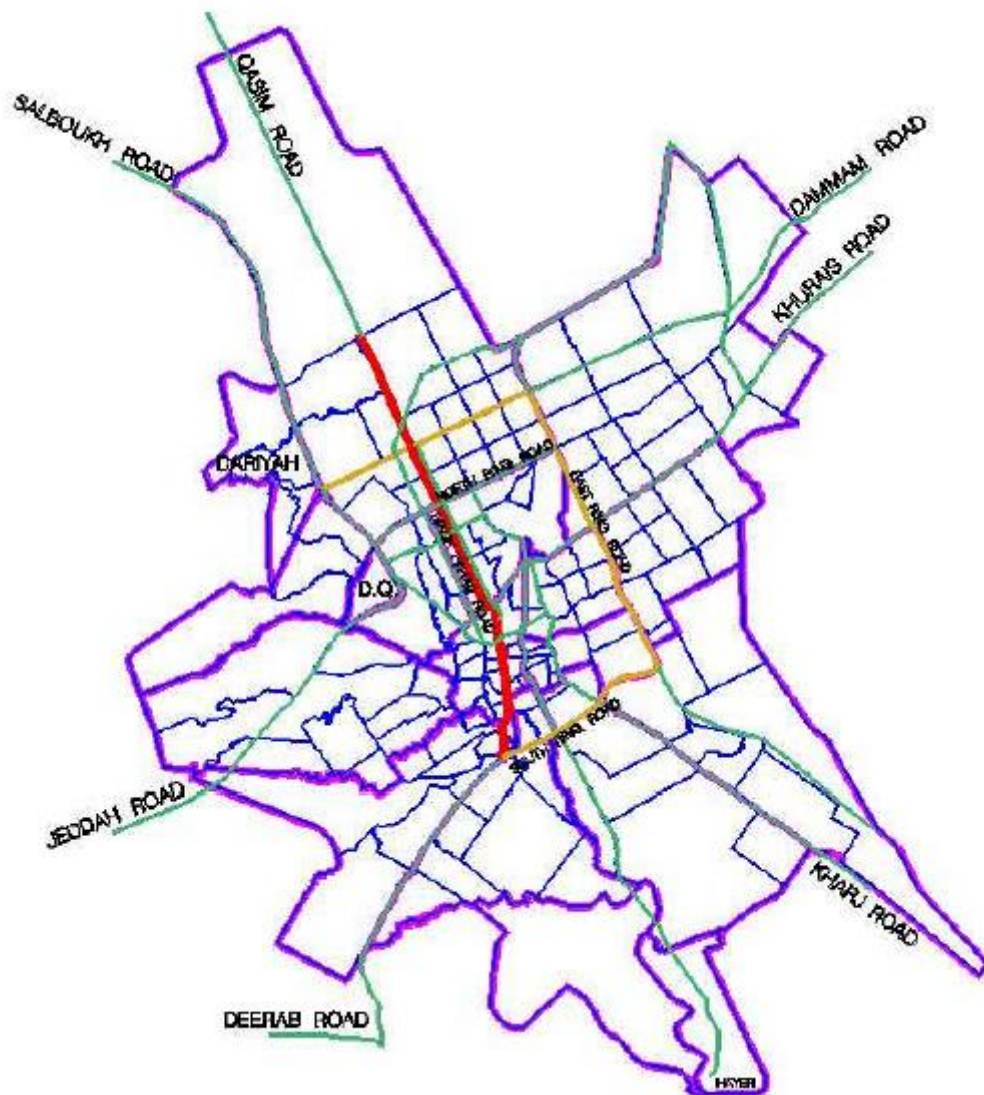
Εικόνα 7: Η προσβασιμότητα της περιοχής Port Au Prince της Αϊτής μετά το σεισμό

- **Ζητήματα κυκλοφοριακής τεχνικής και οδικής ασφάλειας**

Περιλαμβάνει τη διαχείριση κυκλοφοριακής συμφόρησης, εντοπισμό και ανάλυση ατυχημάτων (συχνές διαδρομές εμφάνισης, συχνά μέσα στα οποία συμβαίνουν και λοιπά), επιπτώσεις ατυχημάτων φορτηγών που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά, σύγκριση αριθμού ατυχημάτων σε σχέση με προηγούμενες χρονιές για να διαπιστωθεί αν πάρθηκαν τα κατάλληλα μέτρα, καθώς και την ανάλυση και διαχείριση δικτύων κίνησης πεζών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαχείρισης κυκλοφοριακής συμφόρησης αποτελεί η περίπτωση της Riyadh, της πρωτεύουσας της Σαουδικής Αραβίας [25]. Η μελέτη βασίστηκε στο GIS για τον εντοπισμό ανεπαρκών οδικών αξόνων (π.χ. ανεκτή, μέτρια, μέτρια έως μεγάλη και πολύ μεγάλη οδική ανεπάρκεια) στη ζωτική περιοχή γύρω από τον περιφερειακό δρόμο της Riyadh. Η διαδικασία της ανάλυσης όσον αφορά την ανεπάρκεια χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό των δρόμων όπου η

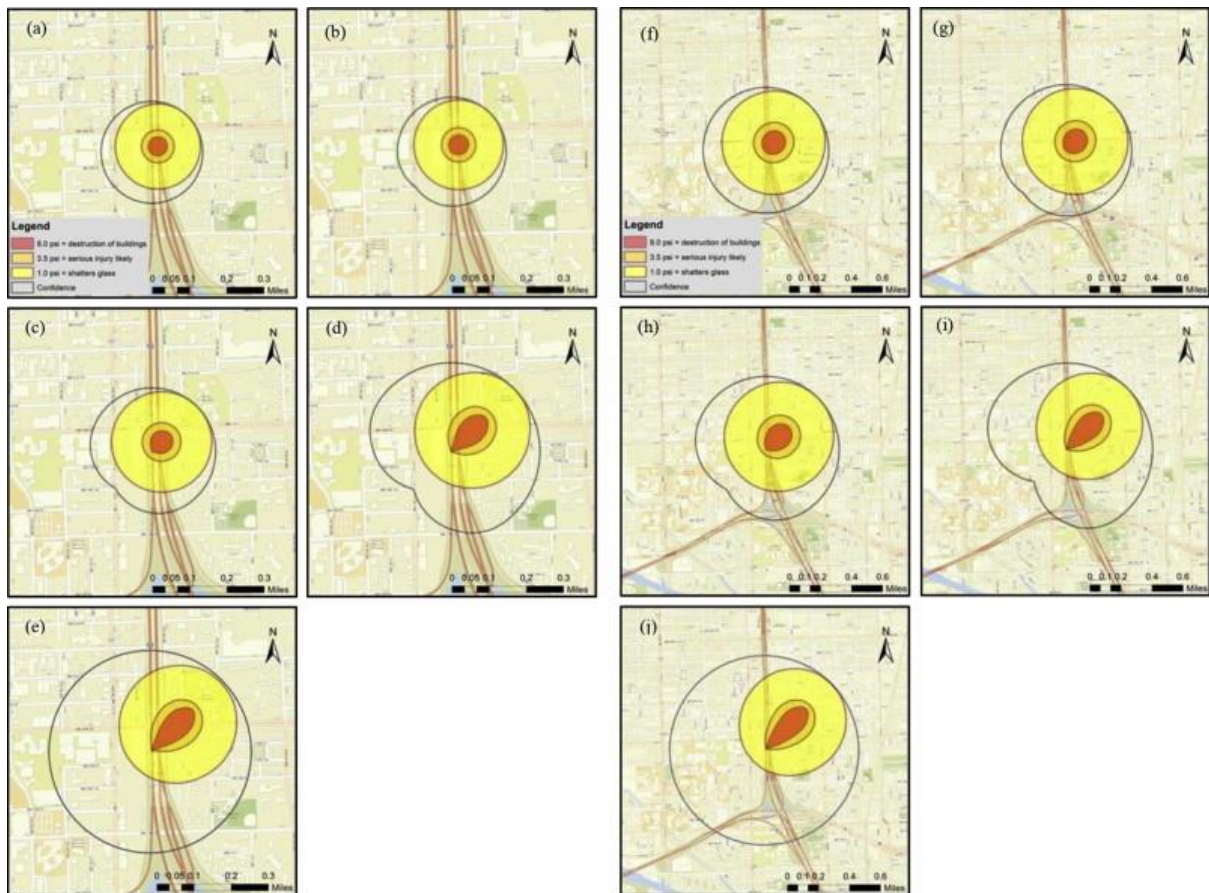
ζήτηση υπερβαίνει την κυκλοφοριακή ικανότητα. Ενσωματώθηκαν οι όγκοι των συνδέσεων που προκύπτουν από την πρόβλεψη της ζήτησης στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών στο GIS. Για τον προγραμματισμό μικρής εμβέλειας, έγινε χρήση του GIS στον προσδιορισμό των έργων στο δίκτυο με τη χρήση δυναμικής κατάτμησης (κατακερματισμός) . Επιπλέον, η ενσωμάτωση του GIS στη διαδικασία ανάλυσης της ζήτησης ταξιδιού γίνεται για να εντοπιστούν οι μελλοντικές περιοχές κυκλοφοριακής συμφόρησης. Διερευνήθηκε επίσης η συντομότερη διαδρομή και η κατανομή του χρόνου ταξιδιού των αναλύσεων των σημαντικότερων κέντρων δραστηριοτήτων.



Εικόνα 8: Το οδικό δίκτυο της Riyadh

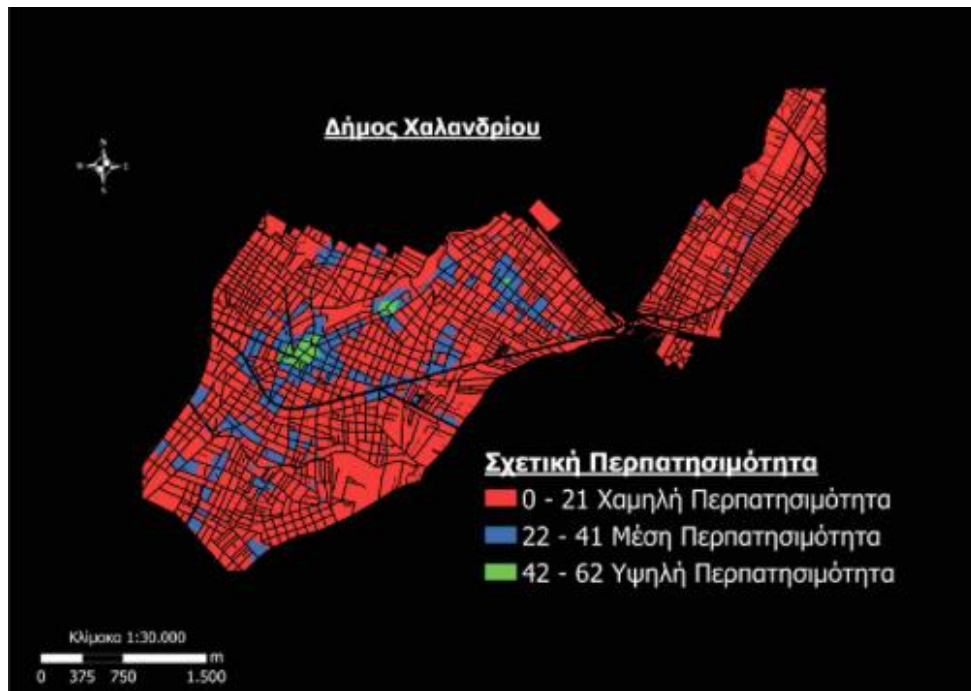
Το συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι εντοπίστηκαν οι κύριοι αυτοκινητόδρομοι με τη μεγαλύτερη κυκλοφορία, καθώς και οι οδοί με την ανεκτή κυκλοφορία και λοιπά. Αυτό βασίστηκε στα δεδομένα που παρατηρήθηκαν, τα οποία ήταν συνδεδεμένα με μία βάση δεδομένων που ενεργοποιούσε ο ερευνητής για να τα χειριστεί, βασιζόμενος σε διεθνή πρότυπα κυκλοφοριακής ικανότητας των οδών. Έτσι, η μελέτη βοήθησε ιδιαίτερα στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την κυκλοφοριακή συμφόρηση της περιοχής.

Χαρακτηριστική περίπτωση όσον αφορά επιπτώσεις ατυχημάτων φορτηγών που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά αποτελεί η εφαρμογή GIS για τον εντοπισμό χωρικών και χρονικών μοτίβων οδικών ατυχημάτων με χρήση χωρικών στατιστικών που εφαρμόσθηκε στο Ιράν [26]. Η μελέτη αυτή είχε σκοπό τη διερεύνηση τυχαίων εκλύσεων αμμωνίας και έγινε αρχικά προσομοίωση σεναρίων ατυχημάτων με βάση το υπολογιστικό μοντέλο επικινδυνότητας ALOHA, καθώς και εξαγωγή των αποτελεσμάτων για την αντιμετώπισή τους σε πραγματικό χρόνο. Το μοντέλο σε συνδυασμό με το GIS χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό εύφλεκτων ζωνών πρόσκρουσης και υπερπίεσης για διάφορα σενάρια. Η γνώση που παρέχεται από την έρευνα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων για τη μεταφορά επικίνδυνων υλικών ως οδηγός για ενδεχόμενη αναδρομολόγηση, αναδιάταξη ή περιορισμό της ποσότητας επικίνδυνων φορτίων για τη μείωση των πιθανών επιπτώσεων μετά από ατύχημα κατά τη μεταφορά τους.



Εικόνα 9: Ζώνες πρόσκρουσης για διαφορετικές ποσότητες απελευθέρωσης αμυνίας

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για την ανάλυση και αξιολόγηση δικτύων κίνησης πεζών είναι η περίπτωση του Δήμου Χαλανδρίου, όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process) και υπολογίστηκε ένας δείκτης περπατησιμότητας [27]. Έτσι, έγινε εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το κατά πόσο ελκυστική προς τους πεζούς είναι η περιοχή του Δήμου ή το αν -και κατά πόσο- οι κάτοικοί της είναι εξαρτημένοι από τη χρήση του αυτοκινήτου.

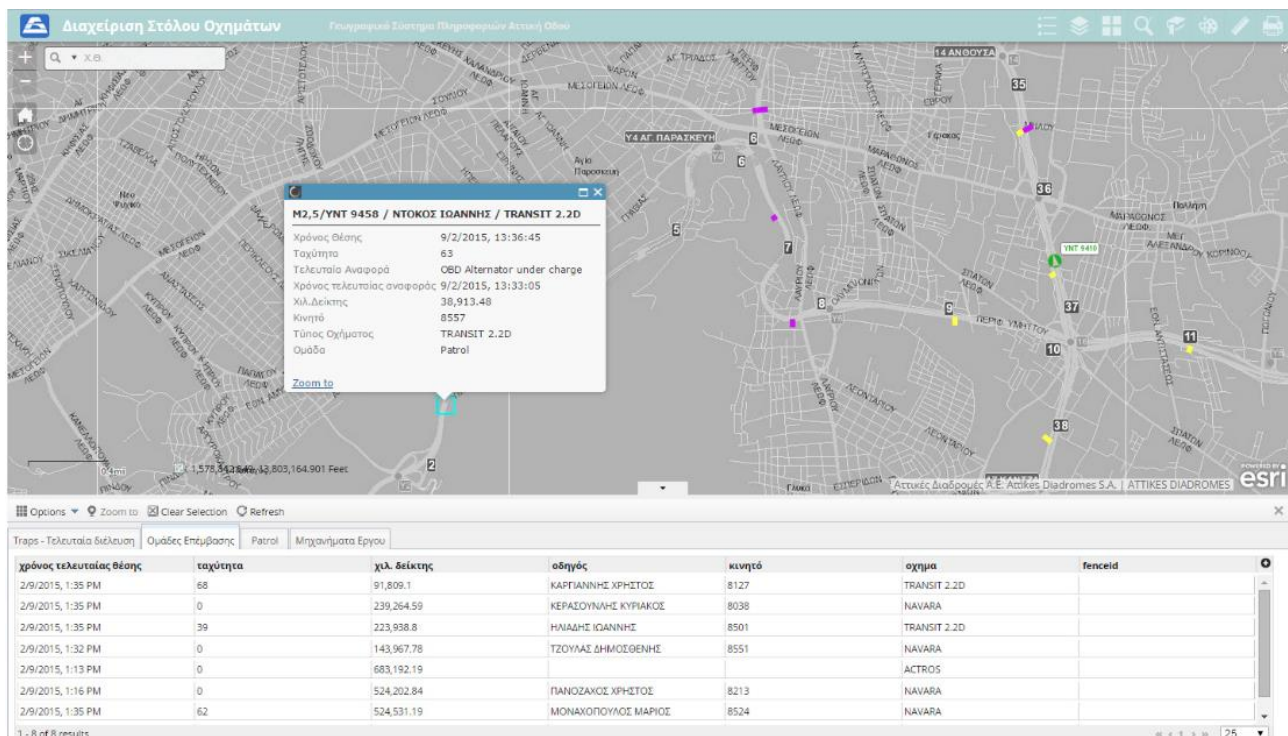


Εικόνα 10: Τελικός δείκτης περπατησιμότητας Δ. Χαλανδρίου - Διαδικασία ΑΗΡ

- **Διαχείριση στόλου οχημάτων**

Περιλαμβάνονται διαδικασίες, μεθοδολογίες και εργαλεία των Γ.Σ.Π. με κύριο στόχο τον πλήρη έλεγχο του μεταφορικού στόλου μιας επιχείρησης (επιβατικά αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία, δίκυκλα, πλοία και αεροπλάνα). Συνεπώς, συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου και του αντίστοιχου κόστους μεταφοράς των προϊόντων της και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη κατανομή των πόρων της.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Αττικής Οδού [28], που μεταξύ άλλων διαθέτει σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων.



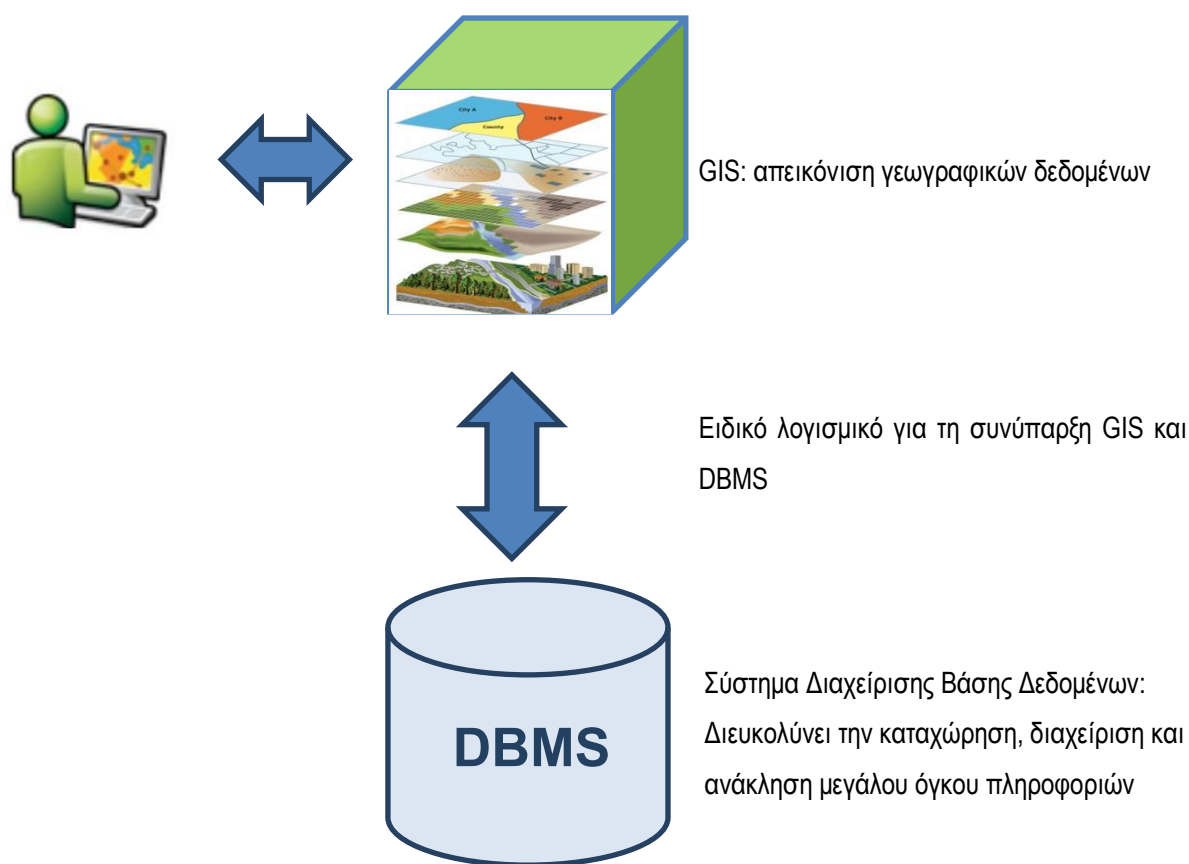
Εικόνα 11: Διαχείριση στόλου οχημάτων της Αττικής Οδού

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι τα Γ.Σ.Π. στον τομέα των μεταφορών (GIS – T) παρέχουν τη δυνατότητα ολοκληρωμένης διαχείρισης δεδομένων σε ένα ενιαίο σύστημα, τον συνδυασμό με άλλα είδη πληροφοριών για αξιόπιστα και ρεαλιστικά αποτελέσματα και ουσιαστικά αποτελούν ένα ολοκληρωμένο εργαλείο σχεδιασμού, ανάπτυξης και λήψης αποφάσεων. Αναλύονται τα πιθανά σενάρια και απεικονίζονται πριν συμβούν τα γεγονότα. Για το λόγο αυτό, μπορεί να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος των γεγονότων και με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται χρόνος, προσπάθεια και κόστος πριν την υλοποίηση του προτεινόμενου έργου.

3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 Αρχιτεκτονική συστήματος

Για την υλοποίηση της βάσης δεδομένων απαιτήθηκε ένας συνδυασμός λογισμικών και η κατάλληλη σύνδεση μεταξύ τους, ώστε να επιτευχθεί η ομαλή λειτουργία του συστήματος που θα αποτελέσουν. Το σύστημα θα απαρτίζεται από ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (DBMS), ένα λογισμικό GIS και ένα ειδικό λογισμικό το οποίο αποτελεί υποσύστημα διακομιστή – λογισμικού και θα εξασφαλίζει την αρμονική συνύπαρξη των υπόλοιπων δύο. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του συστήματος και τα επίπεδα λειτουργίας του:



Σχήμα 3: Η αρχιτεκτονική του συστήματος

Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (DBMS) χρησιμοποιείται ως μηχανισμός για την αποθήκευση όλων των τύπων δεδομένων, ωστόσο δεν μπορεί να καθορίσει πλήρως τη σημασιολογία των γεωγραφικών δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός πολυεπίπεδου συστήματος λειτουργίας, όπου πτυχές που σχετίζονται με την αποθήκευση και την ανάκτηση δεδομένων υλοποιούνται στο επίπεδο αποθήκευσης (λογισμικό DBMS), ενώ οι λειτουργίες που περιλαμβάνουν την διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων και την επεξεργασία των πληροφοριών υλοποιούνται στο επίπεδο της εφαρμογής από το λογισμικό του GIS.

3.2 Το λογισμικό ArcGIS

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), όπως αναφέρθηκε και στο 2^ο κεφάλαιο, είναι πληροφοριακά συστήματα που παρέχουν τη δυνατότητα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, επεξεργασίας, ανάλυσης και απεικόνισης των δεδομένων που σχετίζονται με το χώρο, σε ψηφιακό περιβάλλον. Η διαχείριση έχει στόχο την επίλυση προβλημάτων και η επεξεργασία την καταγραφή μεταβολών του πραγματικού κόσμου. Η χαρτογράφηση και απεικόνιση σχετίζεται με την μοντελοποίηση του πραγματικού κόσμου με τη χρήση γεωγραφικών δεδομένων και η ανάλυση με την επισήμανση μοτίβων και σχέσεων μεταξύ των δεδομένων με σκοπό την επίλυση προβλημάτων.

Σήμερα, στην αγορά, κυκλοφορούν διάφορα λογισμικά GIS, άλλα πιο εξειδικευμένα και άλλα λιγότερο. Τα λογισμικά που εξετάστηκαν είναι το MapInfo, το ArcGIS και το QGIS. Το MapInfo και το ArcGIS απαιτούν κόστος αγοράς, ενώ το QGIS είναι ελεύθερο λογισμικό.

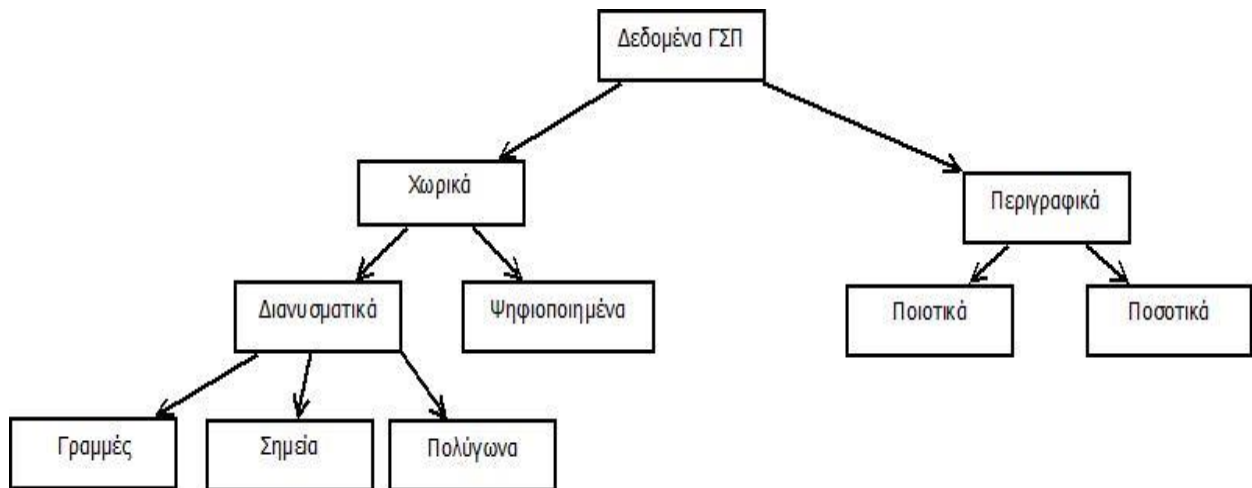
Logos	Λογισμικά GIS	Διαθεσιμότητα
	MapInfo	Κόστος αγοράς
	ArcGIS (ESRI)	Κόστος αγοράς
	QGIS	Ελεύθερο λογισμικό

Πίνακας 1: Τα λογισμικά GIS που εξετάστηκαν

Το πιο εξειδικευμένο και διαδεδομένο στην Ελλάδα και το εξωτερικό είναι το ArcGIS [29]. Αποτελεί μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού GIS που παρέχουν στους χρήστες ευελιξία. Είναι μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης. Το λογισμικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού σε επιχειρήσεις, στο desktop, μέσω servers καθώς και φορητών συσκευών. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για να προσπελάσει online υπηρεσίες [30]. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο διαθέτει άδειες χρήσης για το ArcGIS και η επιλογή του συνεπάγεται και την επιλογή του απαιτούμενου ενδιάμεσου λογισμικού ArcSDE. Συνεπώς, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το ArcGIS.

3.2.1 Τύποι δεδομένων

Σημαντικό κομμάτι αποτελεί η διαδικασία συλλογής δεδομένων που θα ενταχθούν και θα διαχειριστούν. Οι βασικοί τύποι δεδομένων γεωγραφικών πληροφοριών είναι (α) η χωρική και (β) η περιγραφική πληροφορία [12]. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι μορφές δεδομένων σε ένα Γ.Σ.Π.



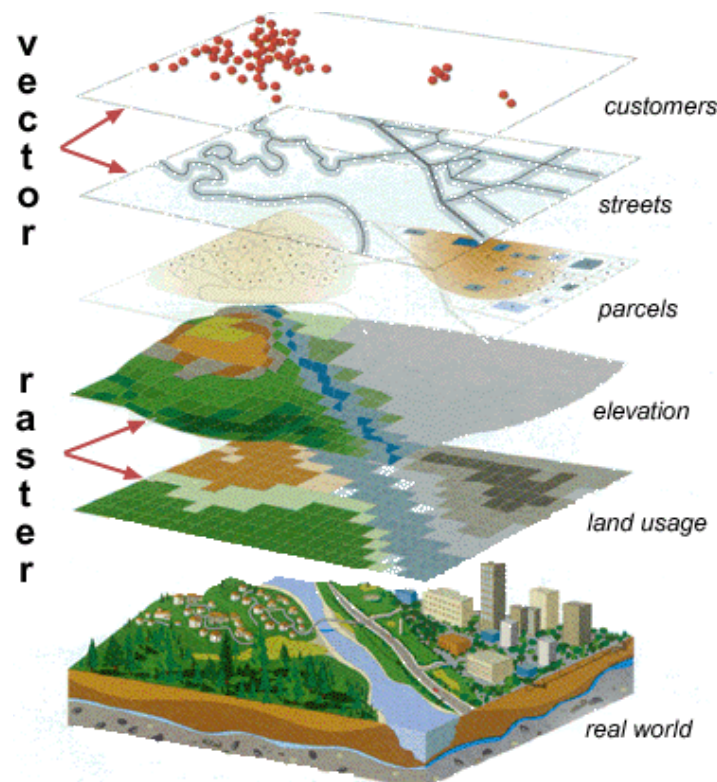
Σχήμα 4: Μορφές δεδομένων σε Γ.Σ.Π.

Τα **χωρικά δεδομένα** προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και τις θέσεις στην επιφάνεια της γης. Χωρίζονται σε Vector Data (Διανυσματικά Δεδομένα) και Raster Data (Ψηφιοποιημένα Δεδομένα) και διαθέτουν και τα δύο συστήματα χωρικής αναφοράς. Τα συστήματα αυτά είναι τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη.

- i. Διανυσματικά (Vector): Οι τρεις βασικοί τύποι γεωμετριών για τα διανυσματικά δεδομένα είναι τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα (περιοχές).
 - Τα σημεία χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν διακριτά σημειακά δεδομένα και έχουν μηδενικές διαστάσεις. Για παράδειγμα, σημειακά δεδομένα αποτελούν πόλεις, ή ακόμα και σημεία μιας πόλης, που έχουν μοναδικές συντεταγμένες.
 - Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν γραμμικά χαρακτηριστικά. Συνδέουν κορυφές μεταξύ τους και έχουν μόνο μία διάσταση. Παραδείγματα γραμμικών δεδομένων είναι δρόμοι, ποτάμια, μονοπάτια κλπ.
 - Τα πολύγωνα χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν περιοχές, όπως για παράδειγμα το όριο μιας πόλης ή μιας χώρας και έχουν δύο διαστάσεις. Ουσιαστικά, τα πάντα αποτελούνται από τουλάχιστον μία γραμμή. Τα σημεία αποτελούν γραμμή μηδενικού μήκους και τα πολύγωνα μια ακολουθία γραμμών με αρχή και τέλος την ίδια κορυφή.

Τα δεδομένα αυτά στο ArcGIS μπορεί να είναι τύπου (format) .shp, που καλείται μια απλή κλάση στοιχείων, αρχεία CAD ή feature classes που καλούνται κλάσεις στοιχείων.

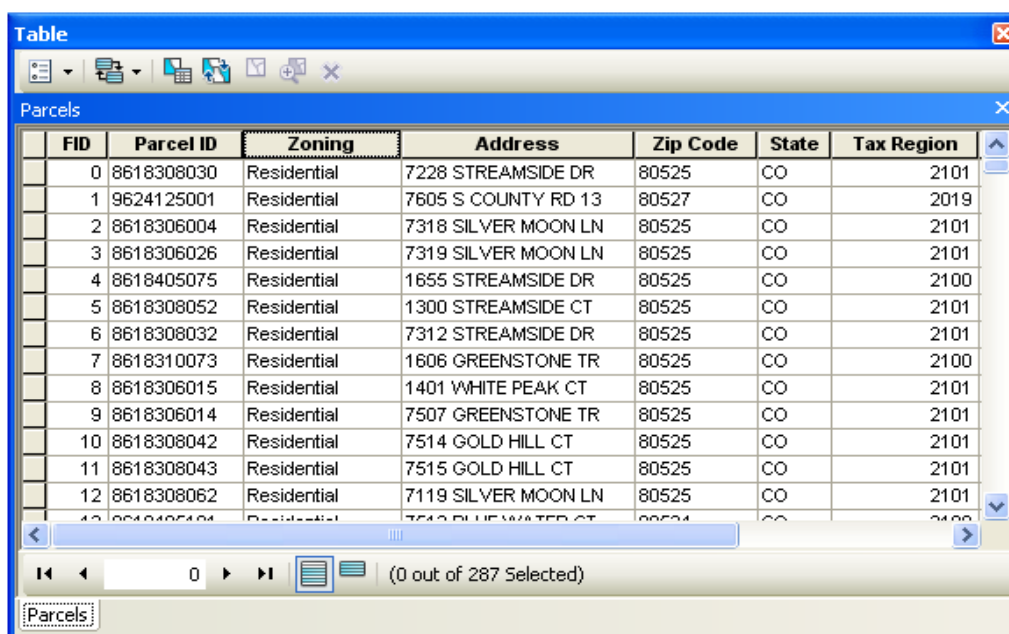
- ii. Ψηφιοποιημένα (Raster): Χρησιμοποιείται όταν το χωρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή και όταν θέλουμε να ενσωματώσουμε στο Γ.Σ.Π. μια εικόνα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και οι αεροφωτογραφίες και οι εικόνες από δορυφόρο. Χωρίζονται σε δύο τύπους δεδομένων: σε συνεχείς (continuous raster data), όπου δεν είναι ξεκάθαρα τα όρια των φαινομένων που απεικονίζονται και σε διακριτούς (discrete raster data), όπου τα όρια των φαινομένων που απεικονίζονται είναι ξεκάθαρα και διακριτά. Συνεχείς τύποι Raster είναι για παράδειγμα η μέτρηση θερμοκρασιών ή υψομέτρων, ενώ παράδειγμα διακριτών αποτελεί η πυκνότητα του πληθυσμού. Υπάρχουν επίσης τρεις τύποι συνόλων δεδομένων: θεματικά (thematic), φασματικά (spectral) και εικόνες (imagery).



Εικόνα 12: Απεικόνιση πραγματικού κόσμου μέσω διανυσματικών και ψηφιοποιημένων δεδομένων

Τα **πινακοποιημένα ή περιγραφικά δεδομένα** περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα περιγραφικό δεδομένο που σχετίζεται με έναν δρόμο μπορεί να είναι το όνομά του, το πλάτος του, η πληροφορία αν είναι ασφαλτοστρωμένος ή όχι, ο κυκλοφοριακός φόρτος του και άλλα. Τα περιγραφικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων, η οποία αποθηκεύεται ξεχωριστά από το γραφικό τμήμα του χάρτη.

Αποτελούν τη βάση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, που μας επιτρέπουν να απεικονίσουμε τα ερωτήματά μας και να αναλύσουμε τα δεδομένα. Σε απλούς όρους, οι πίνακες είναι δύο διαστάσεων και αποτελούνται από γραμμές και στήλες. Στο ArcGIS οι σειρές είναι γνωστές ως εγγραφές και οι στήλες ως πεδία. Κάθε πεδίο μπορεί να αποθηκεύσει ένα συγκεκριμένο τύπο δεδομένων και το όνομά του πρέπει να είναι μοναδικό. Επιπλέον δεν επιτρέπεται να υπάρχουν κενά και είναι απαραίτητο να ξεκινά με κάποιο αλφαβητικό χαρακτήρα.



The screenshot shows the 'Table' window in ArcGIS, titled 'Parcels'. It displays an attribute table with the following columns: FID, Parcel ID, Zoning, Address, Zip Code, State, and Tax Region. The table contains 13 rows of data, all with 'Residential' zoning. The status bar at the bottom indicates '(0 out of 287 Selected)'.

FID	Parcel ID	Zoning	Address	Zip Code	State	Tax Region
0	8618308030	Residential	7228 STREAMSIDE DR	80525	CO	2101
1	9624125001	Residential	7605 S COUNTY RD 13	80527	CO	2019
2	8618306004	Residential	7318 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
3	8618306026	Residential	7319 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
4	8618405075	Residential	1655 STREAMSIDE DR	80525	CO	2100
5	8618308052	Residential	1300 STREAMSIDE CT	80525	CO	2101
6	8618308032	Residential	7312 STREAMSIDE DR	80525	CO	2101
7	8618310073	Residential	1606 GREENSTONE TR	80525	CO	2100
8	8618306015	Residential	1401 WHITE PEAK CT	80525	CO	2101
9	8618306014	Residential	7507 GREENSTONE TR	80525	CO	2101
10	8618308042	Residential	7514 GOLD HILL CT	80525	CO	2101
11	8618308043	Residential	7515 GOLD HILL CT	80525	CO	2101
12	8618308062	Residential	7119 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
13	8618306024	Residential	7512 BLUE WATER CT	80524	CO	2100

Εικόνα 13: Attribute Table (Πινακοποιημένα δεδομένα)

3.2.2 Σύνδεση χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας

Τα GIS έχουν τη δυνατότητα να συνδέσουν την χωρική πληροφορία με την περιγραφική πληροφορία βάσει δυο μοντέλων δεδομένων, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- Σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, στο οποίο οι περιγραφικές πληροφορίες καταχωρούνται σε πίνακες χωριστά και μετά συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων
- Αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, στο οποίο οι χωρικές και οι περιγραφικές πληροφορίες συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μοντελοποιούν αντικείμενα στην φυσική τους υπόσταση

Η σύνδεση της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία αποτελεί τη χαρακτηριστική δυνατότητα του GIS. [31] [12] Στο GIS οτιδήποτε απεικονίζεται σε ένα χάρτη, ουσιαστικά αποτυπώνεται σε ένα θεματικό επίπεδο (layer), πάνω στο κύριο που είναι ο χάρτης. Κάθε θεματικό επίπεδο συνδέεται με έναν δισδιάστατο πίνακα που περιέχει τις πληροφορίες που το αφορούν και η κάθε εγγραφή αντιστοιχεί σε ένα χωρικό στοιχείο. Οι πληροφορίες που περιέχονται στον πίνακα έχουν επιλεγεί από το δημιουργό και μπορεί να είναι οποιαδήποτε πληροφορία επιθυμεί. Για την πλήρη διαχείριση των πινάκων από το ArcGIS είναι απαραίτητο το πεδίο ObjectID και για το λόγο αυτό δημιουργείται αυτόματα όταν δημιουργούμε ένα νέο στοιχείο. Οι τύποι πινάκων που μπορούν να «συνδεθούν» στο ArcGIS είναι μορφής .dbf, .xlsx

Υπάρχουν πολλές πηγές δεδομένων σε μορφή πίνακα και το ArcGIS συνδυάζεται με πολλές μορφές αυτών. Οι πινακοποιημένες πληροφορίες μπορούν να αποθηκευτούν σαν πίνακες σε αρχεία βάσεων δεδομένων (.dbf), αρχεία κειμένου (.txt), πίνακες που παράγονται σε άλλα προγράμματα όπως το MS Excel (της μορφής .xls, .xlsx ή .csv) και η MS Access (της μορφής .mdb ή .accdb) [31].

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων, οι οποίες «τρέχουν κάτω από το GIS» και με τη σειρά της η βάση συνοδεύεται από τα metadata. Metadata καλούνται τα δεδομένα για το είδος των πληροφοριών της βάσης ή διευκρινίσεις σχετικά με κάποια συγκεκριμένα πεδία. Σε αυτά μπορεί να καταγραφεί οποιαδήποτε πληροφορία κρίνεται σημαντική για τους σκοπούς της κάθε εργασίας.

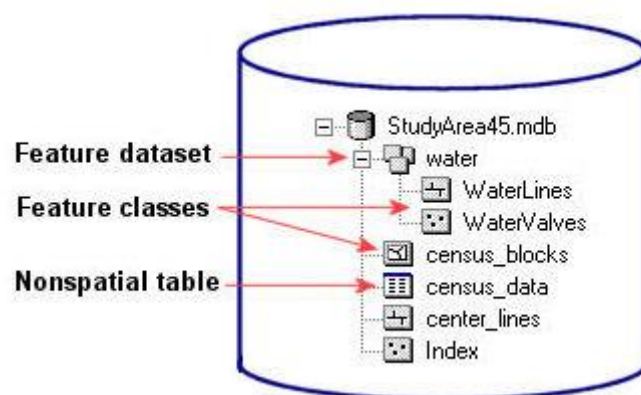
3.2.3 Η έννοια της γεωβάσης

Στο σύστημά μας είναι απαραίτητη η χρήση μιας γεωβάσης ή γεωγραφικής βάσης δεδομένων (Geodatabase). Η γεωβάση στο ArcGIS αποτελεί μια συλλογή γεωγραφικών συνόλων κλάσεων στοιχείων (Feature Datasets) διαφόρων τύπων, τα

οποία με τη σειρά τους περιέχουν κλάσεις στοιχείων (Feature Classes). [32] Τα εν λόγω στοιχεία βρίσκονται σε ένα κοινό φάκελο συστήματος αρχείων, μια βάση δεδομένων της Microsoft Access ή ένα σχεσιακό DBMS πολλών χρηστών (όπως Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix ή IBM DB2). Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων έχουν ποικίλο αριθμό χρηστών και μπορούν να κλιμακωθούν από μικρές βάσεις δεδομένων για ένα χρήστη, σε μεγαλύτερες ολόκληρων ομάδων εργασίας σε ένα τμήμα ή μια επιχείρηση όπου έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες.

Οι κλάσεις στοιχείων (Feature Classes) είναι ομοιογενείς συλλογές κοινών χαρακτηριστικών, που το καθένα έχει την ίδια χωρική αναπαράσταση και περιλαμβάνουν ένα κοινό σύνολο στηλών (περιγραφικών χαρακτηριστικών) [32]. Ο γεωμετρικός τύπος τους μπορεί να είναι είτε γραμμή, είτε σημείο, είτε πολύγωνο. Τα σύνολα κλάσεων στοιχείων (Feature Datasets) που περιέχουν τις κλάσεις, είναι μια συλλογή από χωρικά ή θεματικά συσχετισμένες Feature Classes και ο πρωταρχικός σκοπός τους είναι η οργάνωση των κλάσεων στοιχείων σε ένα κοινό σύνολο δεδομένων, καθώς και η χρήση κοινού γεωγραφικού συστήματος συντεταγμένων [32].

Επιπλέον, μια γεωβάση είναι η φυσική αποθήκευση γεωγραφικών πληροφοριών, χρησιμοποιώντας κυρίως ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS) ή ένα σύστημα αρχείων. Μπορούμε να αποκτήσουμε πρόσβαση και να εργαστούμε με αυτή τη συλλογή συνόλων δεδομένων είτε μέσω του ArcGIS είτε μέσω ενός συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού SQL [32].



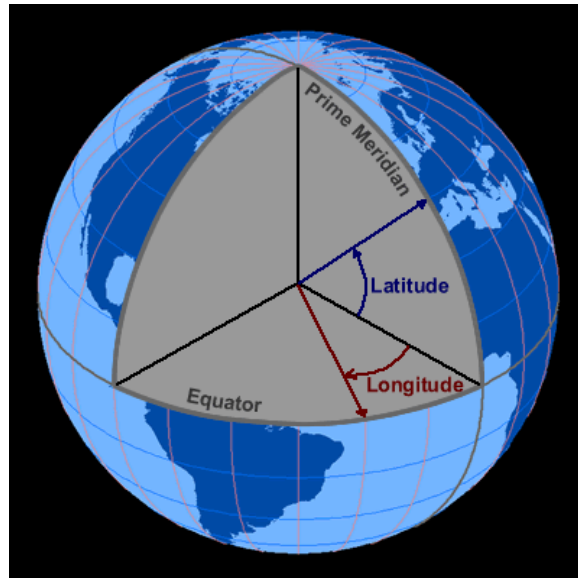
Εικόνα 14: Μια γεωβάση με τα πιθανά περιεχόμενά της

Οι γεωβάσεις διαθέτουν ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό μοντέλο για την αναπαράσταση και τη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών. Το μοντέλο αυτό υλοποιείται ως μια σειρά πινάκων που «διατηρούν» τις κλάσεις στοιχείων (Feature Classes), σύνολα δεδομένων raster και ιδιότητες [31].

Στο παρόν σύστημα χρησιμοποιείται η Enterprise Geodatabase, η οποία αποτελεί την αποδοτικότερη λύση της Esri για τις περιπτώσεις που παρουσιάζεται η ανάγκη για μια μεγάλη, πολλαπλών χρηστών (multi-user) γεωβάση. Κύριο χαρακτηριστικό της αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να επεξεργαστεί και να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες.

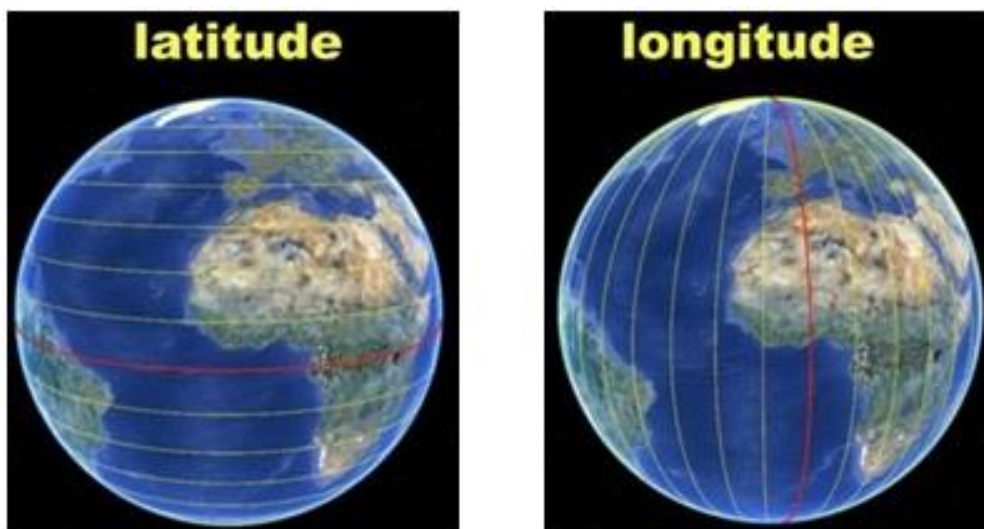
3.2.4 Γεωγραφικό σύστημα αναφοράς

Για την ορθή απεικόνιση των δεδομένων πρέπει να υπάρχει ένα κοινό σύστημα αναφοράς [12]. Συνεπώς, η ακριβής θέση όλων των δεδομένων στην επιφάνεια της Γης πρέπει να προσδιοριστεί με βάση ένα κοινό σύστημα. Ο συσχετισμός ενός διανύσματος ή σημείου με την ακριβή θέση του πάνω στη Γη ονομάζεται γεωσυσχέτιση και πραγματοποιείται μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων, που καλούνται γεωγραφικές συντεταγμένες. Γεωγραφικό μήκος (longitude) ονομάζεται η απόσταση σε μοίρες ενός τόπου από τον πρώτο μεσημβρινό (prime meridian) προς ανατολικά ή δυτικά. Γεωγραφικό πλάτος (latitude) ονομάζεται η απόσταση σε μοίρες ενός τόπου από τον Ισημερινό (equator) βόρεια ή νότια.



Εικόνα 15: Γεωγραφικές συντεταγμένες

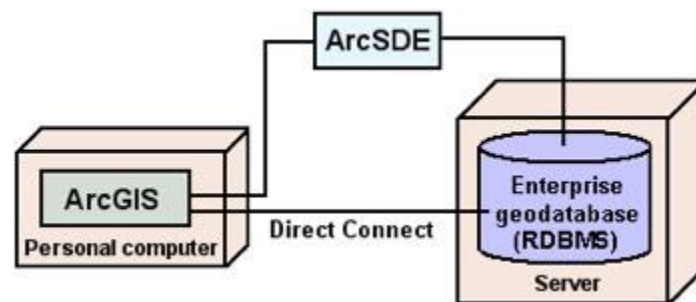
Οι πληροφορίες σχετικά με τη θέση ενός στοιχείου στο χάρτη δεν είναι εύκολα προσβάσιμες. Για αυτό το λόγο διαχειρίζονται αποκλειστικά από το λογισμικό, από το οποίο επιλέγουμε ένα σύστημα αναφοράς. Στην Ελλάδα είναι ευρέως διαδεδομένο το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87). Ωστόσο γίνεται και ευρεία χρήση του Παγκοσμίου Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς (WGS '84) όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και στην Ευρώπη γενικότερα. Αυτό το σύστημα αναφοράς χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία.



Εικόνα 16: Γεωγραφικό πλάτος και Γεωγραφικό Μήκος

3.2.5 Το ενδιάμεσο λογισμικό ArcSDE

Όπως αναφέρθηκε, το συγκεκριμένο λογισμικό έχει ως στόχο την πρόσβαση στο Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων για να διαχειριστεί τα χωρικά δεδομένα και να τα προωθήσει στο GIS [32]. Το ρόλο αυτό στην παρούσα εργασία θα τον αναλάβει ο ArcSDE που διατίθεται από την ESRI μαζί με το ArcGIS και συγκεκριμένα με το πακέτο ArcGIS for Server.



Σχήμα 5: Ο ArcSDE στο σύστημα

3.3 Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων

Για να υλοποιηθεί μια βάση δεδομένων απαιτείται η χρησιμοποίηση ενός Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Σ.Δ.Β.Δ.), που είναι ένα σύνολο διαδικασιών με τη μορφή λογισμικού, το οποίο χρησιμοποιείται για την οργάνωση και διαχείριση της βάσης δεδομένων. Τα Σ.Δ.Β.Δ. μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας ένα ή ένα συνδυασμό από τα ιεραρχικά, δικτυακά, σχεσιακά και αντικειμενοστραφή μοντέλα που παρουσιάζονται στην υποενότητα που ακολουθεί.

Η εγκατάσταση του Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων θα γίνει από τεχνικό σε κεντρικό Server της σχολής του Ε.Μ.Π. και στη συνέχεια δε θα απαιτηθεί από τους χρήστες καμία διαδικασία σχετικά με την εγκατάσταση αυτή ή το χειρισμό του Σ.Δ.Β.Δ. Συνεπώς, οι χρήστες της βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS δε χρειάζεται να γνωρίζουν ούτε να χειρίζονται τις λεπτομέρειές του. Για το λόγο αυτό, δε γίνεται αναφορά στις μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν από τον τεχνικό για την επίτευξη της εγκατάστασης του Σ.Δ.Β.Δ.

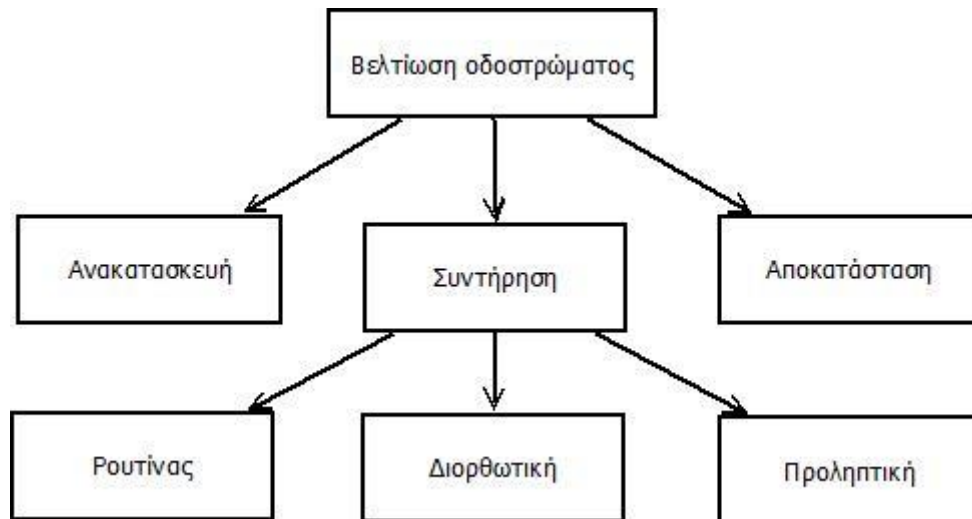
3.3.1 Μοντέλα βάσεων δεδομένων

Τα μοντέλα βάσεων δεδομένων ουσιαστικά αποτελούν ένα σύνολο από λογικά εργαλεία για την περιγραφή δεδομένων, των σχέσεων μεταξύ τους και τη σημασία τους. Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η έννοια μερικών μοντέλων, αναφέρονται οι ορισμοί των οντοτήτων και των συσχετίσεων.

Με τον όρο οντότητα (Entity) ορίζουμε ένα αντικείμενο, ένα πρόσωπο, μια κατάσταση και γενικά οτιδήποτε μπορεί να προσδιορισθεί σαν ανεξάρτητη ύπαρξη. Για παράδειγμα, σε μια βάση δεδομένων μιας εμπορικής εταιρείας, οντότητες μπορεί να είναι οι εργαζόμενοι, οι πελάτες, οι προμηθευτές και άλλα. Με τον όρο συσχέτιση (Relationship) αναφερόμαστε στον τρόπο σύνδεσης δύο ξεχωριστών οντοτήτων, ώστε να είναι δυνατή η άντληση στοιχείων από τον συνδυασμό τους. [33]

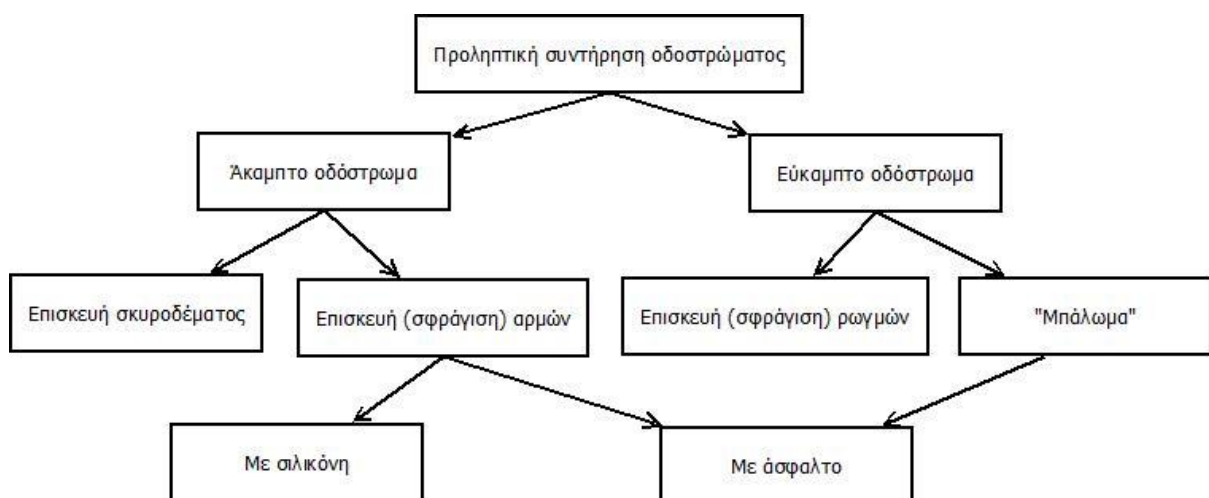
Ιεραρχικό μοντέλο (Hierarchical Model): Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '60 και έχει μια ιεραρχική δομή που θυμίζει δένδρο. Οι οντότητες μοιάζουν με απολήξεις από κλαδιά δένδρων και τοποθετούνται σε επίπεδα ιεραρχίας. Τα κλαδιά παριστάνουν τις συσχετίσεις ανάμεσα στις οντότητες. Από μια οντότητα που βρίσκεται σε ένα

ανώτερο επίπεδο ξεκινούν πολλά κλαδιά, καθένα από τα οποία καταλήγει σε μια οντότητα που βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο. Αλλά, σε κάθε οντότητα που βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο αντιστοιχεί μόνο μία οντότητα που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο. Ωστόσο, σήμερα θεωρείται δύσχρηστο και ξεπερασμένο. [33]



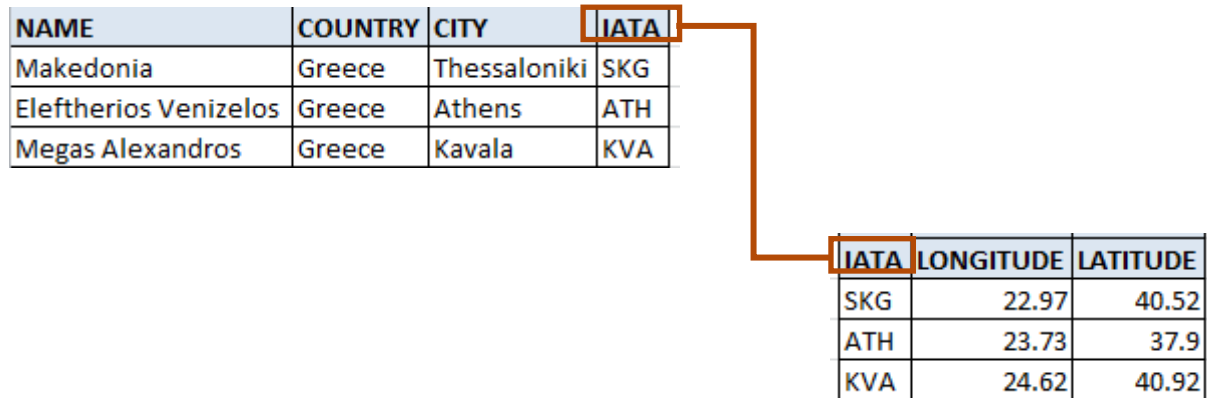
Σχήμα 6: Ιεραρχικό μοντέλο

Δικτυωτό μοντέλο (Network Model): Υπάρχει και σε αυτό ένα επίπεδο ιεραρχίας, αλλά κάθε στοιχείο μπορεί να συσχετισθεί με πολλά στοιχεία είτε σε κατώτερο είτε σε ανώτερο επίπεδο. Όπως και το ιεραρχικό, αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '60 και σήμερα θεωρείται δύσχρηστο και ξεπερασμένο. [33]



Σχήμα 7: Δικτυωτό μοντέλο

Σχεσιακό μοντέλο (Relational Model): Προτάθηκε για πρώτη φορά το 1970 από τον Edgar F. Codd και σήμερα αποτελεί τον αδιαμφισβήτητο κυρίαρχο στον κόσμο των μοντέλων δεδομένων. Η οπτική του θεωρεί τη βάση δεδομένων ως ένα σύνολο από έναν ή περισσότερους πίνακες. Κάθε σειρά αντιστοιχεί σε μια οντότητα, ενώ κάθε στήλη σε ένα χαρακτηριστικό ή μια ιδιότητα όλων των οντοτήτων. Μία σχεσιακή βάση δεδομένων ονομάζεται μία συλλογή σχέσεων που έχουν διακριτά ονόματα. [33]



Σχήμα 8: Σχεσιακό μοντέλο με κλειδί το πεδίο «IATA»

Αντικειμενοστραφές Μοντέλο (Object – Oriented Model): Επιτρέπει την αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με το σχεσιακό. Η έννοια του αντικειμένου που περιλαμβάνει δεδομένα και μεθόδους ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα. Με τις ιεραρχίες εξειδίκευσης και συμπερίληψης μοντελοποιούνται σχετικά εύκολα ακόμα και πολύπλοκες οντότητες του πραγματικού κόσμου. [14]

Τα πρώτα δύο μοντέλα, όπως αναφέρθηκε, σήμερα θεωρούνται δύσχρηστα και συνεπώς είναι ξεπερασμένα. Τα τελευταία δύο είναι ευρέως διαδεδομένα και πλέον είναι τα πιο κατάλληλα για τις βάσεις δεδομένων. Ωστόσο, το πιο διαδεδομένο μοντέλο είναι παγκοσμίως, το σχεσιακό, το οποίο χρησιμοποιείται και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Για το λόγο αυτό, αποτελεί και το μοντέλο στο οποίο βασίζεται η βάση δεδομένων της παρούσας εργασίας.

3.3.2 Το σχεσιακό μοντέλο

Ο Edgar F. Codd, ο οποίος το ανέπτυξε, θεωρούσε ότι οι αιτήσεις του χρήστη θα πρέπει να αναζητούν δεδομένα με βάση το περιεχόμενο και όχι ακολουθώντας απλά συνδέσμους, όπως συνέβαινε μέχρι τότε [33]. Επάνω στη στέρεη βάση του σχεσιακού μοντέλου έχουν αναπτυχθεί κορυφαία προϊόντα λογισμικού συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS), όπως την οικογένεια προϊόντων DB2 της IBM, την Informix, την Oracle, τα προϊόντα MS-Access και MS-SQLServer της Microsoft, την Paradox και άλλες.

Η ισχύς του σχεσιακού μοντέλου βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι χαρακτηρίζεται από απλότητα και ελκυστικότητα. Η οπτική του θεωρεί τη βάση δεδομένων ως ένα σύνολο από έναν ή περισσότερους πίνακες. Σήμερα έχει επικρατήσει στην αναπαράσταση των δεδομένων, καθώς διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς τα άλλα δύο μοντέλα και οι βάσεις δεδομένων που σχεδιάζονται σύμφωνα με αυτό αποκαλούνται σχεσιακές (Relational Databases) [33]. Με άλλα λόγια, μία σχεσιακή βάση δεδομένων ονομάζεται μία συλλογή σχέσεων που έχουν διακριτά ονόματα. Με τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων διαθέτουμε έναν σαφή, απλό και εύκολα κατανοητό τρόπο για να μπορέσουμε να αναπαραστήσουμε και να διαχειριστούμε τα δεδομένα μας.

Στο μοντέλο αυτό ο χρήστης βλέπει τις οντότητες και τις συσχετίσεις με τη μορφή πινάκων (Tables) και σχέσεων (Relations) αντίστοιχα. Ένας πίνακας, που αποτελεί ένα σύνολο οντοτήτων, αποτελείται από γραμμές και στήλες. Η κάθε γραμμή ονομάζεται εγγραφή (Record) ή πλειάδα (Tuple), ενώ η κάθε στήλη ονομάζεται πεδίο (Field) ή ιδιότητα (Attribute). Η κάθε εγγραφή ή πλειάδα αποτελεί μία οντότητα.

<u>Κωδικός</u> <u>Δραστηριότητας</u>	Ονομασία Δραστηριότητας
23	Μπάλωμα
24	Επίστρωση
25	Σφράγιση ρωγμών

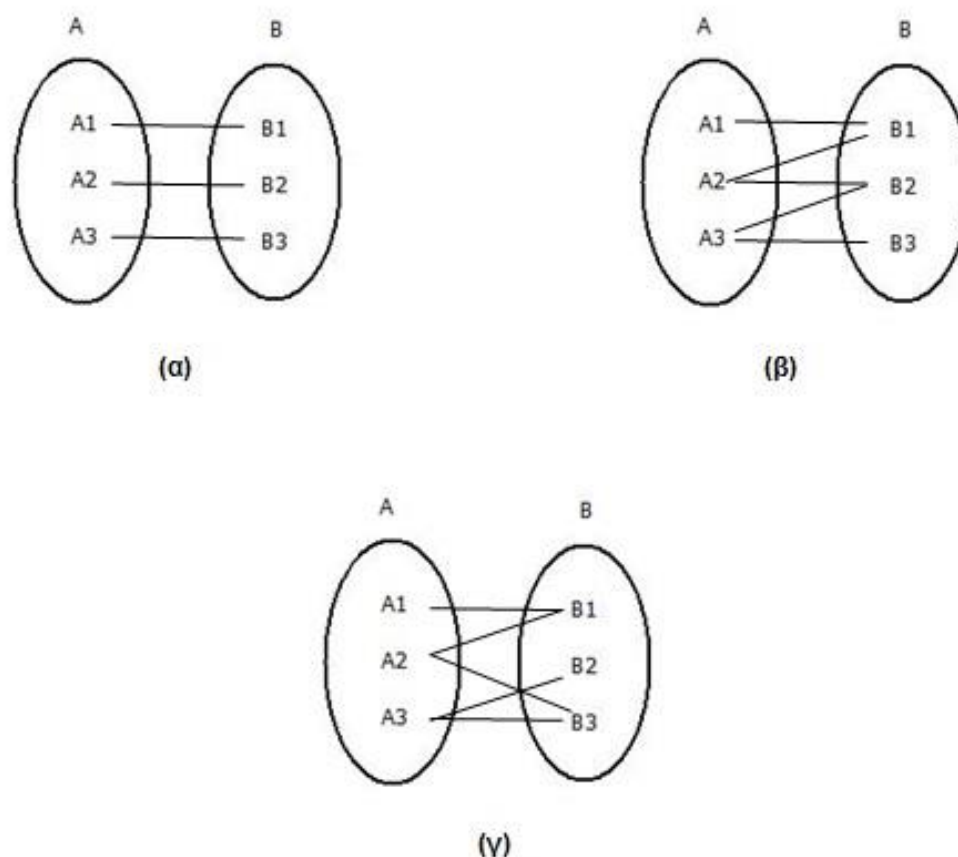
Πίνακας 2: Το σύνολο οντοτήτων «Δραστηριότητες»

Μία βάση δεδομένων είναι χρήσιμη μόνο όσο καταχωρεί χρήσιμες και σωστές πληροφορίες. Συνεπώς, λογική απαίτηση αποτελεί το DBMS να αποτρέπει την καταχώρηση λανθασμένης πληροφορίας. Βασικός περιορισμός είναι ο αποκαλούμενος περιορισμός κλειδιού, που ονομάζεται η δήλωση ότι υπάρχει κάποιο ελαχιστοποιημένο υποσύνολο του συνόλου των εγγραφών ενός πίνακα, του οποίου η τιμή προσδιορίζει μονοσήμαντα την κάθε εγγραφή [33]. Με άλλα λόγια, δεν επιτρέπεται δύο εγγραφές σε έναν πίνακα να έχουν ακριβώς την ίδια τιμή σε όλες τις ιδιότητες.

Ένα σύνολο πεδίων το οποίο προσδιορίζει την κάθε μία εγγραφή λέγεται ότι αποτελεί ένα υποψήφιο κλειδί για τον πίνακα [33]. Για συντομία, τις περισσότερες φορές το αποκαλούμε απλώς κλειδί. Για παράδειγμα, στον πίνακα «Δραστηριότητες» (Πίνακας 2) το πεδίο «Κωδικός_Δραστηριότητας» αποτελεί ένα υποψήφιο κλειδί. Από το σύνολο των διαθέσιμων πεδίων, ο σχεδιαστής της βάσης δεδομένων μπορεί να επιλέξει και να ορίσει ένα κύριο ή πρωτεύον κλειδί.

Ένα επιπλέον βασικό χαρακτηριστικό των Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων αποτελεί το πλήθος στοιχείων απεικόνισης ή η πολλαπλότητα των σχέσεων. Ο αριθμός στοιχείων μιας απεικόνισης εκφράζει τον αριθμό των οντοτήτων, με τον οποίο μπορεί να συσχετιστεί μία οντότητα. Όταν τα σύνολα οντοτήτων που συμμετέχουν σε μια συσχέτιση είναι δύο, τότε η συσχέτιση αποκαλείται δυαδική. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι δυνατές δυαδικές συσχετίσεις. [33]

- Ένα προς ένα: Μία οντότητα του συνόλου A συσχετίζεται το πολύ με μία οντότητα του συνόλου B και αντίστροφα.
- Ένα προς πολλά: Μία οντότητα του συνόλου A συσχετίζεται με οποιονδήποτε αριθμό οντοτήτων (0 ή περισσότερες) του συνόλου B. Ωστόσο, μία οντότητα του B μπορεί να συσχετιστεί το πολύ με μία οντότητα του A.
- Πολλά προς πολλά: Μία οντότητα του συνόλου A συσχετίζεται με οποιονδήποτε αριθμό οντοτήτων (0 ή περισσότερες) του συνόλου B και αντίστροφα.

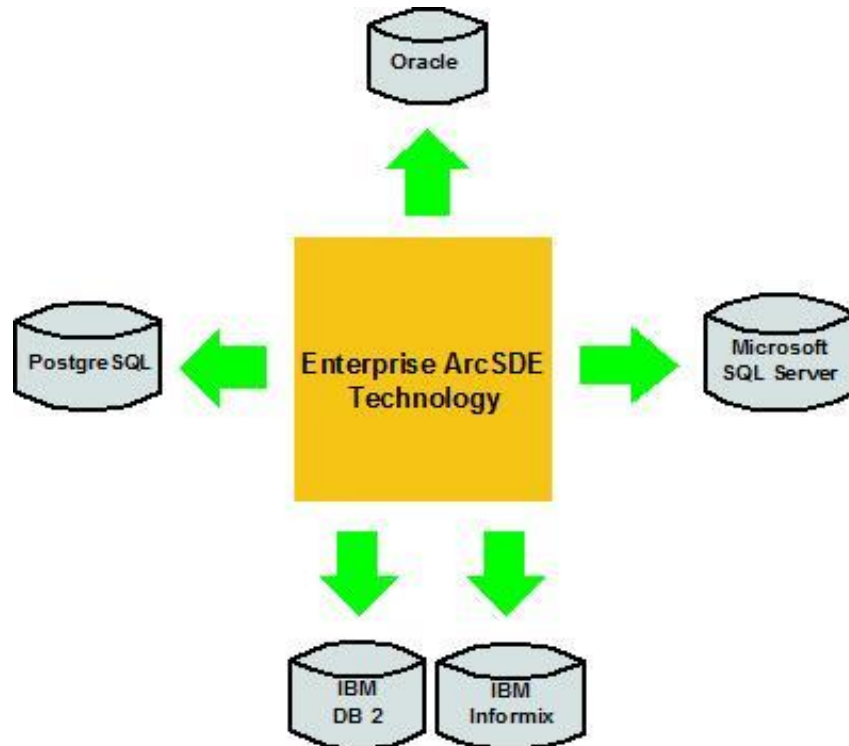


Σχήμα 9: Πολλαπλότητα σχέσεων (α) Ένα προς ένα, (β) Ένα προς πολλά, (γ) Πολλά προς πολλά

3.3.3 Επιλογή Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων

Σήμερα στην αγορά κυκλοφορούν διάφορα σχεσιακά DBMS τα οποία θα μπορούσαν να διακριθούν σε μεγάλα και μικρά. Τα μικρά αφορούν κυρίως απλούς χρήστες, όπως είναι η Microsoft Access, η Paradox, η FoxPro και άλλα, ενώ τα μεγάλα αφορούν κυρίως μεγάλους οργανισμούς και επιχειρήσεις, έχουν τεράστιο όγκο δεδομένων και πολλούς χρήστες ταυτόχρονα, και τέτοια συστήματα είναι τα Oracle, Ingres, Informix, SQL Server και άλλα. Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι προφανές ότι θα χρειαστεί ένα μεγάλο σχεσιακό DBMS. Ωστόσο, θα πρέπει να είναι συμβατό με το λογισμικό του GIS που επιλέχθηκε. Για τη δημιουργία μιας γεωβάσης πολλών χρηστών και υπερβολικά μεγάλου όγκου δεδομένων στο ArcGIS προσφέρονται ως χώρος αποθήκευσης πέντε διαφορετικά λογισμικά: η

Oracle DB της Oracle Corporation, η DB2 και η Informix της IBM, η PostgreSQL και η SQL Server της Microsoft [31].



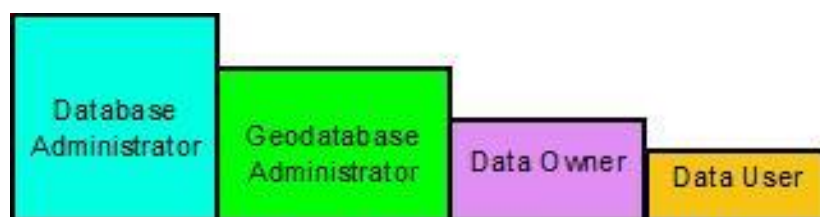
Σχήμα 10: Τεχνολογία ArcSDE και υποστηριζόμενα λογισμικά

Ως προς τη λειτουργία και την ικανότητα των παραπάνω DBMS οι μεταξύ τους διαφορές είναι ελάχιστες. Ξεχωρίζουν η PostgreSQL και η SQL Server που είναι λογισμικά ανοικτού κώδικα (συνεπώς μπορούμε να επέμβουμε στον τρόπο λειτουργίας τους) και προσφέρονται χωρίς οικονομικό αντίτιμο στο διαδίκτυο. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο διαθέτει την Microsoft SQL Server και συνεπώς αποτελεί το σχεσιακό DBMS που χρησιμοποιήθηκε.

3.4 Χρήστες και δικαιώματα

Η βάση δεδομένων είναι πολλαπλών χρηστών και συνεπώς δεν είναι δυνατόν να έχουν όλοι τα ίδια προνόμια σε αυτή. Ο κάθε χρήστης που έχει πρόσβαση συνδέεται με ένα λογαριασμό, ο οποίος έχει κάποια δικαιώματα. Τα δικαιώματα αυτά προσδιορίζουν σε ποια δεδομένα έχει πρόσβαση ο κάθε χρήστης και πως μπορεί να τα αξιοποιήσει. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος να έχει τη δυνατότητα μόνο της προβολής ενός συνόλου κλάσεων, ενώ κάποιος άλλος να έχει και τη δυνατότητα επεξεργασίας αυτού.

Οι λογαριασμοί χρηστών είναι μοναδικά ονόματα με κωδικούς πρόσβασης που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση ενός ατόμου που συνδέεται στη βάση δεδομένων. Επιπλέον, μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τα καθήκοντα που τους παρέχονται. Οι χρήστες που απαρτίζουν το σύστημα είναι ο διαχειριστής της βάσης δεδομένων (Database Administrator), ο διαχειριστής της γεωβάσης (Geodatabase Administrator), ο κάτοχος των δεδομένων (Data Owner) και ο απλός χρήστης (Data User).



Εικόνα 17: Χρήστες που απαρτίζουν το σύστημα

Διαχειριστής βάσης δεδομένων (Database Administrator)

Δημιουργείται αυτομάτως μετά την εγκατάσταση του DBMS και είναι ο επικεφαλής όλων των χρηστών. Είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία νέων χρηστών, τη δημιουργία της γεωβάσης αλλά και για το backup αυτής.

Διαχειριστής γεωβάσης (Geodatabase Administrator)

Είναι ο διαχειριστής της γεωβάσης και συνεπώς διαθέτει όλα τα δικαιώματα για κάθε σύνολο κλάσεων στοιχείων (Feature Dataset). Επίσης, μπορεί να έχει τον έλεγχο

όλων των επεξεργασιών των χρηστών στη γεωβάση και να είναι ο μοναδικός, εάν αυτός το επιθυμεί, που μπορεί να τις εγκρίνει.

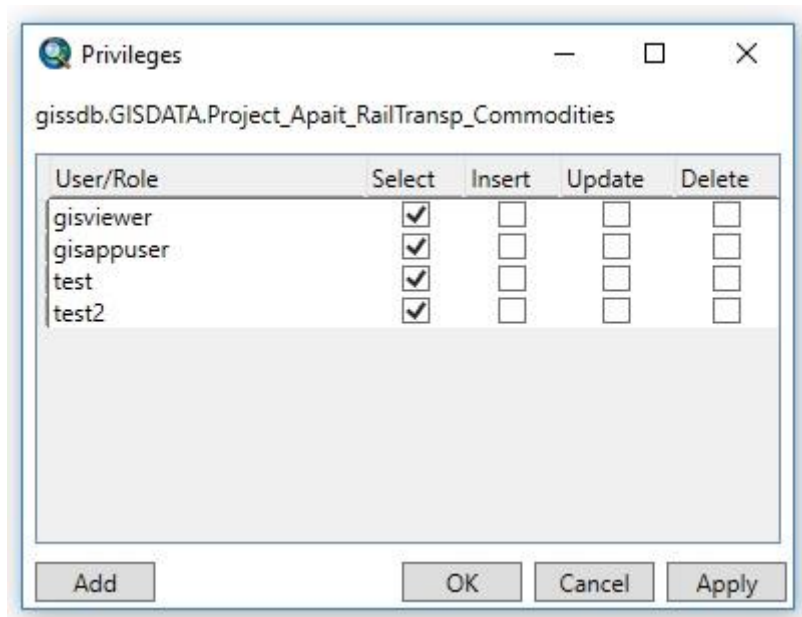
Κάτοχος δεδομένων (Data Owner)

Οι κάτοχοι δεδομένων έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν και να δημιουργούν δεδομένα, να διαχειρίζονται τα δικαιώματα των χρηστών και γενικά έχουν παρόμοια προνόμια με τον διαχειριστή γεωβάσης.

Απλός Χρήστης (Data User)

Οι απλοί χρήστες έχουν τόσα δικαιώματα όσα τους παρέχει ο διαχειριστής και ο κάτοχος δεδομένων, σε σύνολα κλάσεων στοιχείων.

Οι τέσσερις τύποι δικαιωμάτων που παρέχονται σε ένα χρήστη είναι η επιλογή (Select), εισαγωγή (Insert), ενημέρωση (Update) και διαγραφή (Delete).



Εικόνα 18: Το παράθυρο παραχώρησης δικαιωμάτων

Επιλογή (Select): επιτρέπει στο χρήστη να προβάλλει όλα τα στοιχεία και συνεπώς εάν αυτός το επιθυμεί, μπορεί να τα αντιγράψει και να τα προσθέσει σε δικό του Feature Dataset.

Εισαγωγή (Insert): επιτρέπει την προσθήκη νέων στοιχείων στις κλάσεις στοιχείων. Σημειώνεται ότι δεν του επιτρέπεται η προσθήκη νέων κλάσεων στοιχείων σε σύνολο κλάσεων άλλου κατόχου (Data Owner). Επιπλέον, δεν του παρέχεται η δυνατότητα να προσθέσει νέο πεδίο (χαρακτηριστικό γνώρισμα) σε πίνακα χαρακτηριστικών κλάσης στοιχείου άλλου κατόχου (Data Owner).

Update: επιτρέπει την ενημέρωση των στοιχείων.

Delete: επιτρέπει την διαγραφή των στοιχείων. Σημειώνεται ότι δεν του επιτρέπεται η διαγραφή κλάσεων στοιχείων από σύνολο κλάσεων άλλου κατόχου (Data Owner). Επιπλέον, δεν του παρέχεται η δυνατότητα να διαγράψει ένα υπάρχον πεδίο (χαρακτηριστικό γνώρισμα) σε πίνακα χαρακτηριστικών κλάσης στοιχείου άλλου κατόχου (Data Owner).

Η βάση δεδομένων πρέπει να είναι σε θέση να επαληθεύει τους λογαριασμούς χρηστών που προσπαθούν να συνδεθούν σε αυτή. Αυτό σημαίνει ότι ο διαχειριστής της βάσης (Database Administrator) πρέπει να προσθέσει χρήστες στη βάση δεδομένων. Η βάση ελέγχει τη λίστα των χρηστών για να βεβαιωθεί ότι ένας χρήστης μπορεί να κάνει σύνδεση και η διαδικασία αυτή ονομάζεται έλεγχος ταυτότητας.

Μόλις προστεθούν οι χρήστες δίνονται συγκεκριμένα δικαιώματα σε αυτούς για να καθοριστεί τι επιτρέπεται να κάνουν στη βάση δεδομένων και τι όχι. Αυτό γίνεται από τον δημιουργό κάθε συνόλου κλάσεων στοιχείων (Feature Dataset), δηλαδή από τον Data Owner. Η βάση ελέγχει αυτά τα δικαιώματα, όταν ένας χρήστης με έλεγχο ταυτότητας προσπαθεί να αποκτήσει πρόσβαση ή να αλλάξει δεδομένα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται εξουσιοδότηση (authorization).

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ομαδοποίησης των χρηστών με βάση τις ανάγκες τους για πρόσβαση σε δεδομένα και την εκχώρηση προνομίων σε μια ομάδα. Αυτό μπορεί να μειώσει το χρόνο που δαπανάται για την τροποποίηση των δικαιωμάτων κάθε χρήστη και απλοποιεί τη διαχείριση μεγάλου αριθμού προνομίων για μεγάλο αριθμό χρηστών. Ως εκ τούτου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ομάδες που ονομάζονται επίσης ρόλοι και παρέχουν δικαιώματα στους χρήστες με βάση τις κοινές επιτρεπόμενες λειτουργίες τους.

3.5 Στρατηγικές διαχείρισης των δεδομένων της γεωβάσης

Σε μία γεωγραφική βάση δεδομένων, στην οποία έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες είναι λογικό να υπάρξει μεγάλος αριθμός επεξεργασιών. Κάποιες από αυτές μπορεί να συμβαίνουν την ίδια χρονική στιγμή από δύο ή περισσότερους χρήστες στην ίδια κλάση στοιχείων. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή διαφοροποίηση των αρχικών δεδομένων και επομένως να καθίσταται δύσκολος ο έλεγχος ορθότητας αυτών. Καλείται λοιπόν ο δημιουργός της κλάσης στοιχείων ή του συνόλου κλάσεων στοιχείων να επιλέξει κάποια στρατηγική διαχείρισης των δεδομένων του, ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητά τους. Το ArcGIS προσφέρει διάφορες μεθόδους προστασίας δεδομένων επιτρέποντας παράλληλα και την επεξεργασία αυτών. Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι δύο βασικές μέθοδοι οι οποίες μπορούν να καθοριστούν για ένα σύνολο κλάσεων στοιχείων (Feature Dataset).

3.5.1 Μέθοδος εργασίας με “nonversioned data”

Προσθέτοντας στη γεωβάση κάποια Feature Class ή ένα σύνολο κλάσεων (Feature Dataset), αυτό δηλώνεται αυτομάτως ως “nonversioned”. Κατά τη μέθοδο αυτή, όταν ένας χρήστης τροποποιεί κάποιο στοιχείο (μία σειρά ενός πίνακα) ή ένα χαρακτηριστικό γνώρισμά της (μία στήλη ενός πίνακα), τότε το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων «κλειδώνει» τα αντίστοιχα κελιά ώστε να μην μπορούν να τροποποιηθούν από άλλους χρήστες την ίδια χρονική στιγμή. Μόλις ολοκληρώσει ο χρήστης τις αλλαγές του, το DBMS ελευθερώνει πάλι τα αντίστοιχα δεδομένα και έτσι τίθενται ξανά στην διάθεση όλων των χρηστών. Η ολοκλήρωση των αλλαγών πραγματοποιείται όταν ο χρήστης επιλέξει να κάνει αποθήκευση. Για να αποφεύγονται οι μεγάλοι χρόνοι αναμονής που προκύπτουν από τα «κλειδώματα», συνιστάται η αποθήκευση ανά τακτικά χρονικά διαστήματα.

Πλεονεκτήματα μεθόδου:

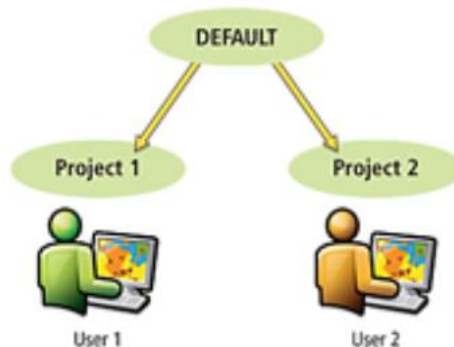
- Απλή μέθοδος: Αποτελεί τον πιο απλό τρόπο διαχείρισης δεδομένων καθώς αποφεύγονται χρονοβόρες διαδικασίες και έλεγχοι.

Μειονεκτήματα μεθόδου:

- Μη αναστρέψιμη αλλαγή: Μόλις αποθηκευτούν από το χρήστη όλες οι πραγματοποιούμενες αλλαγές, δεν υπάρχει δυνατότητα επαναφοράς των αρχικών δεδομένων.
- Περιορισμένες δυνατότητες: Δεν μπορούν δύο, ή περισσότεροι χρήστες να επεξεργάζονται ταυτόχρονα τα ίδια δεδομένα.

3.5.2 Μέθοδος εργασίας με “versioned data”

Η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει στους χρήστες να επεξεργάζονται τα ίδια δεδομένα μιας γεωβάσης την ίδια χρονική στιγμή χωρίς να υπάρξουν αντίστοιχα «κλειδώματα», όπως στην προηγούμενη μέθοδο. Γενικά, μια Version αντιπροσωπεύει ένα χρονικό στιγμιότυπο της γεωβάσης και περιέχει όλες τις πραγματοποιούμενες τροποποιήσεις σε αυτή [31]. Κατά την ενεργοποίηση της επιλογής “Version” σε ένα Feature Dataset δημιουργείται αυτομάτως η Default Version που είναι η ριζική Version και αποτελεί τον προκάτοχο όλων των υπόλοιπων.



Εικόνα 19: Η εργασία με Versions

Κάθε Version περιλαμβάνει τον αρχικό πίνακα (Attribute table) και δύο νέους πίνακες, που ονομάζονται Delta Tables, όπου καταγράφονται όλες οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν σε αυτήν. Αναλυτικά, στον πίνακα “Adds Table” καταγράφονται όλες οι προσθήκες δεδομένων, ενώ στον πίνακα “Deletes Table” όλες οι διαγραφές.

Default Version

before editing

Base Table

45	44
41	42
43	

ObjectID	Perimeter	Bldg_Code	Area
41	30106.25	04	1253459.45
42	27458.37	04	1048592.56
43	32945.09	04	1584562.04
44	30001.55	04	1116459.67
45	30556.38	04	1362965.03

Adds Table

ObjectID	Other Columns	State_ID

Deletes Table

Deleted_at	Deletes_Row_ID	State_ID

Updated Feature

after edit session

Base Table

47	44
41	42
43	

ObjectID	Perimeter	Bldg_Code	Area
41	30106.25	04	1253459.45
42	27458.37	04	1048592.56
43	32945.09	04	1584562.04
44	30001.55	04	1116459.67
47	43834.07	06	1953473.02

Adds Table

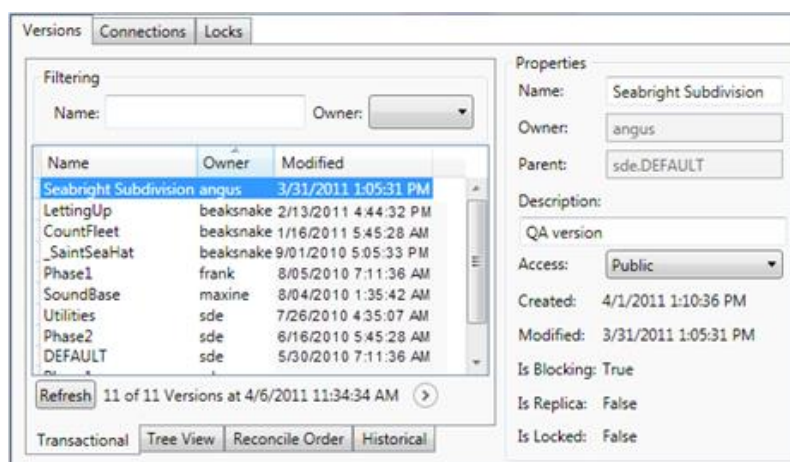
ObjectID	Other Columns	State_ID
47	<...>	47

Deletes Table

Deleted_at	Deletes_Row_ID	State_ID
45	<...>	0

Εικόνα 20: Παράδειγμα μιας version

Απώτερος σκοπός της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι να παρέχεται στο διαχειριστή (Geodatabase Administrator) ο έλεγχος όλων των επεξεργασιών των χρηστών και η δυνατότητα να μπορεί να επιλέγει ποιές από αυτές θα γίνονται δεκτές. Η έγκριση επιτυγχάνεται με την εντολή Reconcile και μόλις αυτή εκτελεστεί, μεταβιβάζονται όλες οι επεξεργασίες στην Default. Η παρακολούθηση όλων των Versions μιας Γεωβάσης γίνεται μέσω του Version Manager που εμπεριέχεται στη Versioning Toolbar. Οι μεταξύ τους σχέσεις απεικονίζονται αναλυτικά στην καρτέλα “Tree View”.



Εικόνα 21: “Version Manager”

Πλεονεκτήματα μεθόδου:

- Επιτρέπει την ταυτόχρονη επεξεργασία πολλών χρηστών, χωρίς περιορισμούς.
- Δίνει την δυνατότητα στον διαχειριστή της γεωβάσης (Geodatabase Administrator) να ελέγχει όλες τις επεξεργασίες και υπάρχει η επιλογή να είναι ο μοναδικός που μπορεί να ενημερώνει τη βάση, αποφεύγοντας έτσι μη αναστρέψιμα λάθη.

Μειονεκτήματα μεθόδου:

- Απαιτεί ισχυρό υπολογιστικό σύστημα λόγω του υπερβολικά μεγάλου όγκου δεδομένων που μπορεί να προκύψει από την ανάκτηση όλων των Versions.

3.6 Τεχνικές εισόδου

Η εισαγωγή των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την πληκτρολόγησή τους είτε με την εισαγωγή πινάκων που έχουν παραχθεί σε άλλα προγράμματα. Υπάρχουν πολλές πηγές δεδομένων σε μορφή πίνακα και το ArcGIS συνδυάζεται με πολλές μορφές αυτών. Κυρίαρχο είδος πινάκων που χρησιμοποιούνται στο ArcGIS είναι αυτοί που παράγονται στο MS Excel, της μορφής .xls και .csv, ή στην MS Access, της μορφής .mdb και .accdb, είτε με άμεση πρόσβαση στο ArcGIS είτε μέσω της λειτουργίας OLE DB. Επιπροσθέτως, μπορεί να γίνει εισαγωγή αρχείου της μορφής .txt.

3.6.1 Πληκτρολόγηση δεδομένων

Με αυτή την τεχνική ο χρήστης χρησιμοποιεί το πληκτρολόγιο του προσωπικού του υπολογιστή για να εισάγει δεδομένα απευθείας στο περιβάλλον του ArcMap και αποτελεί μία ιδιαίτερα απλή και εύκολη μέθοδο, η οποία ωστόσο δεν παύει να είναι χρονοβόρα. Αν και ο χρόνος που απαιτείται για την εισαγωγή των δεδομένων μέσω πληκτρολογίου είναι αρκετός, η μέθοδος είναι συχνά η ασφαλέστερη όλων, καθώς ο διαχειριστής της βάσης είναι απαραίτητο να ελέγξει τα δεδομένα προς εισαγωγή. Ο έλεγχος αυτός, γίνεται ως προς την εγκυρότητα των πληροφοριών, πράγμα το οποίο

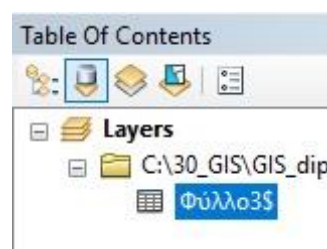
ο υπολογιστής και το λογισμικό δεν έχουν την ικανότητα να πραγματοποιήσουν με αυτοματοποιημένη διαδικασία ή μη.

3.6.2 Εισαγωγή νέου υπολογιστικού φύλλου – πίνακα ή βάσης δεδομένων

Με την τεχνική αυτή ο χρήστης εισάγει ένα νέο υπολογιστικό φύλλο ή μια βάση δεδομένων από τον προσωπικό του υπολογιστή στο περιβάλλον του ArcMap. Έτσι, μπορεί στην πορεία να επιτευχθεί τυχόν επιθυμητή σύνδεση μιας κλάσης στοιχείων (feature class) με ένα αρχείο Excel ή μια βάση δεδομένων.

Με τη συνένωση/σύνδεση πινάκων επιτυγχάνεται η προσάρτηση πεδίων από έναν πίνακα σε ένα δεύτερο. Για να πραγματοποιηθεί αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα κοινό πεδίο στους δύο πίνακες. Το όνομα των πεδίου των πινάκων δεν είναι αναγκαίο να είναι το ίδιο, όμως πρέπει απαραίτητως οι τύποι τους να είναι συμβατοί μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένα πεδίο κειμένου δεν είναι συμβατό με ένα αριθμητικό πεδίο. Η διαδικασία που ακολουθείται για τη συνένωση των πινάκων είναι η ακόλουθη.

Πατώντας το κουμπί **“Add Data”** από την Toolbar **Standard** εισάγουμε τον πίνακα που χρειάζεται να εισάγουμε. Έτσι, βλέπουμε στο **Table of Contents** (πατώντας το κουμπί **“List by Source”** ) τον πίνακα του οποίου μόλις επιτεύχθηκε η εισαγωγή.



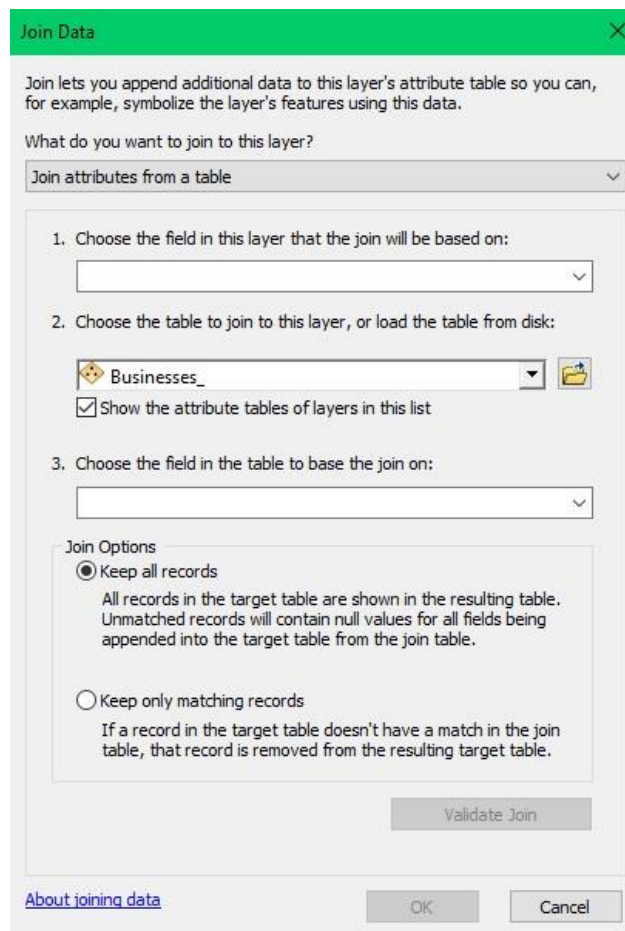
Εικόνα 22: Table of Contents

Χρειάζεται να εστιάσουμε στο γεγονός ότι οι τύποι των πεδίων στο Microsoft Excel πρέπει να έχουν ορισθεί εντός του προγράμματος που δημιουργήθηκαν και εκτός αυτού, πρέπει να είναι συμβατοί με τους αντίστοιχους τύπους πεδίων στο ArcGIS.

Για παράδειγμα, ένα πεδίο τύπου Text στο Microsoft Excel δεν είναι δυνατόν να είναι πεδίο τύπου Double στο ArcGIS. Σε περίπτωση λάθους, το πεδίο που δημιουργήθηκε στο Microsoft Excel δε θα εμφανίζεται στον πίνακα περιγραφικών δεδομένων στο ArcGIS.

Με τρόπο με τον οποίο έχει γίνει η εισαγωγή του πίνακα, πραγματοποιείται και η εισαγωγή του θεματικού επιπέδου στο οποίο θα γίνει η σύνδεση. Ακολούθως, κάνουμε δεξί κλικ σε αυτό το θεματικό επίπεδο → **Joins and Relates** → **Join**. Στη φόρμα διαλόγου που εμφανίζεται εκτελούμε τα ακόλουθα βήματα:

- Στο πρώτο πλαίσιο επιλέγουμε Join attributes from a table.
- Στο δεύτερο πλαίσιο επιλέγουμε το πεδίο μέσα από το θεματικό επίπεδο στο οποίο θα βασιστεί η σύνδεση με τον πίνακα.
- Επιλέγουμε τον πίνακα με τον οποίο θα γίνει η σύνδεση (συνήθως αφού έχουμε εισάγει τον πίνακα στο χάρτη αναγνωρίζεται από το πρόγραμμα αυτόματα).
- Στο τελευταίο πλαίσιο επιλέγουμε το πεδίο μέσα από τον πίνακα με το οποίο γίνεται η σύνδεση.



Εικόνα 23: Join Data

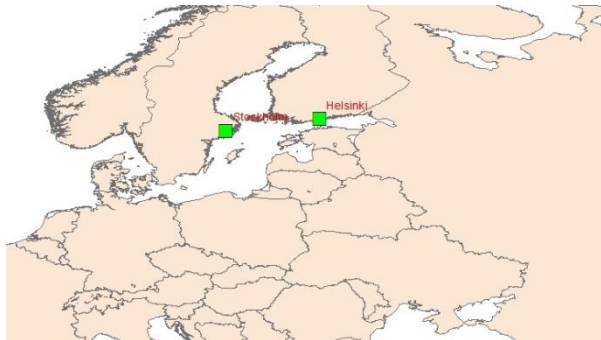
Χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση της συγκεκριμένης διαδικασίας, καθώς υποστηρίζει μόνο συσχετίσεις πινάκων ένα προς ένα και πολλά προς ένα. Στην περίπτωση της συσχέτισης πολλά προς πολλά (και ένα προς πολλά) χρησιμοποιείται μόνο η διαδικασία συσχέτισης πινάκων μέσω των **Relates** και όχι του **Join**. Τα βήματα που ακολουθούνται περιγράφονται στο Παράρτημα.

Για να αποθηκευθούν τα πεδία που προήλθαν από την παραπάνω διαδικασία χρειάζεται να εισαχθούν όλα σε μια νέα κλάση στοιχείων. Κάνουμε δεξί κλικ στο θεματικό επίπεδο → **Data** → **Export Data**. Στη φόρμα διαλόγου που ανοίγει επιλέγουμε στο πρώτο πεδίο All features, στο επόμενο να χρησιμοποιηθεί το γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων του θεματικού επιπέδου και τέλος ορίζουμε την τοποθεσία και το όνομα του νέου αρχείου που θα δημιουργήσουμε. Τέλος, αφού έχει γίνει η δημιουργία του νέου αρχείου μπορούμε να αφαιρέσουμε τη σύνδεση κάνοντας

δεξί κλικ στο θεματικό επίπεδο → **Joins and Relates** → **Remove Join(s)** → επιλογή του πίνακα.

Στην περίπτωση που θέλουμε να απεικονίσουμε σημεία, με δεδομένες τις γεωγραφικές συντεταγμένες τους σε ένα υπολογιστικό φύλλο του Microsoft Excel κάνουμε τα εξής βήματα:

- Αφού έχουμε κάνει εισαγωγή του υπολογιστικού φύλλου στο χάρτη, κάνουμε δεξί κλικ στο υπολογιστικό φύλλο → **Display XY Data**.
- Στο παράθυρο διαλόγου “Display XY Data” επιλέγουμε στο πεδίο “X Field” το “Longitude” και στο πεδίο “Y Field” το “Latitude”. Προσέχουμε στο πεδίο “Coordinate System of Input Coordinates” να βλέπουμε το σωστό σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, στην περίπτωσή μας το GCS_WGS_1984.

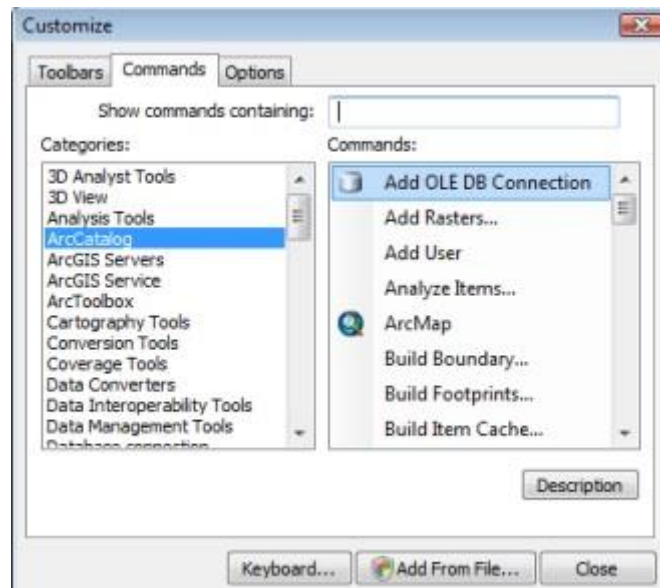


Εικόνα 24: Παράδειγμα εισαγωγής σημείων με γεωγραφικές συντεταγμένες

Αποθηκεύουμε τα σημεία σαν ξεχωριστό αρχείο, κάνοντας δεξί κλικ στο τρέχων θεματικό επίπεδο → **Data** → **Export Data**. Κάνουμε κλικ στο κουμπί **Browse** ώστε να αποθηκεύσουμε το αρχείο στη θέση που επιθυμούμε και ορίζουμε το επιθυμητό όνομα και τύπο.

Σε πολλές περιπτώσεις, κάποιος χρήστης μπορεί να επιθυμεί να εισάγει μια βάση δεδομένων στο ArcGIS. Στη συνέχεια αναλύεται η διαδικασία κατά την οποία επιτυγχάνεται η σύνδεση μιας βάσης δεδομένων που έχει παραχθεί στη Microsoft Access, καθώς είναι η συνηθέστερη μορφή βάσης που χρησιμοποιείται από τους φοιτητές, με το ArcGIS. Η εισαγωγή μιας βάσης δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω μιας

σύνδεσης OLE DB και έχει ως αφετηρία το ArcCatalog. Κάνουμε κλικ στο Μενού **Customize** → **Customize Mode**. Στο παράθυρο διαλόγου, στην καρτέλα Command επιλέγουμε από το πεδίο “Categories” το **ArcCatalog** και από το πεδίο “Command” το **Add OLE DB Connection** και «σέρνουμε» (drag and drop) το στοιχείο στη γραμμή εργαλείων που χρειαζόμαστε.



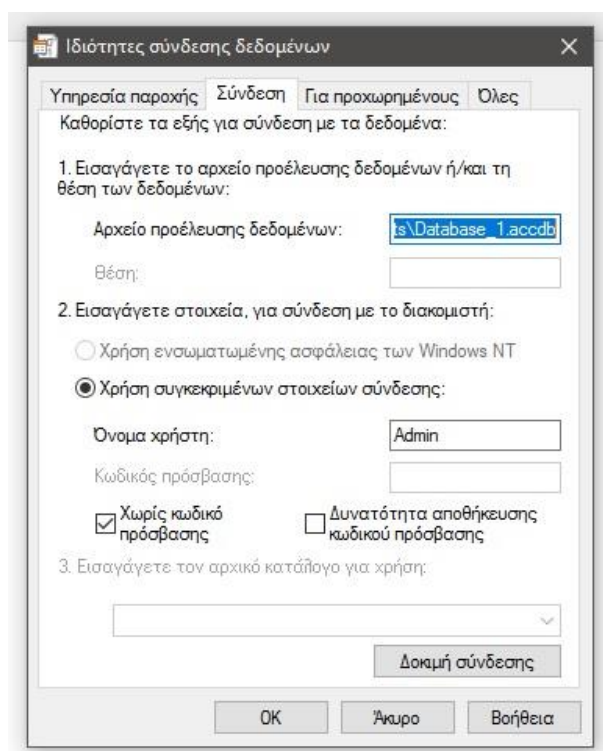
Εικόνα 25: Προσθήκη λειτουργίας OLE DB

Κάνουμε κλικ στο εργαλείο που προσθέσαμε στη γραμμή εργαλείων και στο παράθυρο διαλόγου που ανοίγει επιλέγουμε για αρχεία .mdb το **Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider**.

Στην επόμενη καρτέλα επιλέγουμε τη βάση δεδομένων που χρειαζόμαστε. Αν έχει κωδικό πρόσβασης τον πληκτρολογούμε. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο πλήκτρο **Δοκιμή Σύνδεσης**.

Πλέον όμως, για τους χρήστες της MS Access 2007 και 2010 τα αρχεία είναι τύπου .accdb. Σε αυτές τις περιπτώσεις στο παράθυρο διαλόγου “Ιδιότητες σύνδεσης δεδομένων” και στην καρτέλα Σύνδεση επιλέγουμε το **Microsoft Office 12.0 Access Database Engine OLE DB Provider**.

Στην επόμενη καρτέλα εισάγουμε τη βάση δεδομένων κάνοντας αντιγραφή και επικόλληση το path (τοποθεσία στον προσωπικό μας υπολογιστή) στο οποίο βρίσκεται. Αν έχει κωδικό πρόσβασης τον πληκτρολογούμε. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο πλήκτρο **Δοκιμή Σύνδεσης** και τέλος στο OK.



Εικόνα 26: Επιλογή βάσης δεδομένων

Για να χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα της MS Access από το παράθυρο Catalog στο ArcMap κάνουμε κλικ στο **Database Connections** και επιλέγουμε τη βάση δεδομένων.

Όπως και στην περίπτωση εισαγωγής υπολογιστικού φύλλου από το Microsoft Excel, έτσι και στην εισαγωγή βάσης δεδομένων ο τύπος πεδίων του ενός προγράμματος πρέπει να είναι συμβατός με τον τύπο πεδίων του άλλου.

3.6.3 Google Forms (Google Docs)

Τα Google Docs (Έγγραφα Google) είναι μια δωρεάν διαδικτυακή εφαρμογή με την οποία μπορούν να δημιουργηθούν, να επεξεργαστούν και να αποθηκεύονται

έγγραφα και υπολογιστικά φύλλα στο διαδίκτυο. Τα αρχεία μπορούν να προσπελαστούν από οποιοδήποτε υπολογιστή σε σύνδεση και ένα πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο, είναι δηλαδή διαθέσιμα χωρίς συνδρομή από το χρήστη, χωρίς να είναι απαραίτητο οποιοσδήποτε απαντήσει να έχει ενεργοποιημένο λογαριασμό (account) στην Google. Ωστόσο, ο χρήστης που έχει σκοπό να δημιουργήσει ένα έγγραφο, υπολογιστικό φύλλο και λοιπά πρέπει νωρίτερα να έχει κάνει εγγραφή στη Google.

Οι χρήστες των Google Docs μπορούν να εισάγουν, να δημιουργήσουν, να επεξεργαστούν και να ενημερώσουν έγγραφα και υπολογιστικά φύλλα σε διάφορες μορφές, συνδυάζοντας κείμενο με τύπους, λίστες, πίνακες και εικόνες. Τα Google Docs είναι συμβατά με τις περισσότερες εφαρμογές λογισμικού παρουσιάσεων και επεξεργασίας κειμένου. Οι εργασίες που έχουν γίνει μπορούν να δημοσιευθούν ως ιστοσελίδα ή ως έγγραφο έτοιμο για εκτύπωση.

Μεθοδολογία

Αρχικά, συνδεόμαστε στην ιστοσελίδα google.com με τα στοιχεία του προσωπικού μας λογαριασμού. Στη συνέχεια, πατώντας το πλήκτρο «Εφαρμογές Google» → «Ακόμη περισσότερα από τη Google» έχουμε πρόσβαση σε όλες τις εφαρμογές της. Επιλέγουμε «Μορφές» και έτσι μπορούμε να ξεκινήσουμε τη διαδικασία δημιουργίας νέας φόρμας. *Σημειώνεται ότι η λέξη «Μορφές» είναι αναγραμματισμός της Google. Ο σωστός όρος είναι «Φόρμες».*

Δίνεται ο τίτλος της φόρμας και στη συνέχεια δημιουργούνται οι ενότητες που χρειάζονται, καθώς και οι ερωτήσεις. Ακολούθως, δίνεται περιορισμός σε κάθε πεδίο (για παράδειγμα αριθμός μεγαλύτερος του μηδενός, κείμενο μακροσκελούς απάντησης ή σύντομης περιγραφής) και σημειώνεται ποια πεδία επιθυμεί ο δημιουργός να είναι υποχρεωτικά. Τα πεδία αυτά στη φόρμα εμφανίζονται με το σύμβολο (*).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

Ενότητα 1 από 5

Γενικά Στοιχεία

Περιγραφή φόρμας

Ονομασία Λιμένα *

Συμπληρώστε την πλήρη ονομασία του λιμένα

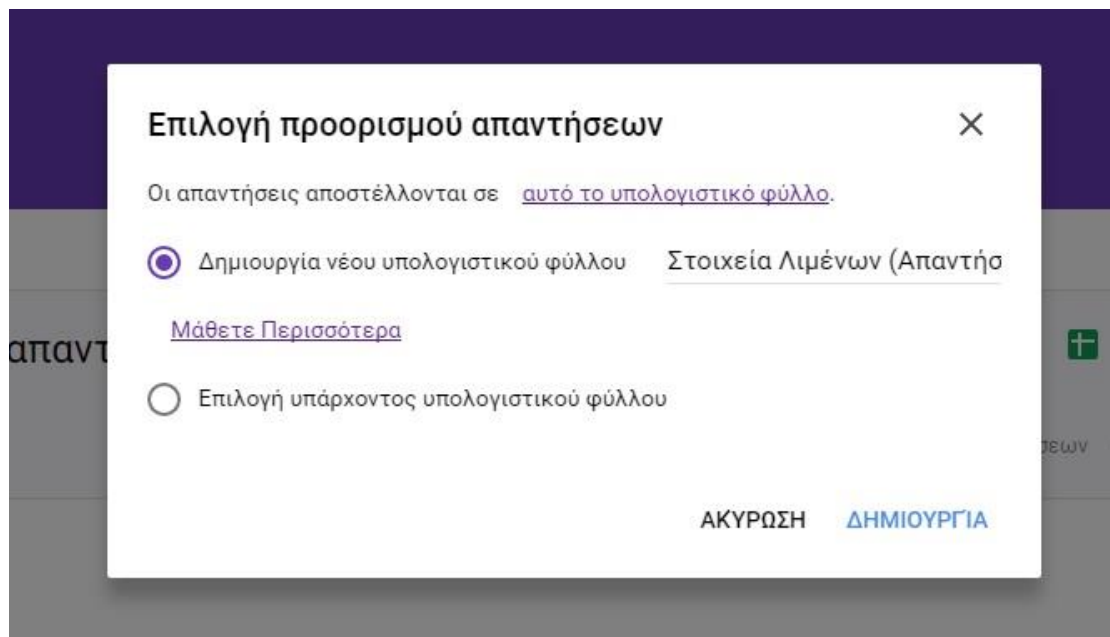
Κείμενο σύντομης απάντησης

Ιστοσελίδα Λιμένα *

Κείμενο σύντομης απάντησης

Εικόνα 27: Δημιουργία Φόρμας μέσω Google Docs

Στη συνέχεια, από την καρτέλα «ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ» και πατώντας το πλήκτρο , γίνεται η σύνδεση με υπολογιστικό φύλλο των Google Sheets, έτσι ώστε οι απαντήσεις που δίνονται να αποστέλλονται κατευθείαν σε αυτό. Πλέον, η φόρμα είναι έτοιμη για αποστολή σε άλλους χρήστες, που οι απαντήσεις τους συμπληρώνονται αυτόματα στο υπολογιστικό φύλλο και θα αποτελέσουν μέρος της τελικής βάσης δεδομένων. Τέλος, κάνοντας κλικ στο πλήκτρο «ΑΠΟΣΤΟΛΗ» πάνω δεξιά, παρέχεται από την Google συγκεκριμένο URL (ηλεκτρονική διεύθυνση στο διαδίκτυο) για τη συμπλήρωση της φόρμας, ώστε να είναι διαθέσιμη σε οποιονδήποτε χρήστη επιλέξουμε.



Εικόνα 28: Σύνδεση φόρμας με υπολογιστικό φύλλο

Αφού συμπληρωθεί η φόρμα από όλους τους χρήστες που επιλέξαμε, και συνεπώς το υπολογιστικό φύλλο είναι πλήρες με τις πληροφορίες, έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε λήψη του αρχείου στη μορφή που επιθυμούμε. Αυτό επιτυγχάνεται ανοίγοντας το συγκεκριμένο υπολογιστικό φύλλο και πατώντας **Αρχείο** → **Λήψη ως**.

3.6.4 Εισαγωγή κλάσης στοιχείων

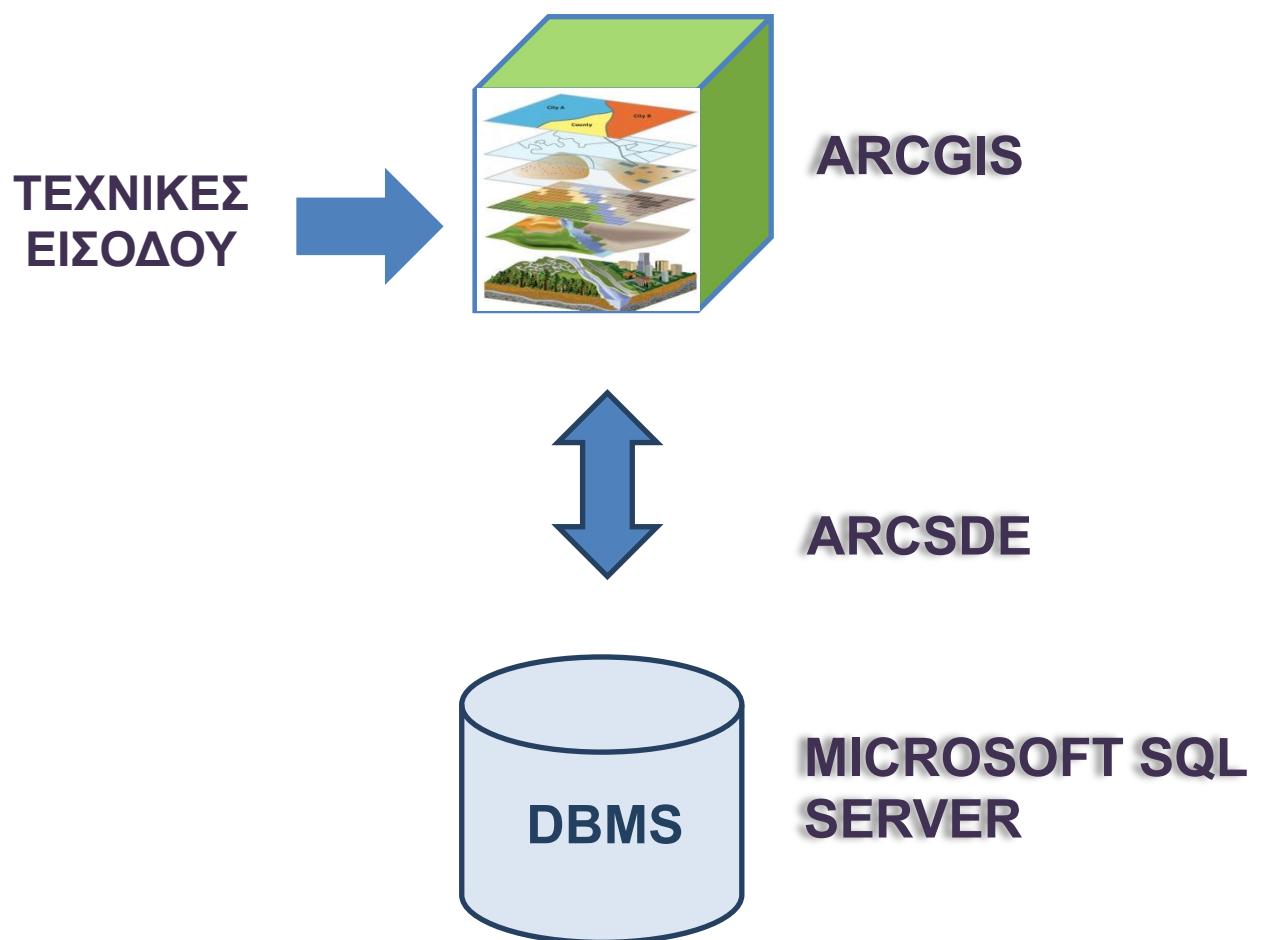
Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να εισάγει στη γεωβάση μια κλάση στοιχείων που έχει ήδη δημιουργηθεί και είναι αποθηκευμένη στον προσωπικό του υπολογιστή, είτε σε μια δικιά του προσωπική γεωβάση είτε σαν απλή κλάση στοιχείων, χρησιμοποιείται η εν λόγω τεχνική. Για να επιτευχθεί η εισαγωγή της feature class, κάνουμε δεξί κλικ στη συλλογή που επιθυμούμε να γίνει η προσθήκη → **Import** → **Feature Class (single)** ή **Feature class (multiple)** στις περιπτώσεις που επιθυμούμε την εισαγωγή περισσότερων της μίας κλάσης στοιχείων.

- Στο πεδίο “Input Features” επιλέγουμε το path στο οποίο βρίσκεται η κλάση
- Στο πεδίο “Output Location” είναι αυτόματα συμπληρωμένη η συλλογή κλάσεων στοιχείων που έχουμε επιλέξει, όπου θα γίνει η προσθήκη
- Στο πεδίο “Output Features” ορίζουμε το όνομα της κλάσης που θα εισαχθεί

Με τον τρόπο αυτό έχει πλέον πραγματοποιηθεί η εισαγωγή της κλάσης στοιχείων από τον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη στην Enterprise Geodatabase και συγκεκριμένα στη συλλογή κλάσεων στοιχείων που επιθυμεί.

3.7 Τελική μορφή του συστήματος

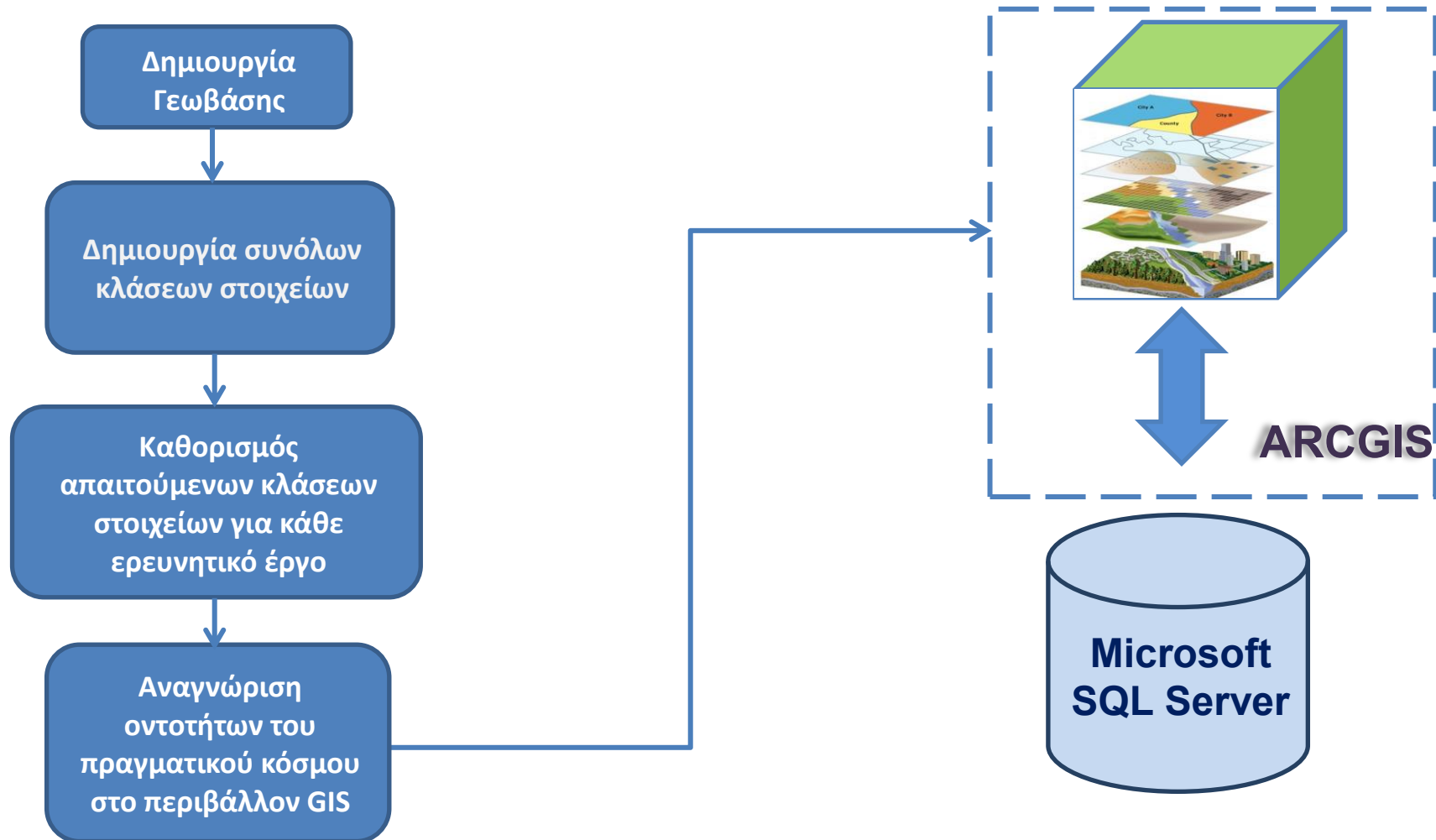
Έχοντας πλέον καταλήξει στα λογισμικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, παρουσιάζεται στο Σχήμα 11 η τελική μορφή του συστήματος.



Σχήμα 11: Τελική μορφή συστήματος

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε απεικονίζεται στο Σχήμα 12 και αναλύεται στη συνέχεια του κεφαλαίου:



Σχήμα 12: Ανάπτυξη βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS

4.1 Δημιουργία γεωβάσης

Πρώτα από όλα, μετά την εγκατάσταση των απαιτούμενων λογισμικών γίνεται η δημιουργία της γεωβάσης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του εργαλείου “Create Enterprise Geodatabase” στο περιβάλλον του ArcMap ή του ArcCatalog. Το εργαλείο αυτό εκτελέστηκε αφού είχε πραγματοποιηθεί η σύνδεση του Διαχειριστή Βάσης Δεδομένων.

4.2 Δημιουργία συνόλων κλάσεων στοιχείων

Αναγκαίο είναι να προσδιοριστούν και να ομαδοποιηθούν τα στοιχεία που εντάσσονται στη γεωβάση. Αρχικά, η ομαδοποίηση των κλάσεων πραγματοποιείται κατά ερευνητικό έργο. Έτσι, δημιουργούνται σύνολα κλάσεων στοιχείων (feature datasets), καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει το κάθε ερευνητικό έργο και περιέχει τις κλάσεις στοιχείων (feature classes) που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωσή του. Συνεπώς, οι κλάσεις στοιχείων είναι μεταξύ τους θεματικά συσχετισμένες.

Τα ερευνητικά έργα/διπλωματικές εργασίες που περιέχονται:

- Τα δίκτυα του ETIS (Europe Transport policy Information System)
- GIFT (Green Intermodal Freight Transport) – Βελτίωση σιδηροδρομικού δικτύου Πανευρωπαϊκού Διαδρόμου IV
- Διερεύνηση ανταγωνιστικότητας εμπορευματικής σιδηροδρομικής υπηρεσίας «Λιμένας Πειραιά – Σταθμός Pardubice/Τσεχία» σχετικά με εξυπηρετήσεις από Λιμένες Αδριατικής
- Διερεύνηση γενικών και ειδικών απαιτήσεων για σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων σε επιχειρήσεις της Βόρειας Ελλάδας (διπλωματική εργασία)
- Νέα σιδηροδρομική σήραγγα Gotthard της Ελβετίας και εναλλακτική διαδρομή της (εφαρμογή στα πλαίσια της παρούσας εργασίας)
- Επικαιροποίηση στοιχείων επιλεγμένων λιμένων της Μεσογείου (στα πλαίσια του μαθήματος Συνδυασμένες Μεταφορές του 9^{ου} εξαμήνου)



Εικόνα 29: Ομαδοποίηση σε feature datasets κατά ερευνητικό έργο

4.3 Καθορισμός απαιτούμενων κλάσεων στοιχείων κάθε ερευνητικού έργου

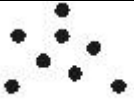
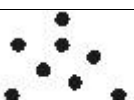
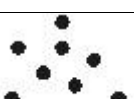
Σε αυτό το βήμα διερευνήθηκαν οι κλάσεις στοιχείων που είναι απαραίτητες για κάθε ερευνητικό έργο/διπλωματική εργασία και στη συνέχεια επιλέχθηκαν ανάμεσα στις διαθέσιμες πλέον κλάσεις της γεωβάσης.

Ερευνητικό έργο/Διπλωματικές εργασίες	Απαιτούμενες κλάσεις στοιχείων
GIFT (Green Intermodal Freight Transport) – Βελτίωση σιδηροδρομικού δικτύου Πανευρωπαϊκού Διαδρόμου IV	Σιδηροδρομικό δίκτυο (ETIS) Σημεία ενδιαφέροντος (ETIS)
Διερεύνηση ανταγωνιστικότητας εμπορευματικής σιδηροδρομικής υπηρεσίας Λιμένας Πειραιά – Σταθμός Pardubice/Τσεχία σχετικά με εξυπηρετήσεις από Λιμένες Αδριατικής	Σιδηροδρομικό δίκτυο (ETIS) Σημεία ενδιαφέροντος (ETIS) Λιμένες (ETIS)
Διερεύνηση γενικών και ειδικών απαιτήσεων για σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων σε επιχειρήσεις της Βόρειας Ελλάδας	Οδικό δίκτυο (ETIS) Σιδηροδρομικό δίκτυο (διαδικτυακός ιστότοπος ανοιχτών γεωχωρικών δεδομένων και υπηρεσιών για την Ελλάδα)
Νέα σιδηροδρομική σήραγγα Gotthard της Ελβετίας και εναλλακτική διαδρομή της	Σιδηροδρομικό δίκτυο (ETIS) Σημεία αναφοράς (ETIS)

Πίνακας 3: Απαιτούμενες κλάσεις στοιχείων κατά ερευνητικό έργο

4.4 Αναγνώριση οντοτήτων του πραγματικού κόσμου στο GIS

Ακολουθώντας, γίνεται κατάταξη των δεδομένων σε κατηγορίες γεωμετρικών αρχετύπων κατά κλάση στοιχείων. Ορίζεται ο γεωμετρικός τύπος της κάθε κλάσης στοιχείων που περιέχεται σε κάθε σύνολο. Έτσι, όλα τα γραμμικά δίκτυα (οδικοί άξονες, σιδηρόδρομος, θαλάσσιοι διάδρομοι, κλπ) αναπαρίστανται ως γραμμικά δεδομένα, οι κόμβοι (πόλεις, σημεία ενδιαφέροντος, κλπ) απεικονίζονται ως σημειακά δεδομένα και ορίζονται και τα πολύγωνα (χώρες, περιοχές ενδιαφέροντος, κλπ). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για το πρόγραμμα του ETIS και στο τέλος ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία προστέθηκαν και τα υπόλοιπα ερευνητικά έργα. Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους περιγράφεται η γεωμετρία των κλάσεων κάθε έργου.

Project ETIS	
Οντότητα	Γεωμετρία
Οδικοί άξονες	
Σιδηρόδρομος	
Χώρες	
Πόλεις	
Αεροδρόμια	
Σημεία ενδιαφέροντος	
Λιμένες	
Χερσαίοι τερματικοί σταθμοί	

Πίνακας 4: Η γεωμετρία των κλάσεων του ETIS

4.5 Διαθέσιμα θεματικά επίπεδα

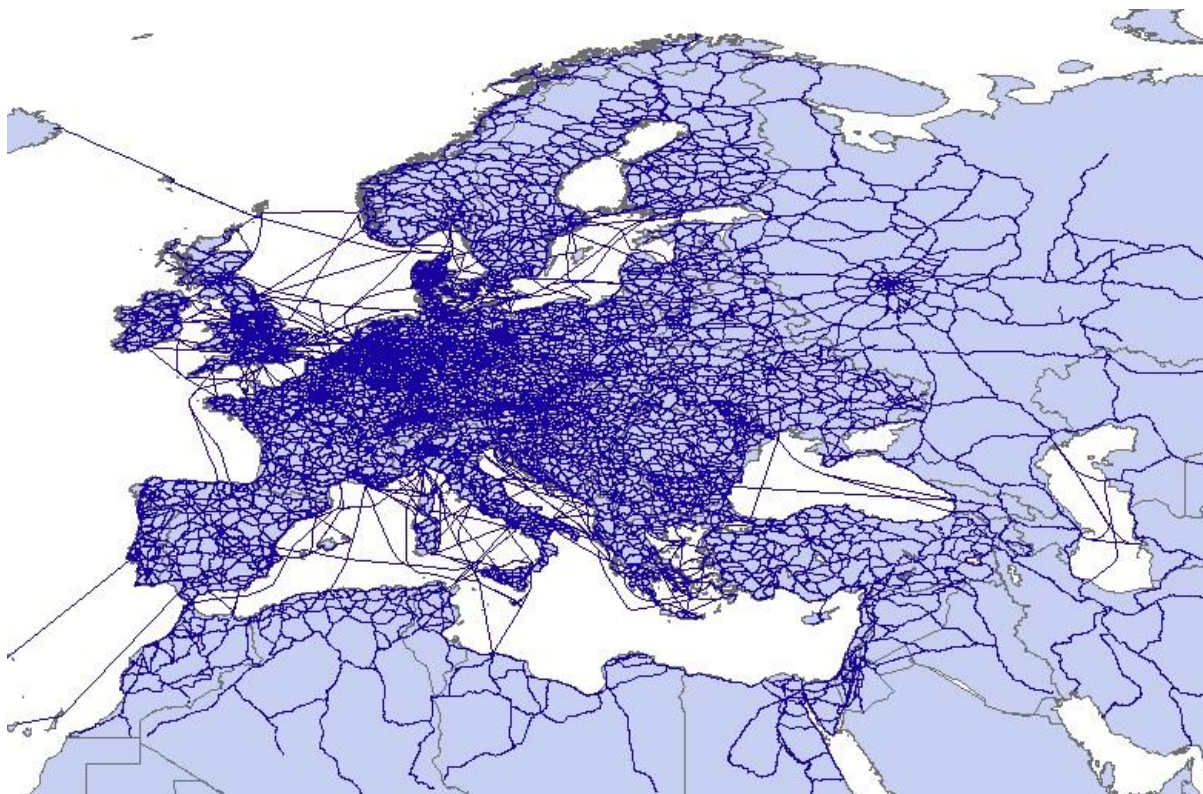
4.5.1 Τα δίκτυα του ETIS

Τα θεματικά επίπεδα που είναι στη διάθεση των χρηστών για προβολή και επεξεργασία είναι ουσιαστικά δίκτυα συγκοινωνιών. Τα δίκτυα αυτά στο περιβάλλον GIS είναι κατά βάση διανυσματικά δεδομένα. Αποτελούνται από διανύσματα τα οποία αποκαλούμε συνδέσμους και από σημεία, που αποκαλούνται κόμβοι. Το κάθε επιμέρους τμήμα των συνδέσμων και των κόμβων καλείται στοιχείο. Όπως έχει αναφερθεί, επιλέγεται το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (WGS '84) ως γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων.

Τα ιδιαίτερα σημαντικά θεματικά επίπεδα που παρέχονται στους χρήστες είναι εκείνα που αποτελούν το δίκτυο του ETIS και ETIS-plus. Όπως έχει αναφερθεί, το ETIS-plus αποτελεί μία βάση δεδομένων και ένα σύνολο δικτύων (οδικό, θαλάσσιο, σιδηροδρομικό, αεροπορικό και εσωτερικών πλωτών μεταφορών).

Βασικά στοιχεία που περιλαμβάνονται στο ETIS και ETIS-plus σχετικά με το οδικό δίκτυο:

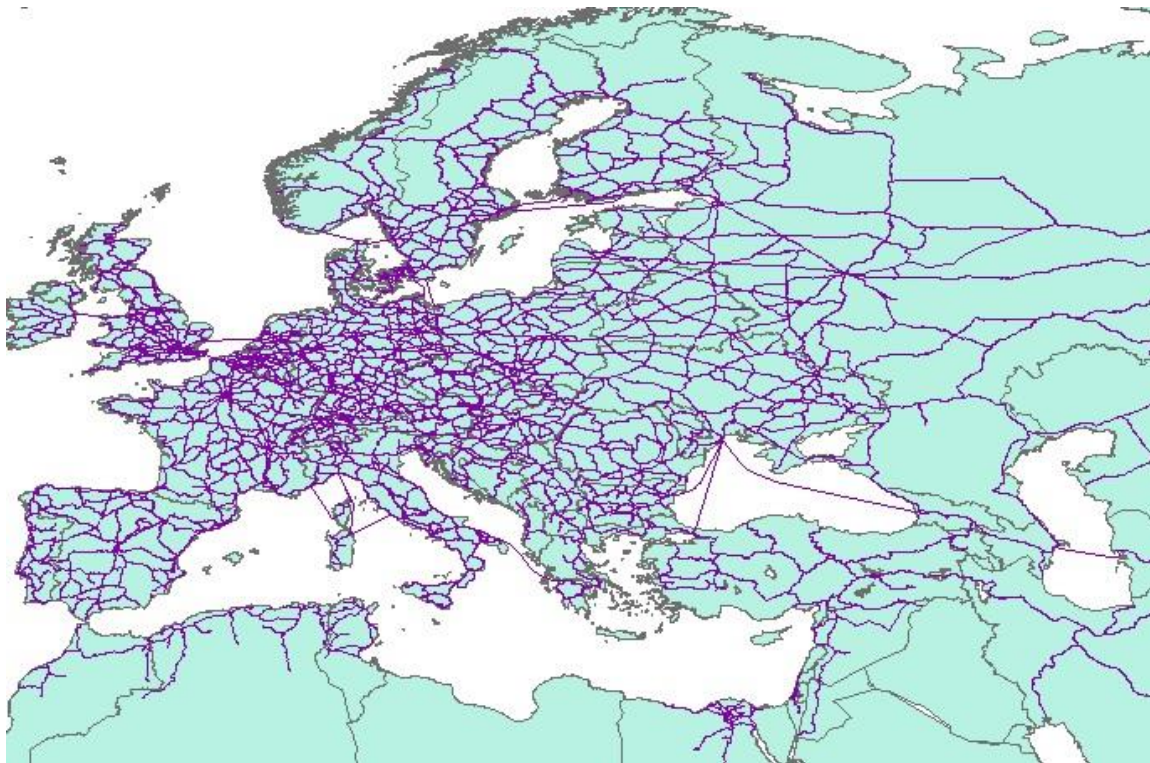
- Κόμβος αρχής – Κόμβος τέλους
- Χώρα
- Εθνικό όνομα – Ευρωπαϊκό όνομα
- Μήκος τμήματος
- Χαρακτηρισμός (Ευρωπαϊκός αυτοκινητόδρομος και λοιπά) και κατηγορία οδού (αστικός, θαλάσσιος και λοιπά)
- Οδός μονής ή διπλής κατεύθυνσης και αριθμός λωρίδων
- Ταχύτητα ελεύθερης ροής για επιβατικά και φορτηγά
- Ωριαία ικανότητα οδού
- Κόστος διοδίων για επιβατικά και φορτηγά
- Κόστος καυσίμου για επιβατικά και φορτηγά
- ΕΜΗΚ για επιβατικά και φορτηγά καθώς και για το σύνολο
- Σύνολο επιβατών και τόνων που διακινήθηκαν ανά έτος



Εικόνα 30: Το οδικό και θαλάσσιο δίκτυο του ETIS

Στην περίπτωση σιδηροδρομικού δικτύου:

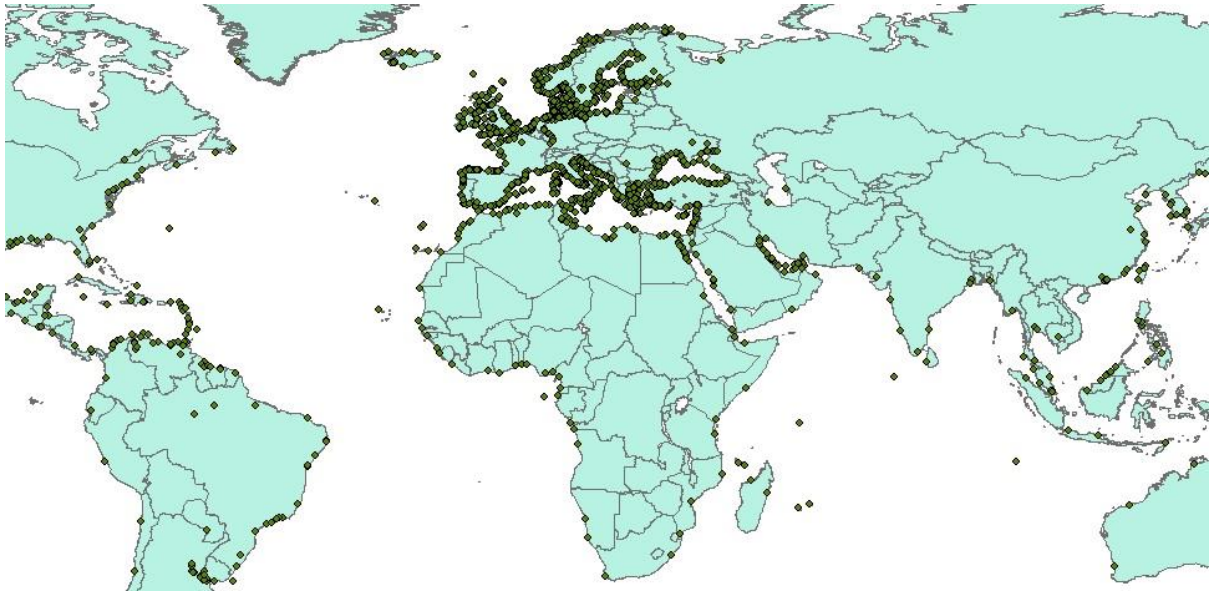
- Κόμβος αρχής – Κόμβος τέλους
- Χώρα
- Δείκτες αναφορικά με το αν ο σύνδεσμος διασχίζει σύνορα
- Μήκος συνδέσμου
- Δυνατότητα υποδομής για υψηλές ταχύτητες (high – speed)
- Μέγιστη ταχύτητα για επιβατικούς και εμπορικούς συρμούς
- Ηλεκτροκίνηση ή μη των συνδέσμων
- Αριθμός επιβατών και τόνων που διακινήθηκαν ανά έτος
- Αριθμός επιβατικών και εμπορικών τρένων ανά έτος
- ΕΜΗΚ



Εικόνα 31: Το σιδηροδρομικό δίκτυο του ETIS

Στην περίπτωση λιμένων:

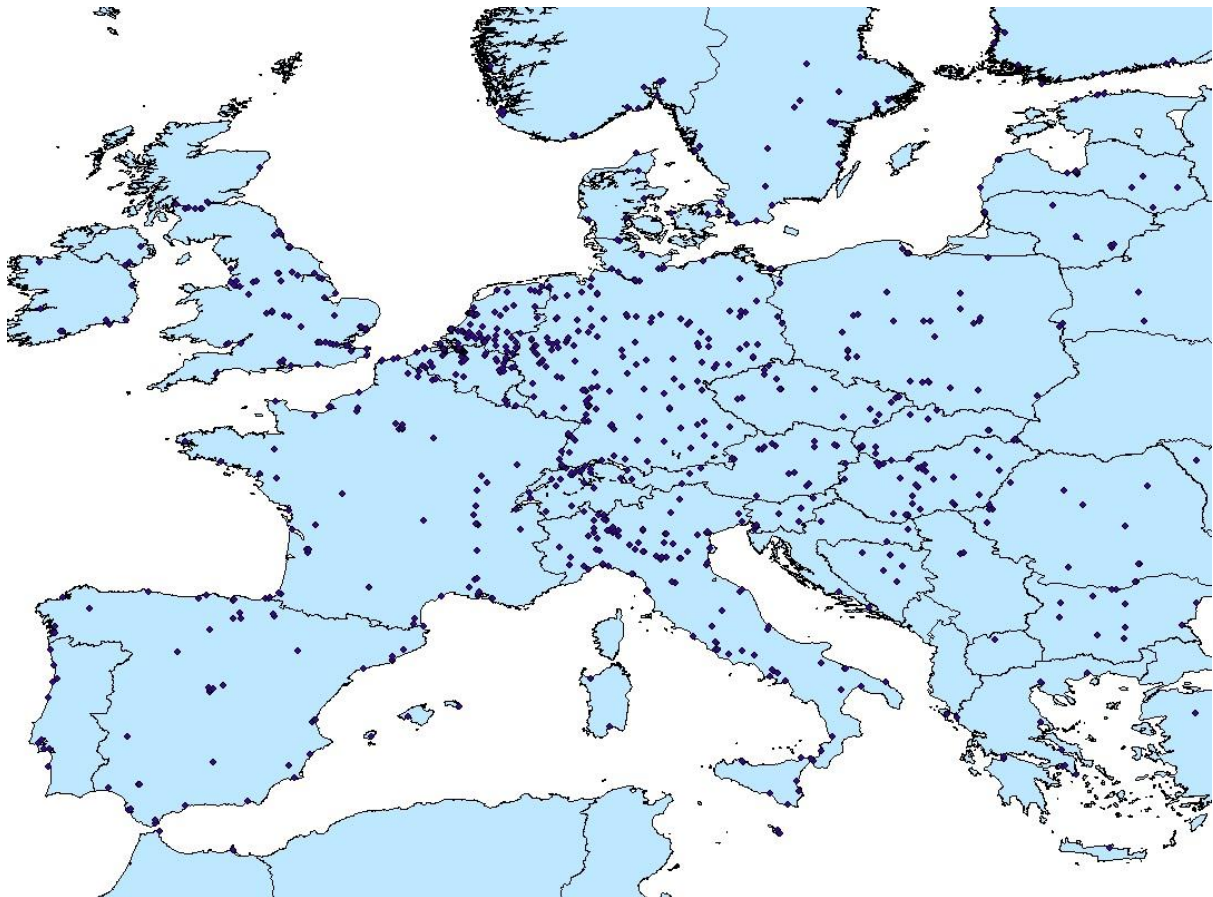
- Ονομασία
- Μέγιστο βύθισμα
- Διακίνηση γενικού φορτίου, εμπορευματοκιβωτίων, ro-ro, υγρού χύδην φορτίου και ξηρού χύδην φορτίου, καθώς και συνολική διακίνηση
- Συνολικός αριθμός επιβατών, αριθμός επιβατών κρουαζιερών



Εικόνα 32: Οι λιμένες του ETIS

Στην περίπτωση των χερσαίων τερματικών σταθμών:

- Ονομασία τερματικού σταθμού, επίσημη ιστοσελίδα και χώρα στην οποία ανήκει
- Σύνδεση με σιδηρόδρομο, οδικό άξονα, θαλάσσιο δίκτυο, βιομηχανικό δίκτυο ή όχι
- Έκταση σταθμού σε τετραγωνικά χιλιόμετρα
- Ώρες ανά ημέρα λειτουργίας και Ημέρες ανά εβδομάδα που δε λειτουργεί



Εικόνα 33: Οι χερσαίοι τερματικοί σταθμοί του ETIS

Από το πρόγραμμα του ETIS παρέχονται επίσης οι κόμβοι που αναπαριστούν τις σημαντικότερες πόλεις της Ευρώπης, καθώς και ένα θεματικό επίπεδο που απεικονίζει όλες τις χώρες του κόσμου.

4.5.2 Ερευνητικά έργα/Διπλωματικές εργασίες σπουδαστών

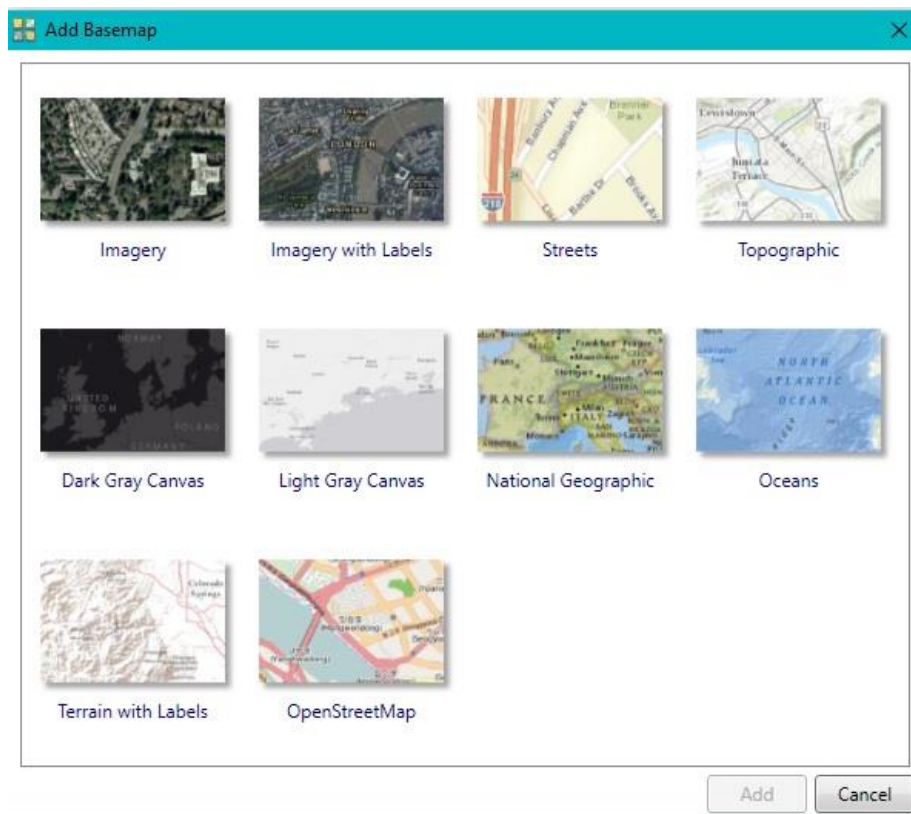
Τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα που παρέχονται αφορούν διαφορετικά ερευνητικά έργα που έχουν πραγματοποιηθεί και έχουν χρησιμοποιήσει σαν θεμέλια τα δίκτυα του ETIS, είτε αυτούσια είτε με κάποια σύνολα αποκομμένα από το συνολικό δίκτυο του ETIS, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε έργου.

Για τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα των έργων που περιέχονται, γίνεται αναφορά για κάθε έργο ξεχωριστά στο επόμενο κεφάλαιο.

4.5.3 Χαρτογραφικό υπόβαθρο

Ως basemap (χαρτογραφικό υπόβαθρο) ορίζεται μια συλλογή από δεδομένα GIS ή/και «ορθοανοιγμένης» εικόνας, που αποτελούν το υπόβαθρο για ένα χάρτη. Απεικονίζει βασικές πληροφορίες αναφοράς, όπως γεωμορφές, δρόμους, μνημεία και πολιτικά σύνορα, όπου τοποθετούνται θεματικές πληροφορίες και χρησιμοποιείται για γεωγραφικές αναφορές. Τα τυπικά δεδομένα και εικόνες που δημιουργούν τα θεματικά επίπεδα για τους basemaps είναι δρόμοι, αγροτεμάχια, όρια, σκιασμένο ανάγλυφο και λοιπά. Στον basemap έχουμε περισσότερες πληροφορίες συγκριτικά με το imagery. Ουσιαστικά το imagery ανήκει στο basemap.

Το imagery ορίζεται σαν οποιοσδήποτε τύπος φωτογραφίας. Οι φωτογραφίες που χρησιμοποιούνται στο GIS αποτελούνται από εικόνες συγκεντρωμένες από δορυφόρο ή αεροσκάφος. Μπορούν να είναι είτε ψηφιακές είτε από φιλμ. Επιπλέον, σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι τοπογραφικοί χάρτες. Αυτό συμβαίνει διότι οι χάρτες αυτοί εκτυπώνονται και σκανάζονται στη συνέχεια σαν ψηφιακές εικόνες. Τα imagery που χρησιμοποιούνται στο GIS περιλαμβάνουν: εικόνες από δορυφόρο, αεροφωτογραφίες, θερμικές εικόνες (ένταση, πυκνότητα κλπ), σκαναρισμένα αρχεία, χάρτες ταξινόμησης γης και άλλα.



Εικόνα 34: Οι διαθέσιμοι basemaps του ArcGIS Desktop

Οι διαθέσιμοι basemaps του ArcGIS Desktop είναι οι:

- Imagery
- Imagery with labels
- Streets
- Topographic
- Dark Gray Canvas
- Light Gray Canvas
- National Geographic
- Oceans
- Terrain with Labels
- OpenStreetMap

Στη γεωβάση που θα δημιουργηθεί, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να εισάγει στο χάρτη του το χαρτογραφικό υπόβαθρο της αρεσκείας του, αφού θα εργάζεται μέσω του ArcGIS Desktop.

4.5.4 Metadata

Όπως έχει αναφερθεί, metadata καλούνται τα δεδομένα για το είδος των πληροφοριών της βάσης ή διευκρινίσεις σχετικά με συγκεκριμένα πεδία. Σε αυτά καταγράφεται οποιαδήποτε πληροφορία κρίνεται σημαντική για τους σκοπούς της κάθε εργασίας. Προσδίδουν αξιοπιστία στα δεδομένα και διευκολύνουν τη διανομή τους. Τα μεταδεδομένα της παρούσας βάσης δεδομένων έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα γεωβάση.

4.5.5 Νομενκλατούρες

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, οι βάσεις δεδομένων έχουν απαραίτητως ένα κύριο κλειδί. Στην παρούσα εργασία, από τη στιγμή που θα έχει πρόσβαση στα δεδομένα μεγάλος αριθμός χρηστών κρίνεται αναγκαία μία κωδικοποίηση και κανόνες, έτσι ώστε να μη συγχέονται οι πληροφορίες και να μην υπάρχει δυνατότητα διπλής εγγραφής. Με λίγα λόγια, ακολουθείται μια συγκεκριμένη ενιαία κωδικοποίηση με σκοπό τα δεδομένα να μπορούν να αξιοποιηθούν σωστά και να είναι δυνατή η συνεργασία των χρηστών που έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων. Έτσι, με εύκολο τρόπο τα πρόσωπα θα έχουν τη δυνατότητα να «ανταλλάσσουν» τα δεδομένα τους. Οι νομενκλατούρες που θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη βάση δεδομένων είναι αυτές του ETIS.

5. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΓΕΩΒΑΣΗΣ

5.1 Το έργο GIFT – Βελτίωση σιδηροδρομικού δικτύου του Πανευρωπαϊκού Διαδρόμου IV με σκοπό την προώθηση των πράσινων συνδυασμένων εμπορευματικών μεταφορών

Βασικός στόχος του στρατηγικού έργου GIFT (Green Intermodal Freight Transport) [34] είναι να χαρτογραφηθεί, να αναλυθεί και να γίνει αξιολόγηση της κατάστασης του τομέα των εμπορευματικών μεταφορών στις Περιφέρειες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης με σκοπό να προταθούν νέες πολιτικές και στρατηγικές στον τομέα των υποδομών, των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), της νομοθεσίας και των προτύπων έτσι ώστε να προωθηθούν οι πράσινες συνδυασμένες εμπορευματικές μεταφορές. Στο πλαίσιο του έργου GIFT έχουν επιλεγεί από το Πανευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών οι διάδρομοι IV, V και VII, οι οποίοι καλύπτουν σχεδόν το σύνολο της περιοχής της Ν.Α. Ευρώπης.

Για την υλοποίηση του αρχικού στόχου, η κοινοπραξία του έργου GIFT χαρτογράφησε και αξιολόγησε την τρέχουσα κατάσταση όσον αφορά τις στρατηγικές που ακολουθούνται για τις μεταφορές, τις λειτουργίες και τις πολιτικές για την επιλογή των τριών διαδρόμων.

Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων, το έργο GIFT σύνθεσε συγκεκριμένες προτάσεις για τη βελτίωση του υφιστάμενου δικτύου μεταφοράς και των σχετικών πολιτικών με στόχο την προώθηση των πράσινων μεταφορών στους επιλεγμένους διαδρόμους. Προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των προτάσεων, μέσω του έργου GIFT αναπτύχθηκε μια σειρά από εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση των προτάσεων. Βασικό στόχο αποτελεί η αξιολόγηση του αντίκτυπου των προτεινόμενων προτάσεων βελτίωσης και των πολιτικών με κριτήρια τη χρονική διάρκεια ενός δρομολογίου, το κόστος, τον κίνδυνο και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Το GIFT συνεπώς αποσκοπεί στον καθορισμό ενός καινοτόμου και ολοκληρωμένου οδικού χάρτη για την ανάπτυξη αποτελεσματικών πράσινων διαδρόμων μεταφορών σε ολόκληρη την περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Προσφέρει αναγνώριση των πράσινων διαδρόμων στην περιοχή και την προώθηση της τεχνολογικής

καινοτομίας, ανάπτυξη των προτάσεων για τη σύσταση περιφερειακών αρχών (π.χ. Γραφεία Λειτουργία Διαδρόμου), που θα είναι υπεύθυνες για τις επιχειρησιακές δραστηριότητες των διαδρόμων, όπως ο προγραμματισμός, η παρακολούθηση και η υλοποίηση, ο εκτελωνισμός, το μάρκετινγκ, η εκπαίδευση, καθώς και η έκδοση πράσινων πιστοποιητικών. Τέλος, προσφέρει ανάπτυξη εργαλείων Τεχνολογίας Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) για το σχεδιασμό συνδυασμένων διαδρομών που θα υποστηρίξουν την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και η ΤΡΑΙΝΟΣΕ εξέτασαν τα πιθανά σενάρια της υφιστάμενης και μελλοντικής κατάστασης και πραγματοποίησαν τη σύγκρισή τους για το **Διάδρομο IV**. Ο διάδρομος αυτός είναι ένας από τους κύριους εμπορευματικούς συνδέσμους της Κεντρικής με την Νοτιοανατολική Ευρώπη και αποτελεί τον κορμό του μεταγενέστερου διαδρόμου 22 (νότια επέκταση έως και την Αθήνα) και διέρχεται από:

- Ελλάδα (διαδρομή Θεσσαλονίκη-Προμαχώνας)
- Βουλγαρία (διαδρομή Kulata – Sofia – Vidin)
- Ρουμανία (διαδρομή Calafat – Arad – Curtici)
- Ουγγαρία (διαδρομή Bratislava – Breclav)
- Τσεχία (διαδρομή Kutý – Prague)
- Γερμανία (διαδρομή Dresden/Nuremberg)

Περιλαμβάνει ακόμα τα τμήματα Arad – Brasov – Constanta και Sofia – Edirne – Istanbul, τα οποία εξασφαλίζουν πρόσβαση στη Μαύρη Θάλασσα και την Τουρκία.

Τεχνικά στοιχεία	
Μήκος σιδηροδρομικού δικτύου	4340 km
Μήκος οδικού δικτύου	3640 km
Μέση ταχύτητα σιδ. διαδρόμου	80 km/h
Ηλεκτροκίνηση	88%
Ντιζελοκίνηση	12%

Πίνακας 5: Τεχνικά στοιχεία Διαδρόμου IV



Εικόνα 35: Πανευρωπαϊκός Διάδρομος IV

Οι προοπτικές που ανοίγονται για τις εμπορευματικές σιδηροδρομικές μέσω του συγκεκριμένου διαδρόμου είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την χώρα μας. Έργα εκσυγχρονισμού και επιδιόρθωσης υποδομών και τερματικών σταθμών (αύξηση μεταφορικής ικανότητας, ταχύτητας και βελτίωση διαχείρισης), εγκατάσταση συστήματος ηλεκτροκίνησης σταδιακά στο 100% του μήκους του διαδρόμου, αναβάθμιση γραμμών από μονές σε διπλές, αντικατάσταση τμημάτων μεγάλων κλίσεων, καθώς και νέα έργα (γέφυρες κτλ.) είναι σε εξέλιξη ή έχουν προγραμματιστεί με χρονικό ορίζοντα έως το 2020.

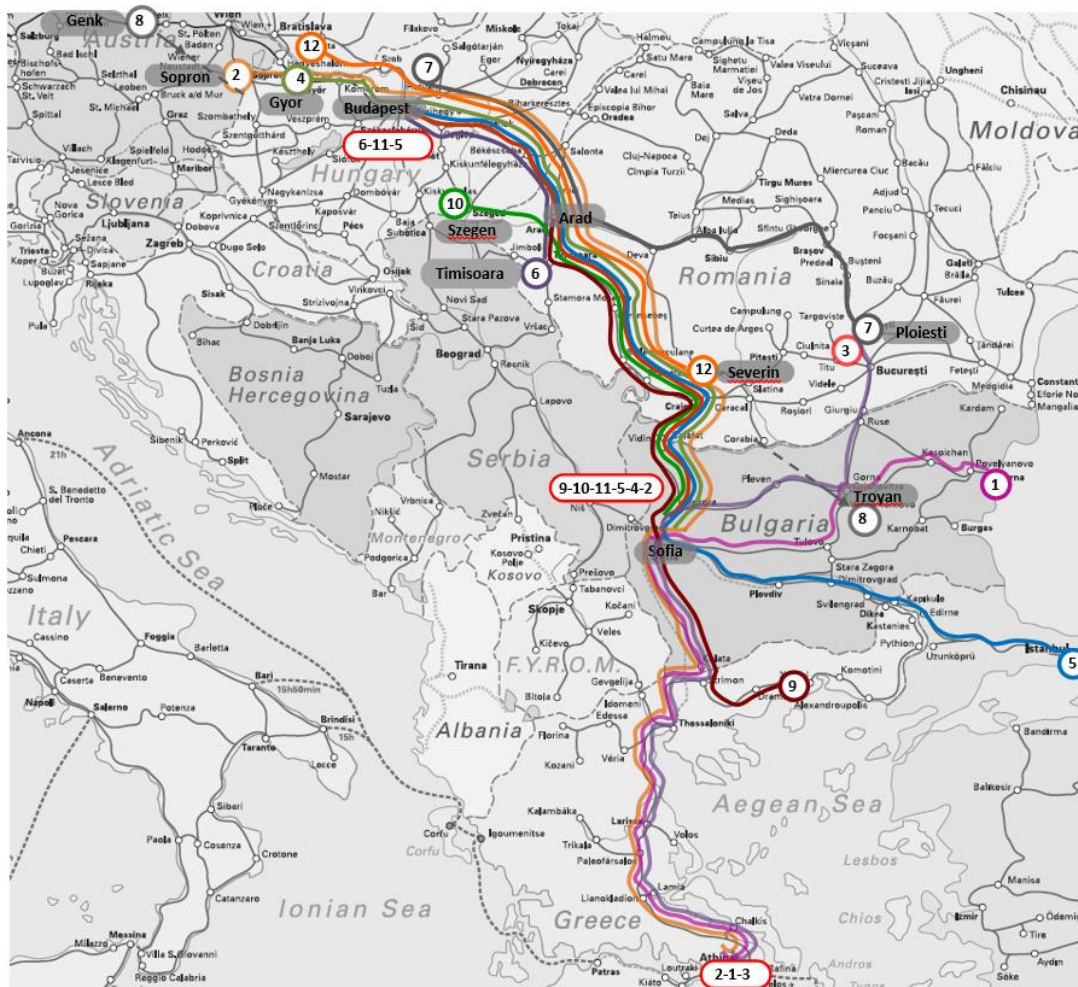
Αρχικά έγινε επιλογή και εξέταση των υφιστάμενων σεναρίων. Με λίγα λόγια, έγινε μελέτη των υφιστάμενων υπηρεσιών μεταφορών, που είναι μόνο οδικές, και εκτίμηση του κόστους, της διάρκειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για τα μελλοντικά πιθανά σενάρια, δηλαδή για τη μεταφορά των προϊόντων μέσω διαδρομών που θα πραγματοποιηθούν στο μέλλον.

Σενάριο	Διαδρομή	Σημείο Προέλευσης - Προορισμός	Μεταφορά
1	Athens–Varna	Greece-Bulgaria	Οδική
2	Athens-Sopron	Greece-Hungary	Οδική
3	Athens-Ploiesti	Greece-Romania	Οδική
4	Gyor-Sofia	Hungary-Bulgaria	Οδική
5	Sisli-Budapest	Turkey-Hungary	Οδική
6	Budapest-Timisoara	Hungary-Romania	Οδική
7	Budapest-Ploiesti	Hungary-Romania	Οδική
8	Troyan-Genk	Bulgaria-Belgium	Οδική
9	Kavala–Arad	Greece-Romania	Οδική
10	Szeged - Sofia	Hungary-Bulgaria	Οδική
11	Sofia - Budapest	Bulgaria-Hungary	Οδική
12	Dr. Turnu Severin – Dunajska Streda	Romania-Slovakia	Οδική

Πίνακας 6: Υφιστάμενα σενάρια

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Στην απεικόνιση των προτάσεων του έργου για το Διάδρομο IV μέσω του προγράμματος ArcMap, έχουν απομονωθεί και αποτυπωθεί οι 12 προτεινόμενες σιδηροδρομικές διαδρομές, η επιλογή των οποίων έγινε με κριτήρια τη χρονική διάρκεια του δρομολογίου, το κόστος, τον κίνδυνο και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Σημειώνεται ότι οι ίδιες διαδρομές πραγματοποιούνται σήμερα μόνο μέσω του οδικού δικτύου. Η συγκεκριμένη αναπαράσταση σχετίζεται με τη μελλοντική σιδηροδρομική μεταφορά. Για την απεικόνιση του σιδηροδρομικού δικτύου αντλούνται οι χάρτες από τη βάση δεδομένων του Πανευρωπαϊκού προγράμματος ETIS-plus (European Transport Information System), το οποίο, μέσω συνεχούς προσπάθειας συλλογής δεδομένων για τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα μεταφορών, έχει ως στόχο την παροχή έγκυρων δεδομένων εισόδου για την υποστήριξη ανάπτυξης και εφαρμογής μοντέλων, μεθοδολογιών και την διαμόρφωση δεικτών αξιολόγησης.

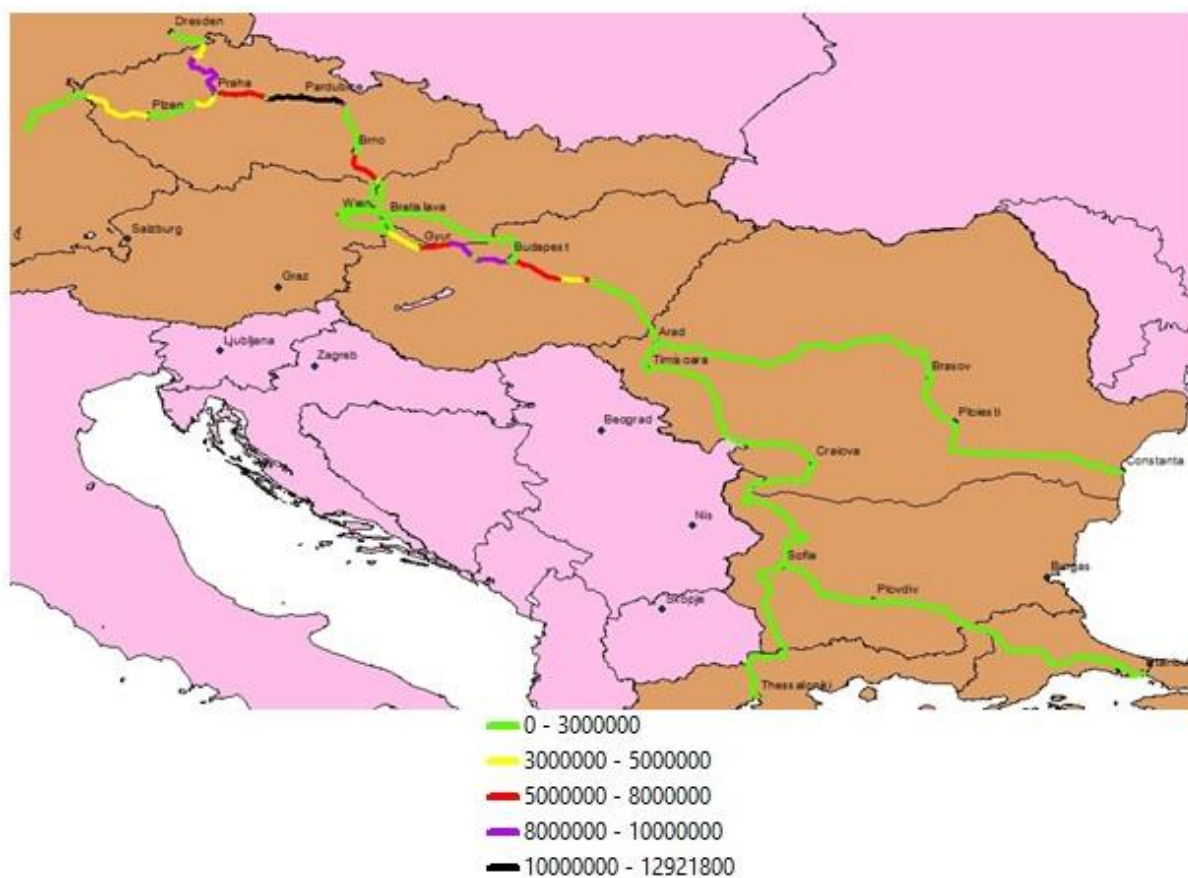


Εικόνα 36: Χαρτογραφική απεικόνιση των διαδρομών, κατά μήκος του Πανευρωπαϊκού Διαδρόμου IV

Επιπλέον, έχει αποτυπωθεί η υφιστάμενη κατάσταση του Διαδρόμου IV, όσον αφορά μονή/διπλή γραμμή, με ηλεκτροκίνηση ή χωρίς, καθώς και ολόκληρος ο Διάδρομος με βασικό κριτήριο απεικόνισης την κυκλοφορία. Αναπαριστάται η κυκλοφοριακή κίνηση με βάση τους τόνους που μεταφέρθηκαν ανά έτος.



Εικόνα 37: Διάδρομος IV, μονή/διπλή γραμμή, ηλεκτροκίνηση/χωρίς ηλεκτροκίνηση



Εικόνα 38: Διάδρομος IV, απεικόνιση κυκλοφορίας

5.2 Διερεύνηση ανταγωνιστικότητας εμπορευματικής σιδηροδρομικής υπηρεσίας «Λιμένας Πειραιά – Σταθμός Παρντουμπίτσας» σχετικά με εξυπηρετήσεις από Λιμένες Αδριατικής

Η μελέτη αυτή ανατέθηκε από την ΤΡΑΙΝΟΣΕ στον Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σκοπός της [35] είναι η διερεύνηση θεμάτων ανταγωνιστικότητας της εμπορευματικής σιδηροδρομικής υπηρεσίας με αφετηρία το σιδηροδρομικό σταθμό του Λιμένα Πειραιώς, που διέρχεται από το σιδηροδρομικό σταθμό του Θριασίου, Θεσσαλονίκης και συνεχίζει μέσω Π.Γ.Δ.Μ., Σερβίας, Ουγγαρίας και Σλοβακίας και τελικός προορισμός είναι ο σιδηροδρομικός σταθμός της Παρντουμπίτσας (Pardubice) στην Τσεχία. Η διερεύνηση αυτή αφορά εμπορευματικές ροές που προέρχονται από λιμένες της Κίνας και καταλήγουν στην Τσεχία. Η μεταφορά αυτή πραγματοποιείται:

- Είτε μέσω του λιμένα της Αμβέρσας (Antwerp – Belgium)
- Είτε μέσω του λιμένα του Πειραιά (Piraeus – Greece)
- Είτε μέσω λιμένων Αδριατικής (Rijeka – Croatia, Koper – Slovenia, Trieste – Italy)

Οι παραπάνω λιμένες της Αδριατικής θάλασσας (Ριέκα, Κόπερ και Τεργέστη) έχουν κατάλληλη θέση, επαρκείς λιμενικές υποδομές διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων καθώς και καλές σιδηροδρομικές συνδέσεις (διπλή ηλεκτροδοτημένη γραμμή στο μεγαλύτερο τμήμα της διαδρομής) με την Τσεχία.

Η συνδυασμένη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων από τον λιμένα του Πειραιά προς τους ανωτέρω λιμένες της Αδριατικής με τροφοδοτικά πλοία (feeders) και η εν συνεχεία σιδηροδρομική μεταφορά τους έως την Τσεχία (σιδηροδρομικός σταθμός Παρντουμπίτσας) μπορεί να πραγματοποιηθεί με συγκρίσιμα κόστη και χρόνους σε σχέση με την υφιστάμενη σιδηροδρομική υπηρεσία Πειραιάς – Παρντουμπίτσα.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την επίτευξη του σκοπού αυτού είναι η εξής: Διερευνήθηκαν συστηματικά θέματα χωρητικότητας/ικανότητας υποδομών των λιμένων με έμφαση στις εγκαταστάσεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων και στις διατιθέμενες σιδηροδρομικές υποδομές. Επιπλέον, η επιλογή της σιδηροδρομικής διαδρομής από τους υπό διερεύνηση λιμένες προς Τσεχία έγινε με ισχυρή προτίμηση στη χρήση ηλεκτροδοτούμενων γραμμών. Όσον αφορά τις θαλάσσιες διαδρομές εξετάστηκαν απευθείας συνδέσεις από το λιμένα της Σαγκάης (Shanghai) προς τους

υπό διερεύνηση λιμένες, καθώς και συνδέσεις με τροφοδοτικά πλοία μέσω του λιμένα Πειραιώς. Τέλος, απαραίτητο κρίθηκε να υπολογιστεί το κόστος των θαλάσσιων διαδρομών. Συνεπώς, ελήφθησαν υπόψη η τιμή του καυσίμου και η ταχύτητα πλεύσης.

Συμπέρασμα της μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι ο Πειραιάς παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα, τα οποία είναι τα εξής :

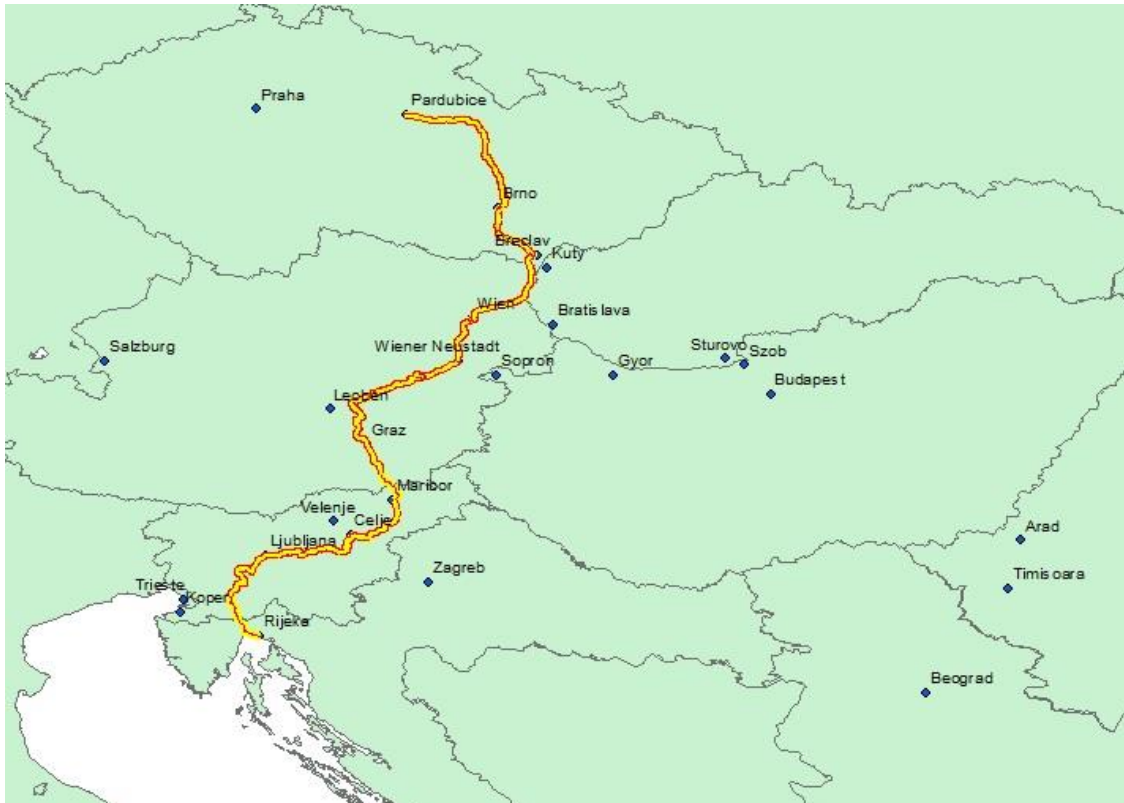
1. Μείωση χρόνου διαδρομής. Αν σύμφωνα με το επιθυμητό δρομολόγιο, ο χρόνος διαδρομής Πειραιάς – Παρντουμπίτσα διαμορφωθεί στο επίπεδο των 3 με 3,5 ημερών θα είναι ο συντομότερος συγκριτικά με τις ανταγωνιστικές διαδρομές.
2. Αποφεύγεται η θαλάσσια μεταφορά με τροφοδοτικό πλοίο προς τους λιμένες της Αδριατικής, η οποία συνεπάγεται λειτουργικά και οργανωτικά προβλήματα.
3. Μεγαλύτερη ευελιξία στο μέγεθος των αποστολών (25 περίπου εμπορευματοκιβώτια για το σιδηροδρομικό συρμό σε αντίθεση με ένα μικρό τροφοδοτικό πλοίο που απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες, της τάξης 100-300 εμπορευματοκιβωτίων για κάθε ενδιαμέσο λιμένα).

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Στην παρούσα εργασία, απομονώθηκαν και αποτυπώθηκαν μέσω του προγράμματος ArcMap οι εναλλακτικές διαδρομές για τις εμπορευματικές ροές. Για τους σκοπούς της απεικόνισης του σιδηροδρομικού δικτύου αντλούνται οι χάρτες από τη βάση δεδομένων του Πανευρωπαϊκού Προγράμματος ETIS-plus (European Transport InformationSystem). Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται η γεωμετρία των κλάσεων που χρησιμοποιήθηκαν.

- Διαδρομή Rijeka/Κροατία – Pardubice/Τσεχία

Το συνολικό μήκος της σιδηροδρομικής διαδρομής από το λιμάνι Rijeka στο σιδηροδρομικό σταθμό Pardubice είναι 880 χιλιόμετρα. Η διαδρομή διέρχεται από τους σταθμούς Ljubljana, Celje και Maribor της Σλοβενίας, τους σταθμούς Graz και Vienna (Βιέννη) της Αυστρίας και Brno της Τσεχίας καταλήγοντας στο σταθμό Pardubice.

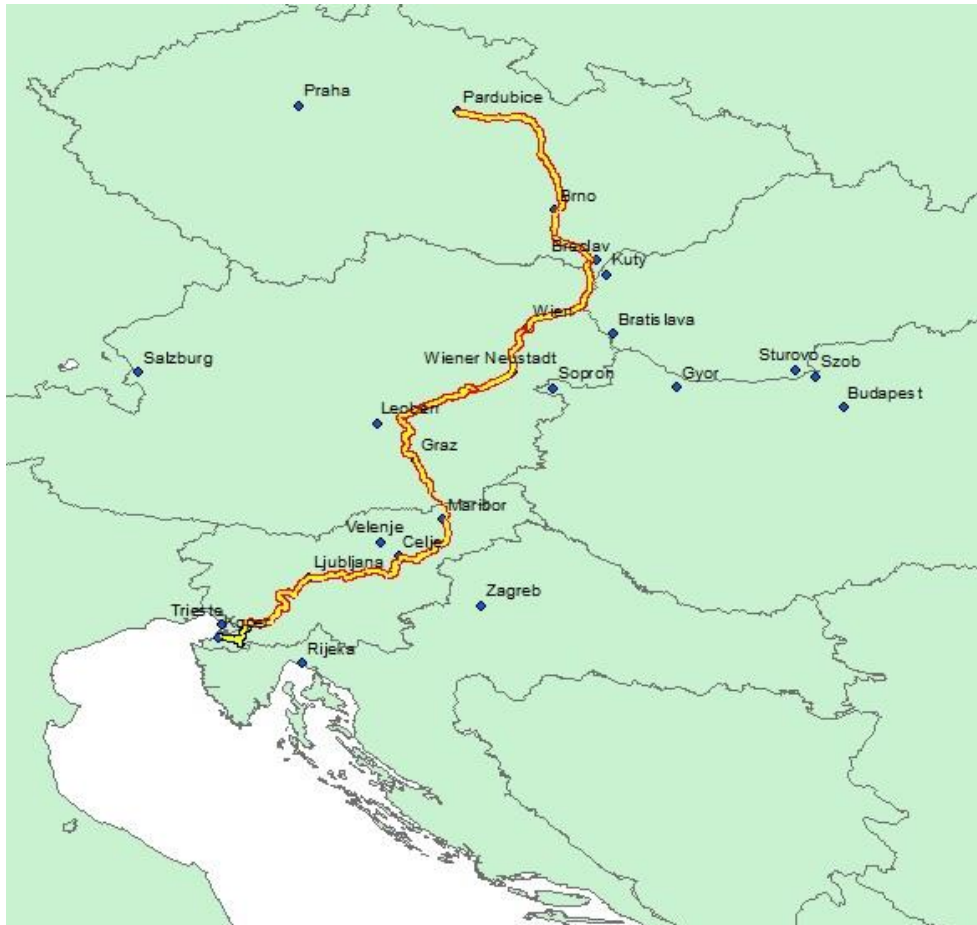


Εικόνα 39: Διαδρομή Rijeka – Pardubice

Από την αποτύπωση παρατηρούμε ότι ολόκληρη η γραμμή είναι ηλεκτροδοτημένη. Το δίκτυο σε μήκος 770 χιλιόμετρα αποτελείται από διπλή γραμμή, ενώ στο υπόλοιπο μήκος της είναι μονή. Ο συρμός διέρχεται από σύνορα 3 φορές (Κροατία – Σλοβενία, Σλοβενία – Αυστρία, Αυστρία – Τσεχία) με μέγιστη ταχύτητα $125 \frac{km}{h}$.

- *Διαδρομή Koper/Σλοβενία – Pardubice/Τσεχία*

Το συνολικό μήκος της σιδηροδρομικής διαδρομής Koper - Pardubice είναι 870 χιλιόμετρα. Μετά τα σύνορα της Σλοβενίας, ο σιδηροδρομικός συρμός περνάει από τους σταθμούς Villach, Karfenberg και Vienna (Βιέννη) στην Αυστρία και στη συνέχεια από τον σταθμό Brno στην Τσεχία καταλήγοντας στην Pardubice.



Εικόνα 40: Διαδρομή Koper – Pardubice

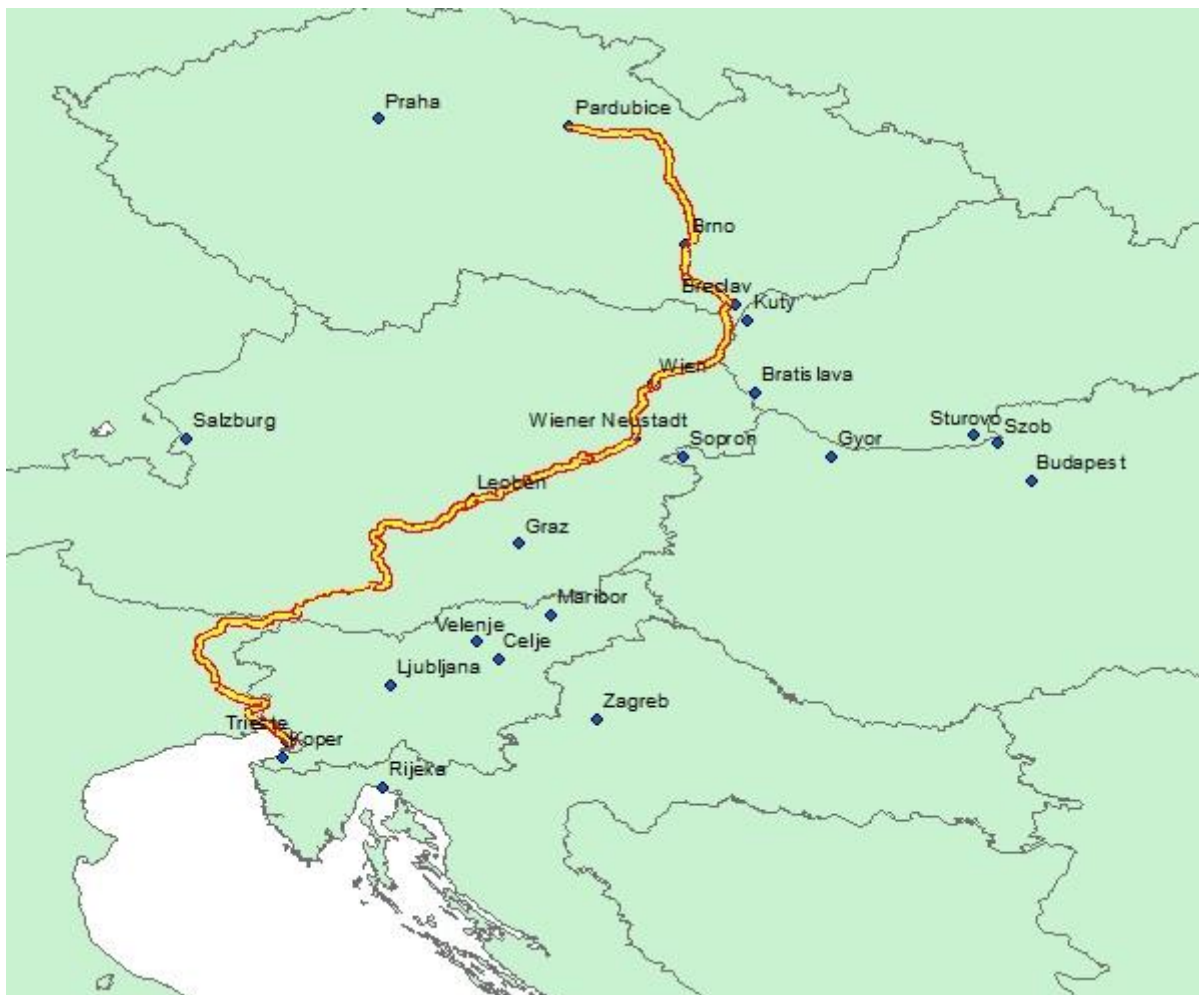
Από την αποτύπωση παρατηρούμε ότι η γραμμή στο μεγαλύτερο μήκος της είναι ηλεκτροδοτημένη και διπλή. Τα τμήματα:

- Koper – Divaca μήκους 47 χιλιομέτρων → διπλή/μη ηλεκτροδοτημένη
- Maribor – Leibnitz μήκους 31 χιλιομέτρων → μονή/ηλεκτροδοτημένη
- Brno τμήμα μήκους 3 χιλιομέτρων → μονή/ηλεκτροδοτημένη

Ο συρμός διέρχεται από σύνορα 2 φορές (Σλοβενία – Αυστρία, Αυστρία – Τσεχία) με μέγιστη ταχύτητα $125 \frac{km}{h}$.

- Διαδρομή Trieste/Ιταλία – Pardubice/Τσεχία

Το συνολικό μήκος της διαδρομής είναι 863 χιλιόμετρα. Ο συρμός διέρχεται από τους σταθμούς Udine, διασχίζει τα σύνορα με την Αυστρία με κατεύθυνση τους σταθμούς Villach, Karfenberg και Vienna (Βιέννη). Τέλος, διασχίζονται τα σύνορα με την Τσεχία προς το σταθμό Pardubice.



Εικόνα 41: Διαδρομή Trieste – Pardubice

Παρατηρούμε ότι ολόκληρο το μήκος της διαδρομής είναι ηλεκτροδοτημένο. Στο μεγαλύτερο μήκος της η γραμμή είναι διπλή. Τα τμήματα στα οποία η γραμμή είναι μονή είναι τα εξής:

- Villach – Klagenfurt μήκους 50 χιλιομέτρων
- Βrno τμήμα μήκους 3 χιλιομέτρων

Ο συρμός διασχίζει σύνορα 2 φορές (Ιταλία – Αυστρία, Αυστρία – Τσεχία) με μέγιστη ταχύτητα $125 \frac{km}{h}$.

- Διαδρομή Πειραιάς/Ελλάδα – Pardubice/Τσεχία

Το συνολικό μήκος διαδρομής είναι 2200 χιλιόμετρα. Ο συρμός διέρχεται από το σταθμό της Θεσσαλονίκης, διασχίζει τα σύνορα και διέρχεται από τους σταθμούς των Σκοπίων, του Nis, της Βουδαπέστης και Μπρατισλάβα. Τέλος, διερχόμενος από το Βrno της Τσεχίας καταλήγει στην Pardubice.



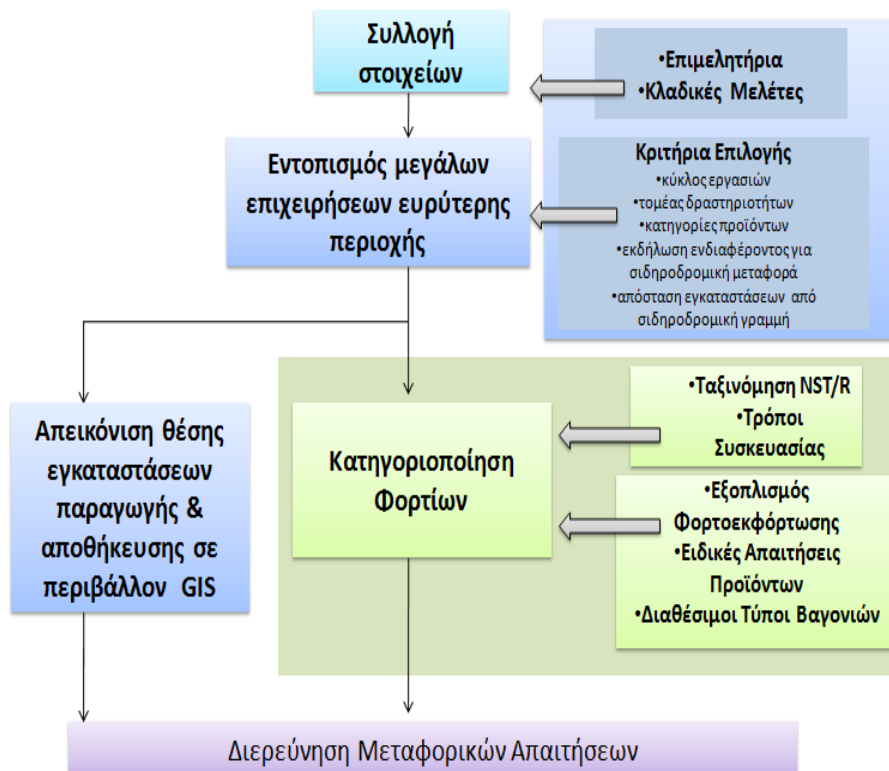
Εικόνα 42: Διαδρομή Piraeus – Pardubice

Η γραμμή στο μεγαλύτερο μήκος της είναι ηλεκτροδοτημένη. Τα κύρια τμήματα στα οποία είναι μονή και ηλεκτροδοτημένη είναι Θεσσαλονίκη – Nis και Beograd – Budapest. Το τμήμα Πειραιάς – Τιθορέα μήκους 156 χιλιομέτρων είναι διπλή και μη ηλεκτροδοτημένη και στο τμήμα Τιθορέα – Δομοκός μήκους 121,5 χιλιομέτρων είναι μονή και μη ηλεκτροδοτημένη. Ο συρμός διασχίζει σύνορα 5 φορές (Ελλάδα – Π.Γ.Δ.Μ., Π.Γ.Δ.Μ. – Σερβία, Σερβία – Ουγγαρία, Ουγγαρία – Σλοβακία, Σλοβακία – Τσεχία).

5.3 Διερεύνηση γενικών και ειδικών απαιτήσεων για σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων σε επιχειρήσεις της Βόρειας Ελλάδας

Πρόκειται για διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής από την πλέον απόφοιτο Κώτη Αρετή. Αντικείμενο της εργασίας ήταν η διερεύνηση των γενικών και ειδικών απαιτήσεων για τη σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων [36]. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η συλλογή πληροφοριών για συσκευασία και διαχείριση εμπορευμάτων, με στόχο την τελική επιλογή εξοπλισμού φόρτωσης και τροχαίου υλικού, εστιάζοντας στα προϊόντα μοριοσανίδων. Η εφαρμογή του έγινε στην περιοχή από το Νομό Θεσσαλονίκης έως την Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε από τη σπουδάστρια φαίνεται με τα επιμέρους βήματά του στην παρακάτω εικόνα. Ο τελικός του στόχος ήταν η εύρεση του βέλτιστου τρόπου σιδηροδρομικής εμπορευματικής μεταφοράς. Στο τέλος του πλαισίου αυτού, εξετάστηκαν οι μεταφορικές απαιτήσεις, από τις οποίες και τελικά προέκυψε η τελική πρόταση για σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων.



Σχήμα 13: Μεθοδολογικό πλαίσιο εργασίας

Επιλέχθηκε μία επιχείρηση που πληροί όλα τα κριτήρια επιλογής, με έδρα την Αλεξανδρούπολη και γραφεία πωλήσεων και κέντρο διανομής στη Θεσσαλονίκη. Το μεταφερόμενο εμπόρευμα που επιλέχθηκε είναι οι μοριοσανίδες, αφού η μονάδα παραγωγής του συγκεκριμένου εμπορεύματος είναι η μεγαλύτερη του είδους του στη Νοτιοανατολική Ευρώπη.

Εξετάστηκε λεπτομερώς το υφιστάμενο δίκτυο μεταφοράς, που είναι το οδικό. Στη συνέχεια, διατυπώθηκε από τη σπουδάστρια η πρόταση για σιδηροδρομική μεταφορά, με βάση τα βήματα του έμπειρου συστήματος. Αναλυτικά η πρόταση που διατυπώθηκε είναι η εξής:

- Μορφή εμπορεύματος: μη μοναδοποιημένο γενικό φορτίο
- Τρόπος ομαδοποίησης φορτίου: τσέρκια
- Εξοπλισμός φορτοεκφόρτωσης: περνοφόρο πλαγίας φόρτωσης
- Ειδική απαίτηση προϊόντος: προστασία από καιρικές συνθήκες (κυρίως υγρασία)
- Κατάλληλο τροχαίο υλικό: βαγόνι πλατφόρμα με καλύμματα μουςαμά

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΡΓΟΥ

Με τη βοήθεια του περιβάλλοντος GIS έγινε αποτύπωση της θέσης των εγκαταστάσεων παραγωγής και αποθήκευσης, όπου γινόταν αντιληπτή και η απόστασή τους από την πλησιέστερη σιδηροδρομική γραμμή. Για το λόγο αυτό έγινε εισαγωγή των συντεταγμένων των επιχειρήσεων σε φύλλο εργασίας του Excel και στην συνέχεια προσθήκη αυτού στο ArcMap, σε συνδυασμό με την απεικόνιση των γεωγραφικών συντεταγμένων των επιχειρήσεων σαν σημεία. Το σιδηροδρομικό δίκτυο της Ελλάδας είναι το δίκτυο του ΟΣΕ που αντλήθηκε σαν θεματικό επίπεδο από την ιστοσελίδα ανοιχτών γεωχωρικών δεδομένων και υπηρεσιών για την Ελλάδα [37] geodata.gov.gr, ενώ χρησιμοποιήθηκε σαν χαρτογραφικό υπόβαθρο ο basemap “Imagery with labels”. Αυτό που παρατηρήθηκε είναι ότι οι επιχειρήσεις που ενδιέφεραν βρίσκονταν στους οδικούς άξονες και πλησίον των σιδηροδρομικών γραμμών.



Εικόνα 43: Αποτύπωση σιδηροδρομικού δικτύου ΟΣΕ και επιχειρήσεων

5.4 Επικαιροποίηση στοιχείων λιμένων Μεσογείου

Κάθε χρόνο οι φοιτητές του 9^{ου} εξαμήνου της κατεύθυνσης Συγκοινωνιολόγου Μηχανικού της σχολής Πολιτικών Μηχανικών καλούνται να συλλέξουν βασικά στοιχεία για επιλεγμένους λιμένες της Μεσογείου, στα πλαίσια της εργασίας εξαμήνου του μαθήματος «Συνδυασμένες Μεταφορές». Τα στοιχεία αυτά ωστόσο, δεν αξιοποιούνται μετά το πέρας του εξαμήνου, ενώ θα μπορούσαν να συλλέγονται και να είναι προσβάσιμα σε τυχόν ενδιαφερόμενους ερευνητές – μελετητές ή σπουδαστές.

Η συλλογή των στοιχείων αυτών εμπεριέχεται στη γεωγραφική βάση δεδομένων που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία, με στόχο τη συγκέντρωση όγκου πληροφοριών για λιμένες της Μεσογείου και την άμεση πρόσβαση στα δεδομένα. Φυσικά, πρόκειται για έγκυρες πληροφορίες, αφού πρώτα αξιολογείται η ορθότητά τους από τον υπεύθυνο. Έτσι, τα στοιχεία απεικονίζονται στο χάρτη, και εκτιμάται ότι στο μέλλον, αφού θα υπάρχουν δεδομένα που θα ανανεώνονται κάθε χρόνο, θα είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί καλύτερη αξιολόγηση των λιμένων και σύγκριση μεταξύ αυτών, και συνεπώς θα παρέχονται σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξη, την αναβάθμιση και την αύξηση της κίνησης ή του εξοπλισμού του κάθε λιμένα. Αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών αποτελεί το γεγονός ότι κάθε ερευνητής θα βοηθηθεί στη λήψη αποφάσεων και στη δημιουργία προσωπικής κρίσης αναφορικά με τη χρησιμότητα του λιμένα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Πρώτο βήμα ήταν η απόφαση και ο καθορισμός των απαιτούμενων στοιχείων που θα ζητηθούν από τους φοιτητές. Αυτό έγινε σε συνεννόηση με τον υπεύθυνο καθηγητή του μαθήματος. Καθορίστηκαν οι γενικές κατηγορίες που περιλαμβάνουν τα επιμέρους αναλυτικά στοιχεία, οι οποίες είναι οι εξής: γενικά στοιχεία λιμένα, εξοπλισμός, χώροι στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων, τακτικές συνδέσεις του λιμένα και η δυνατότητα επέκτασής του.

Στη συνέχεια, έγινε η δημιουργία ενός υπολογιστικού φύλλου στο Microsoft Excel το οποίο στην πορεία θα συμπληρωθεί από κάθε ομάδα φοιτητών. Τα κελιά στα οποία αναγράφηκαν τα ζητούμενα κλειδώθηκαν μέσω της προστασίας φύλλου του MS Excel, έτσι ώστε να μην έχει τη δυνατότητα κάποιος φοιτητής να τα τροποποιήσει ή

να τα διαγράψει άθελά του. Ακολούθησε ο διαμοιρασμός του υπολογιστικού φύλλου μέσω της ιστοσελίδας my.courses.ntua.gr και έτσι οι φοιτητές του μαθήματος απέκτησαν πρόσβαση σε αυτό με σκοπό να συμπληρώσουν τα απαιτούμενα στοιχεία.

Ε.Μ.Πολυτεχνείο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Μάθημα: Συνδυασμένες Μεταφορές - Ειδικά Συστήματα		
ΠΕΔΙΟ	ΟΔΗΓΙΕΣ	ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΙΜΕΝΑ
Γενικά Στοιχεία		
Ονομασία Λιμένα	Συμπληρώστε την πλήρη ονομασία του λιμένα	
Ιστοσελίδα Λιμένα		
Τοποθεσία Λιμένα	Χώρα και περιοχή στην οποία βρίσκεται ο λιμένας	
Συντεταγμένες Λιμένα	Γεωγραφικό Μήκος και Πλάτος Λιμένα (π.χ. για το λιμάνι του Πειραιά είναι: 37°56'31"N, 23°38'10"E)	
Κρητιδώματα - Θέσεις παραβολής πλοίων	Συνοπτική περιγραφή διάταξης θαλάσσιας πλευράς (π.χ. 3 κρητιδώματα σε τραπεζοειδή προβλήτα συν ένα σε παρακείμενη θέση)	
	Συνολικό μήκος κρητιδώματος (σε m)	
	Αριθμός θέσεων παραβολής (υποθέστε πλοίο σχεδιασμού μήκους 300m, θα πρέπει να υπάρχει μία τουλάχιστον θέση παραβολής)	
Μέγιστο Βύθισμα	(σε μέτρα)	
Ετήσια Διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων (και έτος αναφοράς)	π.χ. 400.000 TEUS (2015) Αν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία ή διαγράμματα προηγούμενων ετών, συμπληρώστε την ηλεκτρ. Διεύθυνση της συγκεκριμένης σελίδας	

Εικόνα 44: Μορφή υπολογιστικού φύλλου που διαμοιράστηκε στους φοιτητές

Μετά τη συμπλήρωση του υπολογιστικού φύλλου από όλες τις ομάδες φοιτητών, συγκεντρώθηκαν όλα τα αρχεία και ενσωματώθηκαν σε ένα νέο με την κλασσική διαδικασία αντιγραφής και επικόλλησης, καθώς και με παράλληλο έλεγχο της ορθότητας των δεδομένων. Έτσι, το αρχείο που περιλαμβάνει τα στοιχεία όλων των επιλεγμένων λιμένων είναι στη μορφή που επιθυμούμε, έτσι ώστε να είναι σε θέση να ενσωματωθεί στο ArcGIS.

Με την ολοκλήρωση της παραπάνω μεθοδολογίας παρατηρήθηκε ότι αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία, αφού χρειάστηκε μετά τη συμπλήρωση των φύλλων από τους φοιτητές να γίνει αντιγραφή των στοιχείων της κάθε ομάδας ξεχωριστά και στη συνέχεια επικόλληση στο νέο τελικό αρχείο. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε 15 φορές, δηλαδή όσος είναι και ο αριθμός των ομάδων. Επίσης, η μορφή του Excel από μόνη της παραπέμπει στην αντίληψη ότι τα πεδία πρέπει να συμπληρωθούν όλα υποχρεωτικά, με αποτέλεσμα πολλοί φοιτητές να συμπληρώνουν μια απάντηση

ακόμα και αν αυτή δεν αποτελεί ουσιαστική απάντηση για το ζητούμενο στοιχείο. Για τους λόγους αυτούς εξετάστηκε η παρακάτω μεθοδολογία.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Αφότου γίνει ο καθορισμός των απαιτούμενων στοιχείων, με τον ίδιο τρόπο της προαναφερόμενης μεθοδολογίας, ακολουθείται η τεχνική Google Forms που αναλύθηκε λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3 και γίνεται λήψη του υπολογιστικού φύλλου στη μορφή .xlsx (MS Excel).

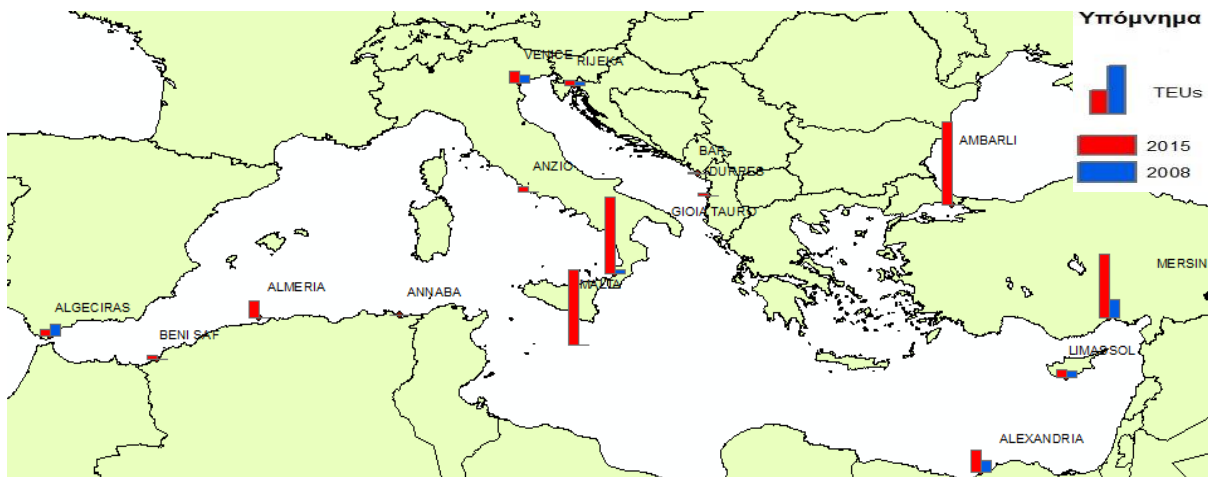
Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής, επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του χρόνου της ένταξης των στοιχείων που συμπληρώθηκαν σε ένα ενιαίο αρχείο, καθώς με τα Google Forms οι απαντήσεις εισάγονται αυτόματα μέσω της σύνδεσης του ερωτηματολογίου με το τελικό υπολογιστικό φύλλο. Επίσης παρατηρείται το γεγονός ότι η μορφή του ερωτηματολογίου είναι πιο προσιτή και πιο ευχάριστη στους φοιτητές. Έτσι, μέσω της ηλεκτρονικής διεύθυνσης (URL) [38] που παρέχεται, ο κάθε φοιτητής συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο με μεγαλύτερη ευχαρίστηση σε σύγκριση με ένα τυποποιημένο υπολογιστικό φύλλο του MS Excel.

Εικόνα 45: Το ερωτηματολόγιο «Συλλογή στοιχείων για τους λιμένες της Μεσογείου»

Εισαγωγή του υπολογιστικού φύλλου στο ArcGIS

Σύμφωνα με την τεχνική εισόδου «Εισαγωγή νέου υπολογιστικού φύλλου – πίνακα» και συγκεκριμένα με τη διαδικασία εισαγωγής σημείων με γεωγραφικές συντεταγμένες, εισάγουμε στο χάρτη μας τα σημεία που αντιπροσωπεύουν το κάθε λιμάνι. Αποθηκεύουμε ακολούθως την απεικόνιση αυτή και έτσι έχουμε αποθηκεύσει μία νέα κλάση στοιχείων (feature class) που περιέχει τους λιμένες με τα δεδομένα που τους συνοδεύουν.

Όπως αναφέρθηκε, σκοπός της εν λόγω εφαρμογής είναι η συγκέντρωση πληροφοριών των επιλεγμένων λιμένων και συνεπώς η ουσιαστική βοήθεια στη λήψη αποφάσεων των μελετητών. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό των λιμένων είναι η ετήσια διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμη η παροχή ενός θεματικού επιπέδου στον ενδιαφερόμενο χρήστη, το οποίο απεικονίζει όχι μόνο τη θέση των λιμένων στο χώρο, αλλά και την κίνησή του κατά την περίοδο επιλεγμένων προηγούμενων ετών (2008, 2015), με τη μορφή μπαρών (διαγραμμάτων). Έτσι, γίνεται απευθείας αντιληπτή η εξέλιξη της κίνησης σε κάθε λιμένα χωρίς να είναι απαραίτητο ο χρήστης να ανατρέξει σε πίνακες και εργαλεία του λογισμικού.



Εικόνα 46: Απεικόνιση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων για επιλεγμένα έτη

5.5 Εφαρμογή για τη νέα σιδηροδρομική σήραγγα Gotthard της Ελβετίας και την εναλλακτική διαδρομή της

Η σήραγγα Gotthard κατασκευάστηκε ώστε να τη διαπερνά σιδηρόδρομος προς την Ελβετία μέσω των Άλπεων. Επίσημως δόθηκε σε λειτουργία την 1η Ιουνίου 2016 με σκοπό την παροχή πλήρων υπηρεσιών το Δεκέμβριο του ίδιου έτους. Έχει μήκος διαδρομής 57,09 χιλιόμετρα (35,5 μίλια) και είναι το μεγαλύτερο και βαθύτερο τούνελ του κόσμου. Το έργο αποτελείται από δύο σήραγγες μονής τροχιάς που συνδέουν το Erstfeld με το Bodio, και περνούν κάτω από το Sedrun [39].

Ο κύριος στόχος του έργου είναι η αύξηση της τοπικής μεταφορικής ικανότητας μέσω του φράγματος των Άλπεων, ιδιαίτερα όσον αφορά τις εμπορευματικές μεταφορές στο διάδρομο Ρότερνταμ - Γένοβα. Έμφαση δίνεται στην επίτευξη της μετατόπισης του όγκου εμπορευμάτων από τα φορτηγά στα τρένα. Απώτερος σκοπός, συνεπώς, είναι η μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων που αφορούν τα φορτηγά, καθώς και η μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος που προκαλούνται από τη διαρκώς αυξανόμενη ποσότητα των εμπορευμάτων που μεταφέρονται από βαρέα φορτηγά. Επιπλέον, η σήραγγα θα παρέχει μια ιδιαίτερα γρήγορη σύνδεση μεταξύ του Τιτσίνο και της υπόλοιπης Ελβετίας, καθώς επίσης και μεταξύ βόρειας και νότιας Ευρώπης, μειώνοντας το χρόνο ταξιδιού για επιβάτες της διαδρομής Ζυρίχη – Μιλάνο κατά 30 λεπτά και για εμπορεύματα κατά 15 λεπτά. [40]

Ο νέος αυτός σιδηροδρομικός διάδρομος ανάμεσα στον Ρήνο και τις Άλπεις ενώνει σε ευθεία γραμμή τη βόρεια θάλασσα με τη Μεσόγειο, από το λιμάνι του Ρότερνταμ μέχρι το λιμάνι της Γένοβας. Από τη σήραγγα θα διέρχονται κάθε ώρα έξι εμπορικοί συρμοί με ταχύτητα 100 χιλιόμετρα την ώρα και δύο επιβατικοί με ταχύτητα 250 χιλιόμετρα την ώρα, αν και στην πράξη θα φθάνει την ταχύτητα της τάξης των 200 χιλιομέτρων την ώρα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα για τις εμπορευματικές μεταφορές, εκτός από τη μείωση του χρόνου, θα είναι το γεγονός ότι κάθε μηχανή των συρμών θα μπορεί να μεταφέρει 44% μεγαλύτερο βάρος εμπορευμάτων λόγω των ηπιότερων κλίσεων. Με την ολοκλήρωση του έργου ο σιδηρόδρομος μπορεί να εξυπηρετήσει 325 τρένα συνολικά έναντι των 220 που εξυπηρετούσε αρχικά. Από αυτά, 260 είναι τα τρένα μεταφοράς εμπορευμάτων και 65 επιβατικά. Επιπλέον, η ετήσια μεταφορική ικανότητα από 20 εκατομμύρια τόνους αυξάνεται σε 50.

Η ολοκλήρωση της επόμενης σήραγγας στους πρόποδες του Τσένερι, μήκους 15 χιλιομέτρων, το 2020, θα αυξήσει την εξοικονόμηση χρόνου της διαδρομής στα 50 λεπτά.

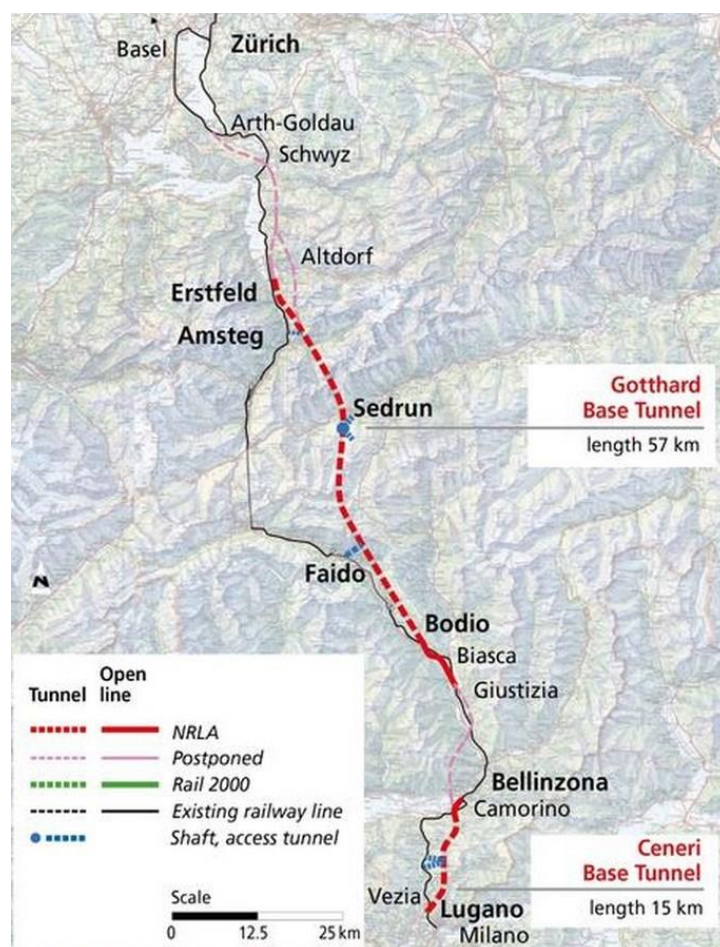


Εικόνα 47: Διαδρομή Λιμάνι Ρόττερνταμ – Λιμάνι Γένοβας

Συνοπτικά: [39]

- Συνολικό μήκος 57 χιλιόμετρα, η μεγαλύτερη σιδηροδρομική σήραγγα παγκοσμίως
- Σύνδεση Erstfeld με Bodio
- Μέγιστο ύψος υπερκείμενου εδάφους: 2300 μέτρα
- Συμμετέχοντες στο έργο: 1800 άτομα
- 2 σταθμοί πολλαπλών λειτουργιών στο Faido και Sedrun
- Μέγιστη ταχύτητα: εμπορευματικών συρμών 160 χιλιόμετρα την ώρα και επιβατικών 250 χιλιόμετρα την ώρα
- Υλικό εκσκαφής 28 εκατομμυρίων τόνων

- Μέγιστος αριθμός διερχόμενων συρμών ανά ημέρα: 200-260 εμπορικοί και 65 επιβατικοί
- Μεταφορική ικανότητα (εμπορικοί): 50 εκατομμύρια τόνοι



Εικόνα 48: Διαδρομή Gotthard Base Tunnel

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΦΙΛ ΚΛΙΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ Rail_NTUA

Για τον υπολογισμό κατανάλωσης ενέργειας των σιδηροδρομικών οχημάτων γίνεται εφαρμογή του μοντέλου Rail_NTUA. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε το 2014 από την απόφοιτο της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Ελένη Τουρνάκη, στα πλαίσια της διπλωματικής της εργασίας, η οποία στόχευε στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα των σιδηροδρομικών συνδυασμένων και των οδικών μεταφορών, λαμβάνοντας υπόψη χαρακτηριστικά της μεταφοράς και παραμέτρους που δεν συμπεριλαμβάνονται σε αντίστοιχες

μεθοδολογικές προσεγγίσεις [41]. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται στις σχέσεις υπολογισμού του Κ. Λυμπέρη και την θεωρία της έλξης.

Για την εφαρμογή του μοντέλου στην περίπτωση μας, είναι απαραίτητη η εξαγωγή του προφίλ κλίσεων των εξεταζόμενων διαδρομών. Οι διαδρομές αυτές είναι αρχικά η υφιστάμενη διαδρομή που ακολουθούν τα σιδηροδρομικά οχήματα μέχρι και σήμερα και στη συνέχεια η νέα διαδρομή μέσω της σήραγγας.

Χρησιμοποιείται το λογισμικό Google Earth, που απεικονίζει τα υφιστάμενα σιδηροδρομικά δίκτυα, ωστόσο δεν παρέχει τη δυνατότητα αυτόματης εξαγωγής της πορείας. Για το λόγο αυτό, δημιουργείται μια διαδρομή «εισαγόμενη από το χρήστη» με το ενσωματωμένο εργαλείο του Google Earth «Lineal». Η διαδρομή αυτή χαράσσεται από το χρήστη ακολουθώντας το ίχνος της σιδηροδρομικής διαδρομής που απεικονίζεται στους χάρτες του Google Earth. Μετά από δοκιμές, προέκυψε ότι μια διαδρομή χαραγμένη από το χρήστη που δημιουργείται εισάγοντας σημεία ανά 200 μέτρα προσεγγίζει ικανοποιητικά τη διαδρομή. Η εισαγόμενη διαδρομή, δηλαδή οι γεωγραφικές συντεταγμένες που την ορίζουν, αποθηκεύεται σε ένα αρχείο τύπου (.kml). Στη συνέχεια, οι συντεταγμένες εισάγονται στο διαδικτυακό εργαλείο «GPS Visualizer» [42] και τέλος εξάγονται από αυτό τα υψόμετρα των αντίστοιχων σημείων της διαδρομής.

Προκύπτει έτσι ένα προφίλ κλίσεων για τη διαδρομή, το οποίο εμπεριέχει σφάλματα κυρίως λόγω της ύπαρξης σιδηράγων, που οδηγούν σε διαφορές υψομέτρων μεταξύ διαδοχικών σημείων. Για το λόγο αυτό, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία για τον εντοπισμό των σημείων και τη διόρθωση των υψομέτρων τους.

Για τη διόρθωση των υψομέτρων και κλίσεων, γίνεται εισαγωγή των δεδομένων σε υπολογιστικό φύλλο του Excel. Το φύλλο του Excel περιέχει το γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, υψόμετρο και αθροιστική απόσταση.



Εικόνα 49: Απεικόνιση και εντοπισμός σήραγγων μέσω GIS

Τα σημεία που χρειάζονται διόρθωση είναι γνωστά και διορθώνονται βάσει της διαφοράς υψομέτρου μεταξύ σημείων εισόδου και εξόδου, χρησιμοποιώντας γραμμική παρεμβολή:

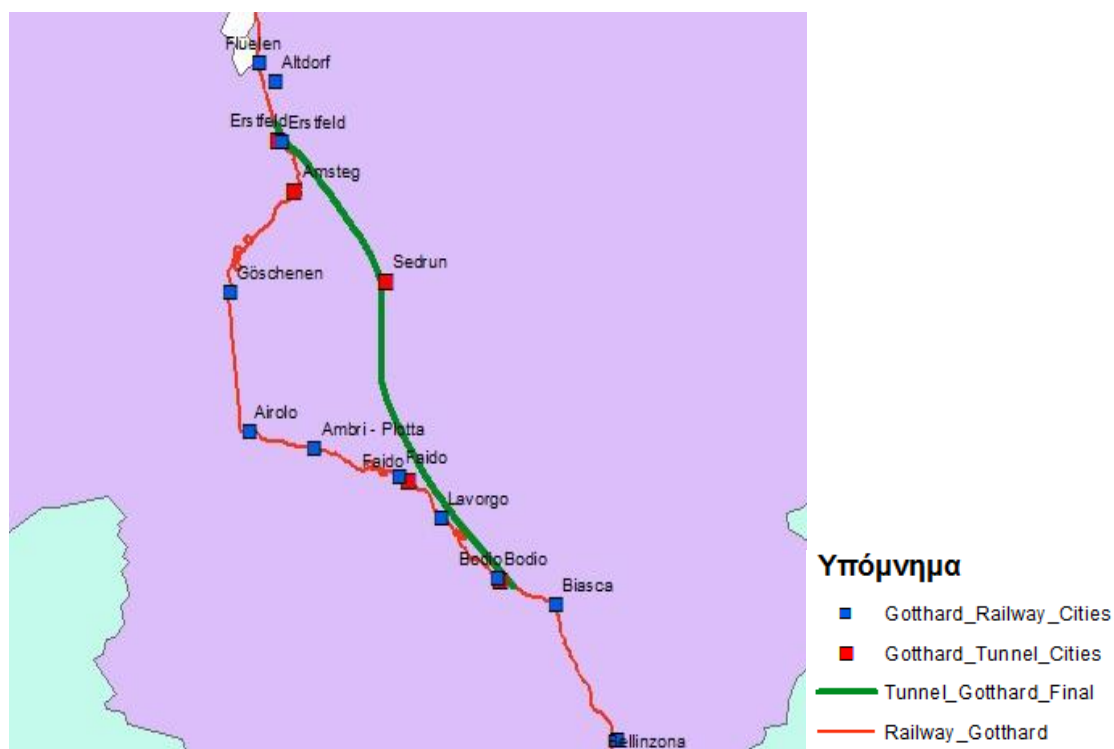
$$H_i = H_{\text{εισόδου}} + (X_i - X_{\text{εισόδου}}) * \left(\frac{H_{\text{εξόδου}} - H_{\text{εισόδου}}}{X_{\text{εξόδου}} - X_{\text{εισόδου}}} \right)$$

Με αυτό τον τρόπο έχει δημιουργηθεί το τελικό προφίλ κλίσεων που μπορούμε να πούμε ότι είναι αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας σε ικανοποιητικό επίπεδο. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται τόσο για την υφιστάμενη διαδρομή, όσο και για τη νέα διαδρομή μέσω της σήραγγας και έτσι έχουν βρεθεί όλες οι κλίσεις.

Στο μοντέλο Rail_NTUA που εφαρμόζεται στο τέλος, αλλάζει ο συντελεστής WTW ρύπων, ο οποίος για την Ελβετία είναι 0,005 [43]. Το αποτέλεσμα που προκύπτει σχετικά με την εκπομπή ρύπων είναι το εξής: Η νέα διαδρομή μέσω της σήραγγας «Gotthard Base Tunnel» εξοικονομεί ενέργεια συγκριτικά με την εναλλακτική διαδρομή κατά 55%.

Γίνεται η εισαγωγή του στο ArcMap και επιλέγεται κοινό σύστημα συντεταγμένων (παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς GCS_WGS_1984), ώστε να υπάρχει αντιστοιχία με το χαρτογραφικό υπόβαθρο (basemap) που προστίθεται για τη χαρτογραφική απεικόνιση της διαδρομής. Στη συνέχεια, η διαδρομή μετατρέπεται σε feature class της Γεωβάσης που έχει δημιουργηθεί, ώστε να λειτουργεί σαν layer και να μπορεί να γίνει επεξεργασία. Με χρήση της εντολής “Points to Line” γίνεται μετατροπή του point shapefile σε line shapefile, ώστε να επιτευχθεί η γραμμική απεικόνιση της διαδρομής.

Τέλος, για τις ανάγκες της απεικόνισης του έργου με την εντολή “Append” πραγματοποιείται η ενοποίηση του line shapefile που δημιουργήθηκε, με το σιδηροδρομικό δίκτυο του ETIS στην περιοχή που μας ενδιαφέρει (έχει προηγηθεί αποκοπή του δικτύου της ενδιαφερόμενης περιοχής) και ακολούθως γίνεται εισαγωγή των shapefile ως κλάσεις στοιχείων (feature classes) στη γεωβάση.



Εικόνα 50: Οι εναλλακτικές διαδρομές του έργου

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως συμβαίνει για κάθε ερευνητικό έργο, έτσι και στα έργα του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής πρώτο και ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο αποτελεί η συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων για να καταλήξει ο υπεύθυνος μελετητής στα επιθυμητά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα αυτά δημοσιεύονται, άλλοτε σε έντυπη μορφή και άλλοτε σε ηλεκτρονική. Αυτό έχει ως συνέπεια, κάποιος μετέπειτα ερευνητής, σπουδαστής ή μελετητής σε πολλές περιπτώσεις να μην έχει τη δυνατότητα προβολής είτε των συλλεχθέντων στοιχείων είτε των αποτελεσμάτων. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, την ανάγκη δημιουργίας μιας κοινής βάσης δεδομένων από όπου θα αντλούνται τα απαραίτητα δεδομένα και θα πραγματοποιείται η προσθήκη νέων αποτελεσμάτων σε αυτή. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να γίνεται χρήση κοινών νομενκλατούρων για τον επιτυχή και εύκολο συνδυασμό των πληροφοριών, αλλά και για την αποφυγή σε σημαντικό βαθμό του πλεονασμού των δεδομένων. Επιπροσθέτως, θα πρέπει η βάση να συνδυάζεται με ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS), όπου θα περιέχονται τα δίκτυα και θα απεικονίζονται όσο το δυνατόν πιο ικανοποιητικά. Παράλληλα θα παρέχεται η λεπτομερής καταγραφή πληροφοριών που τα αφορούν. Συνεπώς, καταλήγουμε στην απόφαση δημιουργίας μιας βάσης δεδομένων συνδυασμένης με GIS, δηλαδή τη δημιουργία μιας Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων.

Με το πέρας της υλοποίησης του συστήματος που αναπτύχθηκε, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Επιτυγχάνεται η πρόσβαση πολλών χρηστών, παρέχοντας διάφορες δυνατότητες ανάλογα με τα προνόμια / δικαιώματα που τους παρέχονται. Στις δυνατότητες αυτές περιλαμβάνεται η επεξεργασία των δεδομένων από τους χρήστες, ακόμη και την ίδια χρονική στιγμή. Παράλληλα, προσφέρεται ικανοποιητικό επίπεδο ελέγχου στον υπεύθυνο/διαχειριστή όσον αφορά την ορθότητα των δεδομένων.

Ωστόσο, για την ταυτόχρονη επεξεργασία των ίδιων δεδομένων από διαφορετικούς χρήστες, είναι απαραίτητη η ενεργοποίηση μιας πολύπλοκης διαδικασίας για το διαχειριστή της γεωβάσης. Συνεπώς, σε αυτή την περίπτωση ο διαχειριστής θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένος με τα διαχειριστικά ζητήματα των λογισμικών που χρησιμοποιούνται.

Παρατηρήθηκε ότι η τεχνική εισόδου των Google Forms που προτάθηκε διευκολύνει τον υπεύθυνο/ διαχειριστή διότι:

Όλα τα δεδομένα που προέρχονται από άλλους χρήστες δεν εισάγονται με αυτοματοποιημένη διαδικασία στο σύστημα, αλλά εντάσσονται απευθείας σε ένα ενιαίο υπολογιστικό φύλλο. Ακολούθως, αξιολογούνται από τον υπεύθυνο ως προς την ορθότητα και την εγκυρότητά τους και αφού ολοκληρωθεί η αξιολόγηση μπορούν να εισαχθούν στο σύστημα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται χρονοβόρες διαδικασίες συλλογής δεδομένων που θα υπήρχαν είτε με την πληκτρολόγηση των συλλεχθέντων στοιχείων είτε με τη συλλογή πολλών υπολογιστικών φύλλων.

Στα μειονεκτήματα του συστήματος που αναπτύχθηκε είναι, πρώτα από όλα, η απαίτηση ισχυρού υπολογιστικού συστήματος λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών. Δεν μπορεί επίσης να αγνοηθεί το γεγονός ότι απαιτείται η εγκατάσταση αρκετών λογισμικών. Επιπλέον, το ΕΜΠ διαθέτει άδειες για το λογισμικό ArcGIS μόνο για λειτουργικό σύστημα των Windows. Συνεπώς, δεν εξυπηρετούνται χρήστες που έχουν στην κατοχή τους διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Τέλος, παρατηρείται άμεση εξάρτηση από το διακομιστή του συστήματος και σε περίπτωση βλάβης ο χρήστης δε δύναται να εκτελέσει όλες τις λειτουργίες του.

Με τη συμβολή της βάσης που δημιουργείται, αναπτύχθηκαν δύο επιλεγμένες εφαρμογές χρησιμοποιώντας τα δίκτυα αυτής. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης και εργαλεία του ArcMap, καθώς και εργαλεία εκτός του συστήματος, τα οποία μπορούν μελλοντικά να ενσωματωθούν σε αυτό.

7. ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η οργάνωση μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων έχει σημαντικές ιδιαιτερότητες σε σχέση με μία οποιαδήποτε άλλη (μη γεωγραφική) βάση δεδομένων. Απαιτεί ειδικά και υψηλού κόστους λογισμικά για την εισαγωγή, επεξεργασία, το συνδυασμό και ανάκτηση δεδομένων, κάτι που συνήθως είναι διαθέσιμο μόνο σε εξειδικευμένες ομάδες τηλεπισκόπησης και συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (Geographic Information Systems - GIS). Μερικά ενδεικτικά ζητήματα διαχείρισης γεωγραφικών

βάσεων δεδομένων είναι το προβολικό σύστημα και σύστημα συντεταγμένων, η χωρική ακρίβεια, η ύπαρξη και αξιοπιστία των μεταδεδομένων (metadata) και λοιπά.

Ως εναλλακτική λύση για την πρόσβαση σε γεωγραφικά δεδομένα από μη ειδικούς, αλλά και για την ταυτόχρονη δυνατότητα επικοινωνίας από απόσταση σε πραγματικό χρόνο, υπάρχουν οι διαδικτυακές γεωγραφικές βάσεις δεδομένων, οι οποίες καθίστανται προσβάσιμες μέσω WebGIS. Αυτό, αποτελεί ουσιαστικά μια διεπαφή (interface), που διευκολύνει τους χρήστες όσον αφορά την πρόσβασή τους σε γεωγραφικές βάσεις που βρίσκονται στο διαδίκτυο (δηλαδή σε έναν υπολογιστή σε ρόλο server).

Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι παρέχονται όλες οι βασικές λειτουργίες απεικόνισης δεδομένων από τη γεωβάση μέσω του WebGIS, όπως:

1. Χαρτογραφικό υπόβαθρο (δορυφορική εικόνα ή τοπογραφικός χάρτης)
2. Λίστα θεματικών επιπέδων με δυνατότητα επιλογής
3. Πίνακας περιγραφικών δεδομένων
4. Γεωγραφικές συντεταγμένες και πλοήγηση
5. Κλίμακα και χάρακας
6. Μετρήσεις αποστάσεων

Τελική λοιπόν πρόταση για τη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η δημιουργία μιας διαδικτυακής γεωγραφικής πύλης (GeoPortal), η οποία θα παρέχει ηλεκτρονικές υπηρεσίες πρόσβασης, προβολής και επεξεργασίας του συνόλου των δεδομένων της γεωβάσης.

Σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της παρούσας τεχνικής αποτελούν:

- η ευκολότερη και συντομότερη πρόσβαση από όλα τα λειτουργικά συστήματα
- η μη απαίτηση για εγκατάσταση λογισμικών από τους χρήστες της βάσης και συνεπώς η βάση είναι προσβάσιμη από οποιονδήποτε χρήστη.

Μία επιπλέον πρόταση αποτελεί επίσης η αξιοποίηση της παρούσας γεωγραφικής βάσης δεδομένων από τους σπουδαστές και συνεπώς ο εμπλουτισμός της. Έτσι, οι επόμενες διπλωματικές εργασίες που θα εκπονηθούν στον τομέα προτείνεται να συλλέγουν τα στοιχεία τους από αυτή, καθώς και να καταχωρούν τα αποτελέσματά τους με την επιτρεπόμενη μορφή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Επίσημη ιστοσελίδα της Eurostat. [Online]. <http://ec.europa.eu/eurostat/about/overview>
- [2] Επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ETIS. [Online]. <http://www.etisplus.eu/default.aspx>
- [3] Βαγγέλης Κοτζαμάνογλου, Τρύφων Δασκαλάκης Σοφία Λένη. (2009) Βιβλιοθήκη Εκπαιδευτικού Υλικού ΕΚΔΔΑ. [Online]. <http://resources.ekdd.gr/gnosis/index.php/2012-09-20-11-36-31/4-27/34-41>.
- [4] Στεφανάκης Εμμανουήλ, *Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*.: Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2003.
- [5] Ν. Γεώργιος Φώτης, *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*.: Εκδόσεις Γκοβόστη, Αθήνα 2010.
- [6] M.Goodchild & D. Rhind & D. Maguire, *Geographical Information Systems, Vol.1*.: Εκδόσεις Longman, 1991. [Online]. <http://www.heal-link.gr/>
- [7] John Pickles. (1995) Open access e-book. [Online]. <http://www.praxis-epress.org/CGR/33-Pickles.pdf>
- [8] R. Moore & P. Shand, *The Association for Geographic Information Yearbook 1989*.: Taylor & Francis, London 1989.
- [9] P. A. Burrough, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*.: Clarendon Press, Oxford 1986.
- [10] Department of Environment (DoE). (1987) Handling Geographic Information. [Online]. <http://www.heal-link.gr/>
- [11] Π. Ε. Πετράκης, *Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*.: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2005.
- [12] Marathon Data Systems Σεμινάρια, *Εισαγωγή στο ARCGIS, ARCGIS I*. Αθήνα: Marathon Data Systems, 2017.
- [13] B. Al - Ramadan. (2002) Introduction to Geographic Information Systems. [Online]. <http://www.heal-link.gr/>
- [14] A. Silberschatz & H. Korth & S. Sudarshan (Μετάφραση: Μαίρη Γκλαβά), *Συστήματα Βάσεων Δεδομένων*.: Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 2012.
- [15] Peter Burrough & Rachael McDonnell & Christopher Lloyd, *Principles of Geographical Information*

Systems, Third Edition.: Oxford University Press, 2015.

- [16] Frank A., "Requirements for a Database Management System for a GIS," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, No. 6, vol. 54, 1988.
- [17] Jean - Claude Thill. (2000) Geographic information systems for transportation in perspective, Transportation Research Part C. [Online]. <http://www.heal-link.gr/>
- [18] H. J. Miller & S.L. Shaw, *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications.*: Oxford University Press, New York 2001.
- [19] M. F. Goodchild, *Geographic information systems and disaggregate transportation modeling Geographical Systems.*, 1998.
- [20] Τσίτος Αχιλλέας, *Ανασχεδιασμός δικτύων δημοτικής συγκοινωνίας με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Εφαρμογή Δήμος Αμαρουσίου.*: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2015.
- [21] Zhang Ning. (Enschede 2011) Bus routes optimization in Wuhan, China. [Online]. https://www.itc.nl/library/papers_2011/msc/upm/ning.pdf
- [22] Netra Bhandary. (2010) GIS-based highway maintenance prioritization model: an integrated approach for highway maintenance in Nepal mountains, *Journal of Transport Geography*, vol. 18. [Online]. http://www.academia.edu/24891812/GIS-based_highway_maintenance_prioritization_model_an_integrated_approach_for_highway_maintenance_in_Nepal_mountains
- [23] Elise Miller-Hooks & Rahul Nair & Minseok Kim. (2010) A Geographic Information System-Based Real-Time Decision Support Framework for Routing Vehicles Carrying Hazardous Materials, Application in Maryland, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, Vol. 15. [Online]. <http://heal-link.gr/>
- [24] Eugenio Gutiérrez & Flavio Bono. (2011) A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks, *Journal of Transport Geography*, Vol.19. [Online]. <http://heal-link.gr>
- [25] Mezyad Alterkawi. (2001) Application of GIS in Transportation Planning: The Case of Riyadh, the Kingdom of Saudi Arabia, *Global Built Environment Review*. [Online]. <http://heal-link.gr/>
- [26] Berrin Tansel & Bahareh Inanloo. (2015) Explosion impacts during transport of hazardous cargo: GIS-based characterization of overpressure impacts and delineation of flammable zones for

ammonia, journal of Environmental Management, Vol. 156. [Online]. <http://heal-link.gr>

- [27] Δημήτριος Σβορώνος, *Ποιότητα ζωής και σύγχρονες πόλεις: Γεωγραφική ανάλυση και αξιολόγηση δικτύου κίνησης πεζών του Δήμου Χαλανδρίου σε περιβάλλον GIS*.: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2014.
- [28] Θάνος Δογάνης, Γιώργος Βερνάρδος, Μιχάλης Χρονόπουλος, Γεωργία Γκάνια. (Marathon Data Systems, 2015) Διαχείριση οχημάτων σε περιβάλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, Το παράδειγμα της Αττικής Οδού. [Online]. <http://www.marathondata.gr/conf.htm>
- [29] (2017) ECDL. [Online]. http://www.ecdl.gr/EL/PRESSCENTER/PRESS/NEWS/Pages/PR_GISPro.aspx
- [30] Marathon Data Systems. [Online]. http://www.marathondata.gr/pdfs/arcgis_desktop_products.pdf
- [31] Επίσημη ιστοσελίδα της Esri. [Online]. <http://www.esri.com/>
- [32] Marathon Data Systems Σεμινάρια, *Εισαγωγή στο ARCGIS, ARCGIS II*.: Marathon Data Systems, Αθήνα 2017.
- [33] Gehrke Johannes & Ramakrishnan Raghu, (*Μετάφραση: Γ. Σίσσας, Δ. Δέρβος, Γ. Ευαγγελίδης*), *Συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων*.: Εκδόσεις Τζιόλα, 2011.
- [34] Ministry of Development, Competitiveness, Infrastructure, Transports and Network, Desktop Testing Methodology, Deliverable 5.1.1., 2014. [Online]. <http://www.gift-project.eu/index.php/el/download>
- [35] Α. Μπαλλής, Τ. Μοσχόβου, Ε. Σφακιανάκη, Ε. Τουρνάκη, *Διερεύνηση θεμάτων ανταγωνιστικότητας της εμπορευματικής σιδηροδρομικής υπηρεσίας "Λιμένας Πειραιά-Σιδ.Σταθμός Θεσ/νίκης-Σιδ.Σταθμός Παρντουμπίτσας Τσεχίας" σε σχέση με σιδηροδρομικές εξυπηρετήσεις από λιμένες της Αδριατικής, Τελική έκθεση*., 2016.
- [36] Αρετή Κώτση, *Διερεύνηση γενικών και ειδικών απαιτήσεων για σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων*.: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούλιος 2015.
- [37] Ιστοσελίδα ανοιχτών γεωχωρικών δεδομένων, 2010. [Online]. <http://geodata.gov.gr/>
- [38] Ερωτηματολόγιο "Συλλογή στοιχείων για τους λιμένες της Μεσογείου". [Online]. <https://goo.gl/forms/vblizl381jfprnbk2>
- [39] Επίσημη ιστοσελίδα της AlpTransit, 2017. [Online]. <https://www.alptransit.ch/de/home/>
- [40] Επίσημη ιστοσελίδα της Aargauerzeitung, 2016. [Online].

<https://www.aargauerzeitung.ch/schweiz/gotthard-basistunnel-vor-eroeffnung-was-bringt-er-der-schweiz-130160936>

- [41] Ελένη Τουρνάκη, *Το αποτύπωμα άνθρακα στις σιδηροδρομικές συνδυασμένες μεταφορές: Εφαρμογή στη γραμμή Αθηνών-Θεσσαλονίκης*.: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2014.
- [42] Διαδικτυακή εφαρμογή GPS Visualizer, εφαρμογή επεξεργασίας χαρτογραφικών δεδομένων με πολλαπλές επιλογές. [Online]. <http://www.gpsvisualizer.com/>
- [43] Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, 2nd draft report, 2010. [Online]. http://ecotransit.org/download/EcoTransIT_World_Methodology_Data_100521.pdf

Παράρτημα I

Εγχειρίδιο χρήσης GIS

Περιεχόμενα

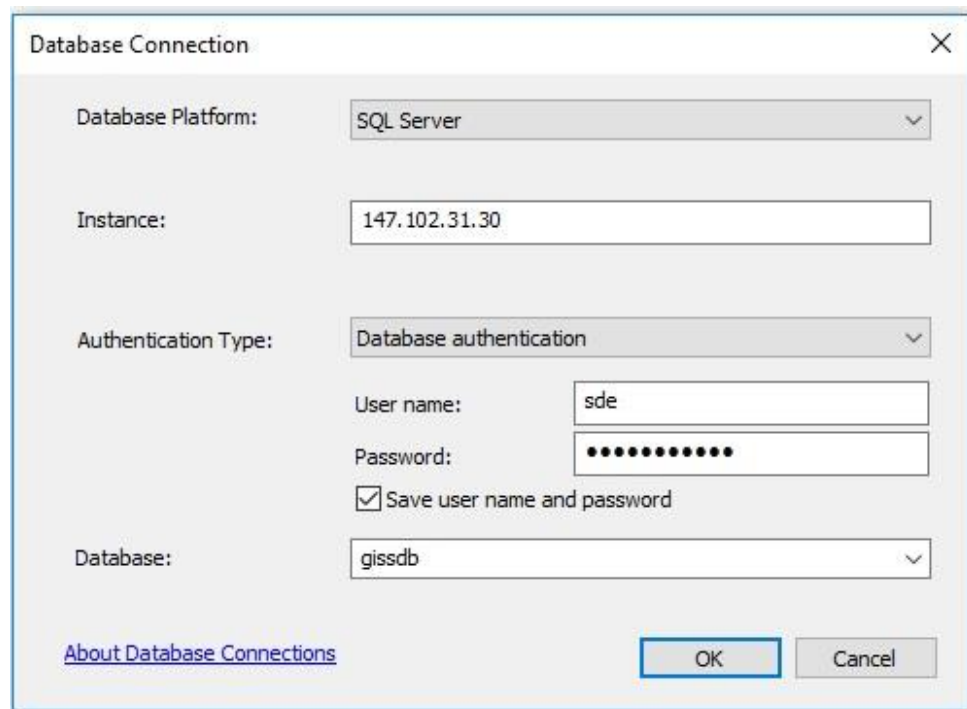
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1	Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	6
1.2	Τύποι δεδομένων.....	6
1.3	Σύνδεση χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας.....	10
1.4	Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς.....	11
1.5	Βασικές έννοιες.....	12
2.	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	15
2.1	Εισαγωγή δεδομένων.....	15
2.2	Δημιουργία νέας γεωβάσης.....	17
2.3	Δημιουργία νέων αρχείων.....	23
2.3.1	Δημιουργία νέου shapefile και feature class.....	23
2.3.2	Δημιουργία point shapefile με γνωστές συντεταγμένες.....	26
3.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	29
3.1	Αλλαγή συμβολισμού ενός layer.....	29
3.2	Αντιγραφή στοιχείου.....	33
3.3	Διαγραφή στοιχείου.....	37
3.3.1	Διαγραφή ολόκληρου στοιχείου.....	37
3.3.2	Διαγραφή τμήματος στοιχείου.....	38
3.4	Δημιουργία νέου στοιχείου σε υπάρχον αρχείο.....	39
3.5	Τροποποίηση υπάρχοντος στοιχείου.....	41
3.5.1	Μετακίνηση, εισαγωγή και διαγραφή κορυφής.....	41
3.5.2	Μετακίνηση και περιστροφή στοιχείου.....	44
4.	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	44
4.1	Προεπιλογές πεδίων πίνακα περιγραφικής πληροφορίας.....	45
4.2	Προσθήκη νέου πεδίου.....	45
4.3	Προσθήκη υπερσυνδέσμου.....	46

4.4 Προσθήκη εικόνας.....	50
4.5 Σύνδεση πινάκων.....	54
5. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ.....	57
5.1 Χωρικά ερωτήματα.....	57
5.2 Ανάλυση εγγύτητας.....	58

Τα απαιτούμενα λογισμικά που είναι απαραίτητο να υπάρχουν στον προσωπικό υπολογιστή του κάθε χρήστη του συστήματος είναι:

- Το ArcGIS Desktop (έκδοση ανώτερη της 9.3)
- Microsoft SQL Server Native Client με προσοχή να υπάρχει συμβατότητα όσον αφορά τα bit του λειτουργικού συστήματος με τα bit του εν λόγω λογισμικού. Επιπλέον, όταν πρόκειται για Windows Vista υποστηρίζεται μόνο από το Service Pack 2.

Στην πορεία η σύνδεση των χρηστών στη γεωβάση επιτυγχάνεται μέσω της επιλογής **Database Connection**. Στο Catalog από το ArcMap ή στο ArcCatalog → **Database Connections** → **Add Database Connection**.



Εικόνα: Το παράθυρο διαλόγου “Database Connection” για τον sde

- Πεδίο “Database Platform” → **SQL Server**
- Πεδίο “Instance” → **147.102.31.30** (η IP που χρησιμοποιείται)
- Πεδίο “Authentication Type” → **Database Authentication** και ακολούθως εισαγωγή **username** και αντίστοιχου **password**
- Πεδίο “Database” → Το όνομα της γεωβάσης από τη λίστα, στη συγκεκριμένη περίπτωση **gissdb**

Αφού έχει γίνει η σύνδεση, ο κάθε χρήστης έχει πρόσβαση στα επιτρεπόμενα δεδομένα σύμφωνα με τα δικαιώματά του. Στην περίπτωση που επιθυμεί την εισαγωγή νέων, προσωπικών του δεδομένων ακολουθούνται οι διαδικασίες των τεχνικών ελέγχου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

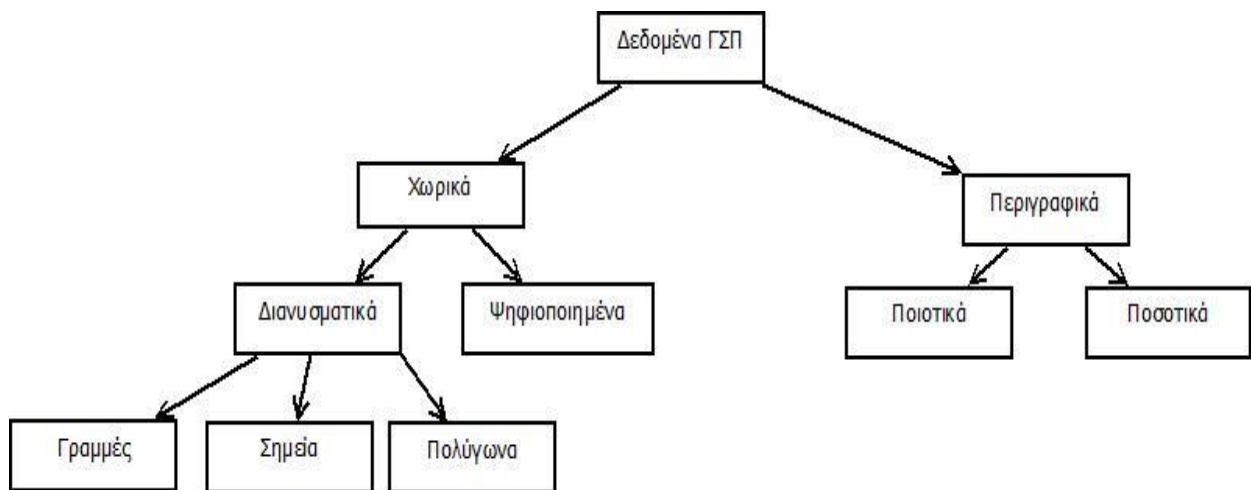
1.1 Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), ευρύτερα γνωστά ως GIS (Geographic Information Systems), παρέχουν νέες μεθόδους και έργα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης στοιχείων που βρίσκονται στο χώρο και έχουν γεωγραφικές διαστάσεις. Το ArcGIS Desktop είναι το πιο διαδεδομένο λογισμικό των Γεωπληροφοριακών Συστημάτων, περιλαμβάνει ένα σύνολο από εφαρμογές (όπως το ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox και λοιπά) και μπορεί να επιτελέσει τις βασικές λειτουργίες της εισαγωγής, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων.

Έχουν γίνει τόσες πολλές προσπάθειες ορισμού ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ή Γ.Σ.Π. (Geographical Information System – GIS), που είναι δύσκολο να επιλέξει κανείς έναν αποκλειστικό ορισμό. Το χαρακτηριστικό, όμως, που έχουν όλοι οι ορισμοί από κοινού είναι το γεγονός ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται άμεσα με τους χάρτες. Στον πιο βασικό ορισμό του, ένα GIS αποτελείται από μία τουλάχιστον βάση δεδομένων, πληροφορίες χάρτη και μία τουλάχιστον σύνδεση μεταξύ τους.

1.2 Τύποι δεδομένων

Οι βασικοί τύποι δεδομένων γεωγραφικών πληροφοριών είναι (α) η χωρική και (β) η περιγραφική πληροφορία. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι μορφές δεδομένων σε ένα Γ.Σ.Π.

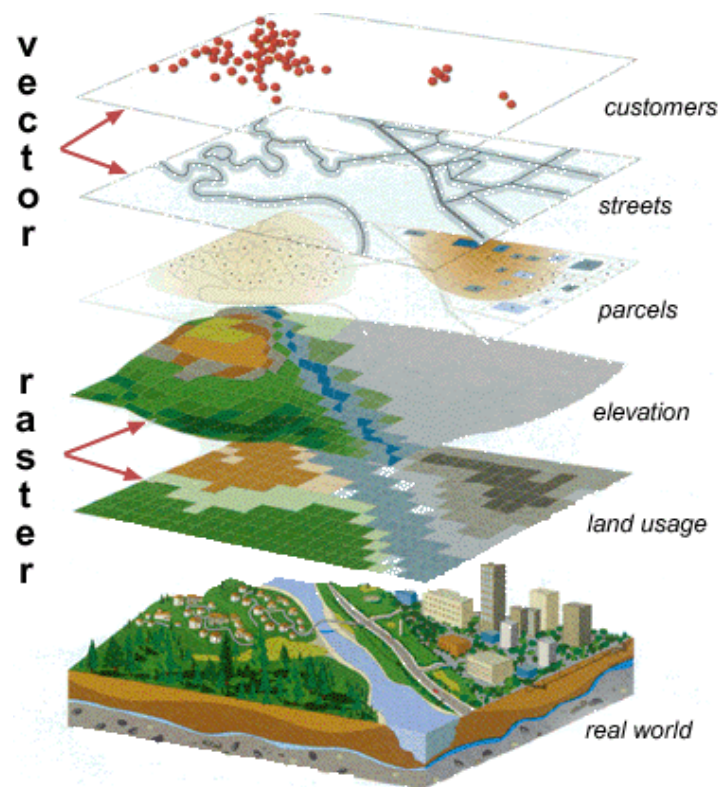


Σχήμα: Μορφές δεδομένων σε Γ.Σ.Π.

Τα **χωρικά δεδομένα** προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και τις θέσεις στην επιφάνεια της γης. Χωρίζονται σε Vector Data (Διανυσματικά Δεδομένα) και Raster Data (Ψηφιοποιημένα Δεδομένα) και διαθέτουν και τα δύο συστήματα χωρικής αναφοράς. Τα συστήματα αυτά είναι τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη.

- iii. Διανυσματικά (Vector): Οι τρεις βασικοί τύποι γεωμετριών για τα διανυσματικά δεδομένα είναι τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα (περιοχές).
- Τα σημεία χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν διακριτά σημειακά δεδομένα και έχουν μηδενικές διαστάσεις. Για παράδειγμα, σημειακά δεδομένα αποτελούν πόλεις, ή ακόμα και σημεία μιας πόλης, που έχουν μοναδικές συντεταγμένες.
 - Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν γραμμικά χαρακτηριστικά. Συνδέουν κορυφές μεταξύ τους και έχουν μόνο μία διάσταση. Παραδείγματα γραμμικών δεδομένων είναι δρόμοι, ποτάμια, μονοπάτια κλπ.
 - Τα πολύγωνα χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν περιοχές, όπως για παράδειγμα το όριο μιας πόλης ή μιας χώρας και έχουν δύο διαστάσεις. Ουσιαστικά, τα πάντα αποτελούνται από τουλάχιστον μία γραμμή. Τα σημεία αποτελούν γραμμή μηδενικού μήκους και τα πολύγωνα μια ακολουθία γραμμών με αρχή και τέλος την ίδια κορυφή.

iv. Ψηφιοποιημένα (Raster): Χρησιμοποιείται όταν το χωρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή και όταν θέλουμε να ενσωματώσουμε στο Γ.Σ.Π. μια εικόνα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και οι αεροφωτογραφίες και οι εικόνες από δορυφόρο. Χωρίζονται σε δύο τύπους δεδομένων: σε συνεχείς (continuous raster data), όπου δεν είναι ξεκάθαρα τα όρια των φαινομένων που απεικονίζονται και σε διακριτούς (discrete raster data), όπου τα όρια των φαινομένων που απεικονίζονται είναι ξεκάθαρα και διακριτά. Συνεχείς τύποι Raster είναι για παράδειγμα η μέτρηση θερμοκρασιών ή υψομέτρων, ενώ παράδειγμα διακριτών αποτελεί η πυκνότητα του πληθυσμού. Υπάρχουν επίσης τρεις τύποι συνόλων δεδομένων: θεματικά (thematic), φασματικά (spectral) και εικόνες (imagery).

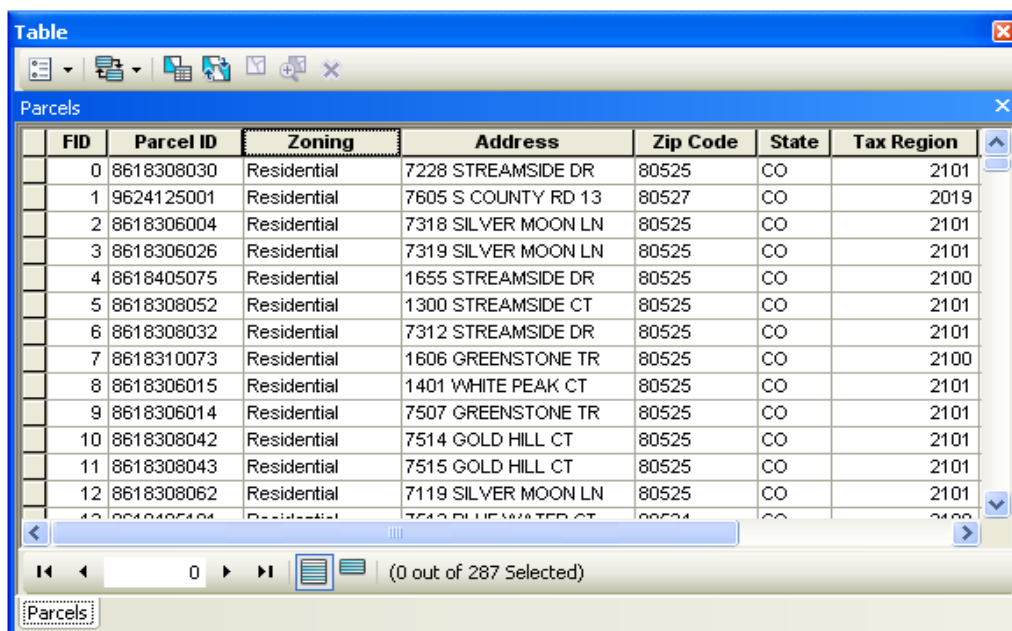


Εικόνα: Απεικόνιση πραγματικού κόσμου μέσω διανυσματικών και ψηφιοποιημένων δεδομένων

Τα **πινακοποιημένα ή περιγραφικά δεδομένα** περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα περιγραφικό δεδομένο που σχετίζεται με έναν δρόμο μπορεί να είναι το όνομά του, το πλάτος του, η πληροφορία αν είναι

ασφαλτοστρωμένος ή όχι, ο κυκλοφοριακός φόρτος του και άλλα. Τα περιγραφικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων, η οποία αποθηκεύεται ξεχωριστά από το γραφικό τμήμα του χάρτη.

Αποτελούν τη βάση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, που μας επιτρέπουν να απεικονίσουμε τα ερωτήματά μας και να αναλύσουμε τα δεδομένα. Σε απλούς όρους, οι πίνακες είναι δύο διαστάσεων και αποτελούνται από γραμμές και στήλες. Στο ArcGIS οι σειρές είναι γνωστές ως εγγραφές και οι στήλες ως πεδία. Κάθε πεδίο μπορεί να αποθηκεύσει ένα συγκεκριμένο τύπο δεδομένων και το όνομά του πρέπει να είναι μοναδικό. Επιπλέον δεν επιτρέπεται να υπάρχουν κενά και είναι απαραίτητο να ξεκινά με κάποιο αλφαβητικό χαρακτήρα.



The screenshot shows the 'Table' window in ArcGIS, titled 'Parcels'. It displays an attribute table with the following columns: FID, Parcel ID, Zoning, Address, Zip Code, State, and Tax Region. The table contains 13 rows of data, all with 'Residential' zoning. The bottom of the window shows a status bar indicating '(0 out of 287 Selected)'.

FID	Parcel ID	Zoning	Address	Zip Code	State	Tax Region
0	8618308030	Residential	7228 STREAMSIDE DR	80525	CO	2101
1	9624125001	Residential	7605 S COUNTY RD 13	80527	CO	2019
2	8618306004	Residential	7318 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
3	8618306026	Residential	7319 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
4	8618405075	Residential	1655 STREAMSIDE DR	80525	CO	2100
5	8618308052	Residential	1300 STREAMSIDE CT	80525	CO	2101
6	8618308032	Residential	7312 STREAMSIDE DR	80525	CO	2101
7	8618310073	Residential	1606 GREENSTONE TR	80525	CO	2100
8	8618306015	Residential	1401 WHITE PEAK CT	80525	CO	2101
9	8618306014	Residential	7507 GREENSTONE TR	80525	CO	2101
10	8618308042	Residential	7514 GOLD HILL CT	80525	CO	2101
11	8618308043	Residential	7515 GOLD HILL CT	80525	CO	2101
12	8618308062	Residential	7119 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
13	8618308064	Residential	7512 BLUE WATER CT	80524	CO	2100

Εικόνα: Attribute Table (Πινακοποιημένα δεδομένα)

Τα διανυσματικά δεδομένα είναι του τύπου (format) .shp (shapefiles) και τα ψηφιοποιημένα ή πλεγματικά μπορούν να είναι διαφόρων τύπων αφού πρόκειται για εικόνες, όπως .tiff, .jpeg και λοιπά.

1.3 Σύνδεση χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας

Η κεντρική εφαρμογή μέσω της οποίας ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτών, σύνθεσης επιπέδων χωρικών πληροφοριών και εκτέλεσης λειτουργιών διαχείρισης και ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων είναι το ArcMap. Μέσω της εν λόγω εφαρμογής, πραγματοποιείται λοιπόν, η δημιουργία και εκτύπωση χαρτών, η προβολή, επεξεργασία και ο συμβολισμός δεδομένων, η ανάλυσή τους, καθώς και η δημιουργία γραφημάτων και αναφορών.

Η σύνδεση της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία αποτελεί τη χαρακτηριστική δυνατότητα του GIS. Στο GIS οτιδήποτε απεικονίζεται σε ένα χάρτη, ουσιαστικά αποτυπώνεται σε ένα θεματικό επίπεδο (layer), πάνω στο κύριο που είναι ο χάρτης. Κάθε θεματικό επίπεδο συνδέεται με έναν δισδιάστατο πίνακα που περιέχει τις πληροφορίες που το αφορούν και η κάθε εγγραφή αντιστοιχεί σε ένα μοναδικό χωρικό στοιχείο. Οι πληροφορίες που περιέχονται στον πίνακα έχουν επιλεγεί από το δημιουργό και μπορεί να είναι οποιαδήποτε πληροφορία επιθυμεί. Για την πλήρη διαχείριση των πινάκων από το ArcGIS είναι απαραίτητο το πεδίο ObjectID και για το λόγο αυτό δημιουργείται αυτόματα κατά τη δημιουργία νέου στοιχείου.

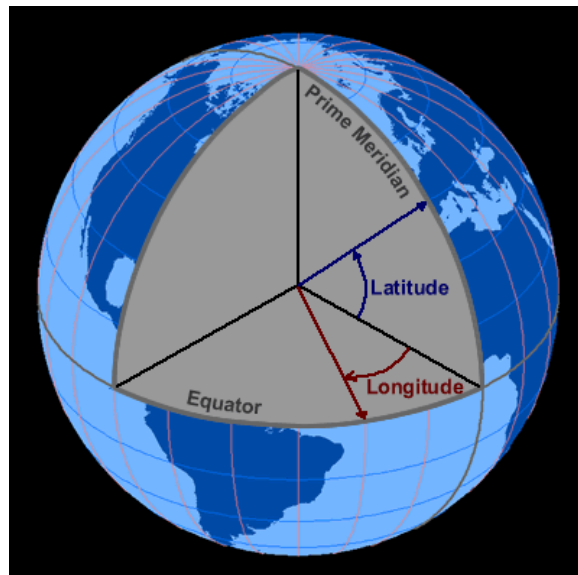
Ένα αρχείο χάρτη του ArcMap αποθηκεύεται με τη μορφή .mxd και αποτελεί ουσιαστικά μια συλλογή από αναφορές σε αντικείμενα (αρχεία δεδομένων του GIS), αποθηκεύοντας μόνο τις ιδιότητές τους, συνεπώς τις αναφορές σε αυτά, και όχι τα ίδια τα δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι αν τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί μετακινηθούν από τη θέση/μονοπάτι (path) στην οποία βρίσκονται, το αρχείο δε θα είναι σε θέση να τα ανοίξει ξανά. Γίνεται λοιπόν ευκόλως αντιληπτό, ότι για το λόγο αυτό δε μπορούμε να αποστείλουμε το αρχείο σε άλλο χρήστη, αν δεν έχουμε αποστείλει και τα δεδομένα που περιέχει κανονικά το αρχείο.

Ο κάθε χάρτης αποτελείται από τα Data Frames (Πλαίσια Δεδομένων) και τα Layers (Θεματικά Επίπεδα). **Data Frame** καλείται ένας χάρτης που ορίζει μια γεωγραφική έκταση, ένα σύστημα συντεταγμένων και ιδιότητες εμφάνισης (όπως για παράδειγμα ο συμβολισμός) για ένα ή περισσότερα θεματικά επίπεδα. Το ενεργοποιημένο πλαίσιο δεδομένων παρουσιάζεται σαν ένα «παράθυρο», το οποίο περιέχει όλα τα θεματικά επίπεδα με τα οποία εργαζόμαστε. Τα **Layers** είναι μηχανισμός που

χρησιμοποιείται για την εμφάνιση γεωγραφικών δεδομένων στο περιβάλλον του ArcMap, αποτελούν δηλαδή τη χαρτογραφική αναπαράσταση των δεδομένων. Κάθε θεματικό επίπεδο αναφέρεται σε ένα σύνολο δεδομένων και προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζεται το σύνολο αυτό, χρησιμοποιώντας σύμβολα και ετικέτες κειμένου. Κάθε έγγραφο του ArcMap «συναρμολογείται» με την προσθήκη μιας σειράς θεματικών επιπέδων. Ένα αρχείο .mxd μπορεί να περιέχει περισσότερα του ενός data frames, και κάθε data frame περιέχει τα δικά του layers.

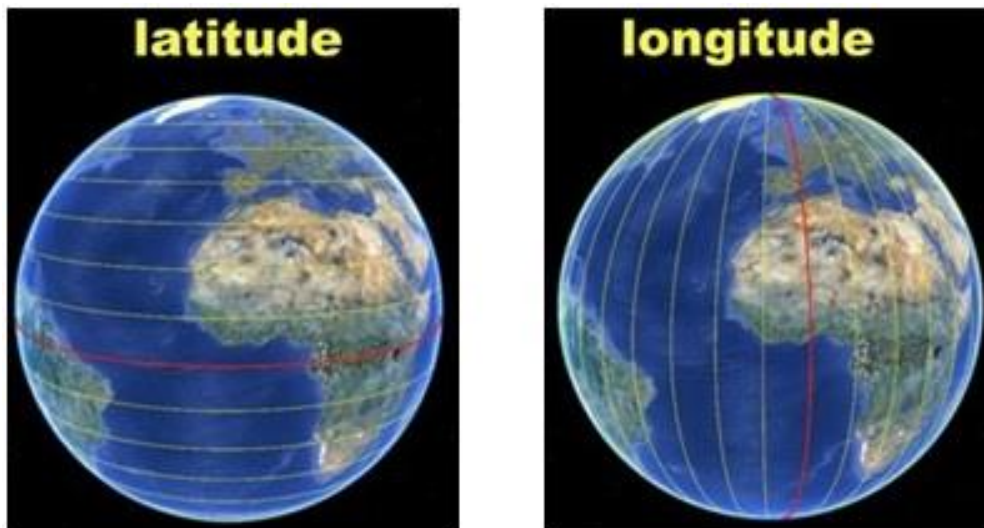
1.4 Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς

Για την ορθή απεικόνιση των δεδομένων πρέπει να υπάρχει ένα κοινό σύστημα αναφοράς. Συνεπώς, η ακριβής θέση όλων των δεδομένων στην επιφάνεια της Γης πρέπει να προσδιοριστεί με βάση ένα κοινό σύστημα. Ο συσχετισμός ενός διανύσματος ή σημείου με την ακριβή θέση του πάνω στη Γη ονομάζεται γεωσυσχέτιση και πραγματοποιείται μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων, που καλούνται γεωγραφικές συντεταγμένες. Γεωγραφικό μήκος (longitude) ονομάζεται η απόσταση σε μοίρες ενός τόπου από τον πρώτο μεσημβρινό (prime meridian) προς ανατολικά ή δυτικά. Γεωγραφικό πλάτος (latitude) ονομάζεται η απόσταση σε μοίρες ενός τόπου από τον Ισημερινό (equator) βόρεια ή νότια.



Εικόνα: Γεωγραφικές συντεταγμένες

Οι πληροφορίες σχετικά με τη θέση ενός στοιχείου στο χάρτη δεν είναι εύκολα προσβάσιμες. Για αυτό το λόγο διαχειρίζονται αποκλειστικά από το λογισμικό, από το οποίο επιλέγουμε ένα σύστημα αναφοράς. Στην Ελλάδα είναι ευρέως διαδεδομένο το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87). Ωστόσο γίνεται και ευρεία χρήση του Παγκοσμίου Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς (WGS '84) όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και στην Ευρώπη γενικότερα.



Εικόνα: Γεωγραφικό πλάτος και Γεωγραφικό Μήκος

1.5 Βασικές έννοιες

Database (Βάση Δεδομένων): Καλείται μια συλλογή δεδομένων, τα οποία περιγράφουν οντότητες/αντικείμενα που σχετίζονται μεταξύ τους και έχουν τη δυνατότητα διαχείρισης και αποθήκευσης. Μια απλή βάση δεδομένων μπορεί να είναι ένα απλό αρχείο με πολλά στοιχεία. Μια χωρική βάση δεδομένων, όπως είναι και μια βάση δεδομένων GIS, αποτελείται από δεδομένα που έχουν γεωγραφική υπόσταση και περιγράφονται από ένα σύστημα συντεταγμένων. Επιπλέον, περιλαμβάνει τα σχήματα των γεωγραφικών χαρακτηριστικών (σημεία, γραμμές, πολύγωνα, pixels κλπ), καθώς και τα χαρακτηριστικά τους (attributes). Ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DataBase Management System – DBMS) είναι ένα πακέτο λογισμικού που εκτελεί τις λειτουργίες της βάσης δεδομένων.

Attribute Table (Πίνακας Χαρακτηριστικών): Ο Attribute Table ουσιαστικά αποτελεί τα περιγραφικά χαρακτηριστικά. Συνεπώς, περιέχει πληροφορίες γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Οι πληροφορίες αυτές είναι συνήθως τοποθετημένες, έτσι ώστε κάθε σειρά του πίνακα να αντιπροσωπεύει ένα στοιχείο και κάθε στήλη ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα. Στο GIS, οι Attribute Tables συχνά ενώνονται ή συνδέονται με θεματικά επίπεδα και οι τιμές τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βρεθούν και να συμβολιστούν τα χαρακτηριστικά.

Geodatabase (Γεωβάση ή Γεωγραφική Βάση Δεδομένων): Αποτελεί συλλογή γεωγραφικών δεδομένων διαφόρων τύπων. Σημαντικό πλεονέκτημά της είναι η βελτίωση της διαχείρισης των Γεωγραφικών Δεδομένων, μέσω της εφαρμογής κανόνων που ελέγχουν το γεωγραφικό και περιγραφικό περιεχόμενο των δεδομένων. Έτσι, είναι ευκολότερη η διαχείριση των δεδομένων και των αλλαγών που είναι πιθανό να πραγματοποιηθούν στην πορεία. Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων έχουν ποικίλο αριθμό χρηστών και μπορούν να κλιμακωθούν από μικρές βάσεις δεδομένων για ένα χρήστη, σε μεγαλύτερες ολόκληρων ομάδων εργασίας σε ένα τμήμα ή μια επιχείρηση όπου έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες.

Η Γεωβάση μπορεί να έχει κάποια από τις εξής μορφές:

1. Personal Geodatabase, η οποία αποτελεί την απλούστερη μορφή γεωβάσης και χρησιμοποιείται από μοναδικό χρήστη (απλή χρήση για πολλούς χρήστες και μόνο ένας για διόρθωση). Αρχικά είχαν σχεδιασθεί για να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τη Microsoft Access και αποθηκεύονται και ως ένα αρχείο της (.mdb). Μπορεί να ανοίξει άμεσα στη Microsoft Access, αλλά το σύνολο της γεωβάσης μπορεί να έχει μέγεθος έως 2 GB.
2. File Geodatabase, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται από πολλούς χρήστες και δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα μεγάλου όγκου δεδομένων (1 TB για τα feature datasets που περιγράφονται παρακάτω). Πλέον είναι η προτιμώμενη μορφή γεωβάσης, αφού δεν αποτελεί δέσμευση η χρήση της Microsoft Access.

Μια γεωβάση μπορεί περιέχει σύνολα κλάσεων στοιχείων (feature datasets), κλάσεις στοιχείων (feature classes), καθώς και πίνακες οι οποίοι δεν είναι απαραίτητο να συνδέονται με κάποιο χωρικό δεδομένο.

Οι κλάσεις στοιχείων (feature classes) είναι ομοιογενείς συλλογές κοινών χαρακτηριστικών, που το καθένα έχει την ίδια χωρική αναπαράσταση και περιλαμβάνουν ένα κοινό σύνολο στηλών περιγραφικών χαρακτηριστικών. Ο γεωμετρικός τύπος τους μπορεί να είναι είτε γραμμή, είτε σημείο, είτε πολύγωνο. Τα σύνολα κλάσεων στοιχείων (feature datasets) που περιέχουν τις κλάσεις, είναι μια συλλογή από χωρικά ή θεματικά συσχετισμένες Feature Classes και ο πρωταρχικός σκοπός τους είναι η οργάνωση των κλάσεων στοιχείων σε ένα κοινό σύνολο δεδομένων, καθώς και η χρήση κοινού γεωγραφικού συστήματος συντεταγμένων.

Shapefile (Αρχείο shapefile .shp): Είναι μια διανυσματική μορφή δεδομένων, για την αποθήκευση της θέσης, του σχήματος και των χαρακτηριστικών των γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Ένα αρχείο shapefile αποθηκεύεται ως ένα σύνολο σχετικών αρχείων και περιέχει ουσιαστικά ένα σύνολο στοιχείων.

Αρχείο Layer (Αρχείο layer .lyr): Ένα αρχείο layer (.lyr) είναι ένα αρχείο που ουσιαστικά αποθηκεύει τη διαδρομή (path) και ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων των συμβόλων που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Σε σύγκριση με ένα shapefile, ένα αρχείο layer αποτελεί ένα σύνδεσμος/αναφορά στα πραγματικά δεδομένα. Δεν αποτελεί, όμως, πραγματικά δεδομένα, αφού δεν αποθηκεύει τα χαρακτηριστικά ή τη γεωμετρία τους. Τα αρχεία .lyr αποθηκεύουν κυρίως το συμβολισμό για κάποιο χαρακτηριστικό και άλλες ιδιότητες που σχετίζονται με ό, τι απεικονίζεται.

Για παράδειγμα, αν ένα αρχείο layer αποσταλεί χωρίς τα στοιχεία από τα οποία δημιουργήθηκε, σε ένα χρήστη ο οποίος εργάζεται σε διαφορετικό υπολογιστή, δε θα εμφανίζονται στο χάρτη τα δεδομένα της πηγής. Για να εμφανίζονται σωστά τα δεδομένα, ο χρήστης πρέπει να έχει τόσο το αρχείο layer, όσο και το αντίστοιχο αρχείο shapefile. Αντιθέτως, το αρχείο shapefile μπορεί να σταλεί απευθείας από τον ένα χρήστη στον άλλο, χωρίς προβλήματα απεικόνισης.

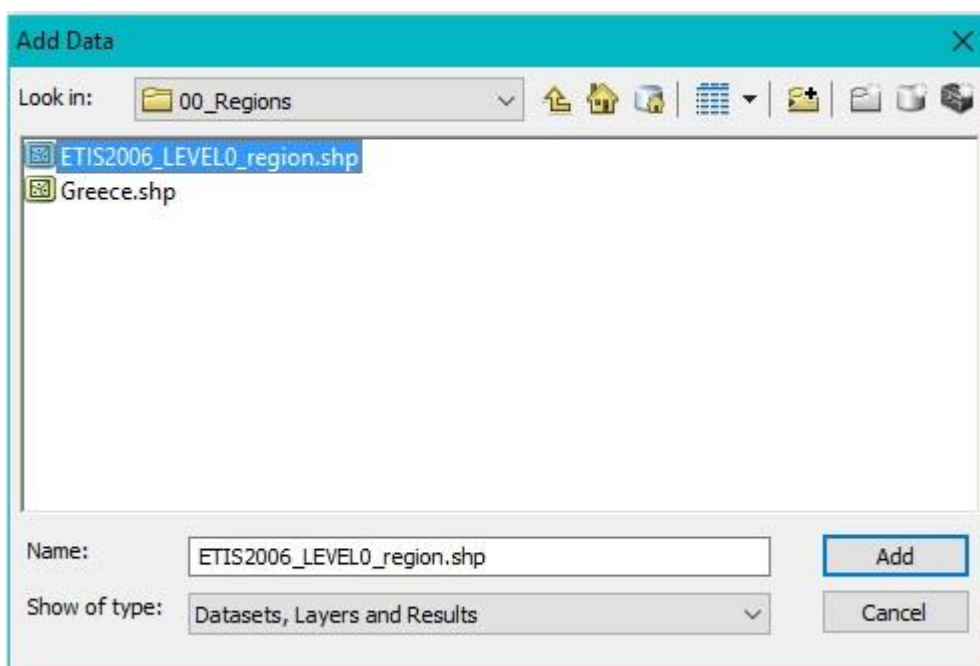
2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 Εισαγωγή δεδομένων

Για την εισαγωγή δεδομένων στο ArcMap που ήδη υπάρχουν αποθηκευμένα στον υπολογιστή που εργαζόμαστε, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Εισαγωγή Υπαρχόντων Αρχείων

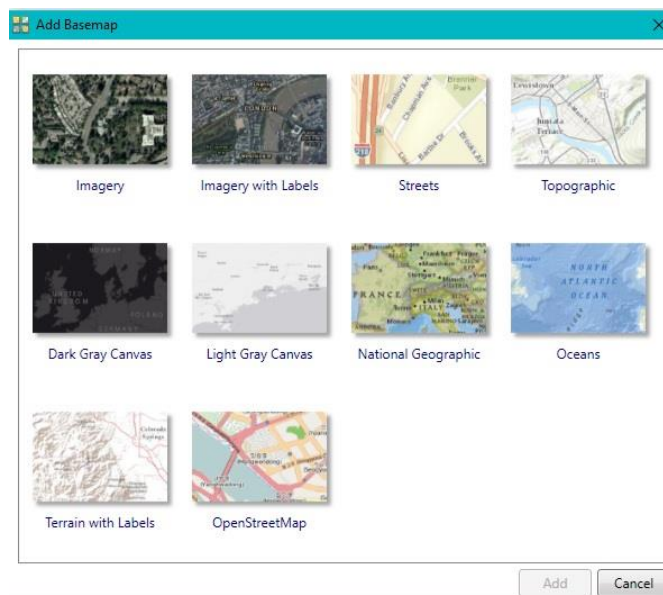
Από τη γραμμή εργαλείων **Standard** επιλέγουμε το εργαλείο **Add Data** . Στο παράθυρο διαλόγου “Add Data” που ανοίγει επιλέγουμε από τη λίστα Look in το path στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τα δεδομένα. Σε περίπτωση που ο φάκελος που χρειαζόμαστε δεν είναι άμεσα διαθέσιμος, επιλέγουμε το εργαλείο **Connect to folder**  και βρίσκουμε από εκεί το φάκελο που αναζητάμε. Επιλέγουμε τα δεδομένα που θέλουμε να εισάγουμε και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Add**.



- Εισαγωγή Basemap

Ως basemap (υπόβαθρο χάρτη) ορίζεται μια συλλογή από δεδομένα GIS ή/και «ορθοανοιγμένης» εικόνας, που αποτελούν το υπόβαθρο για ένα χάρτη. Απεικονίζει βασικές πληροφορίες αναφοράς, όπως γεωμορφές, δρόμους, μνημεία και πολιτικά σύνορα, όπου τοποθετούνται θεματικές πληροφορίες. Χρησιμοποιείται για γεωγραφικές αναφορές. Τα τυπικά δεδομένα και εικόνες που δημιουργούν τα layers (θεματικά επίπεδα) για τους basemaps είναι δρόμοι, αγροτεμάχια, όρια, σκιασμένο ανάγλυφο κλπ.

1. Από τη γραμμή εργαλείων **Standard** επιλέγουμε το βελάκι από το εργαλείο **Add Data**  → **Add Basemap**.
2. Στο παράθυρο διαλόγου “Add Basemap” επιλέγουμε τον τύπο του χάρτη που θέλουμε να εισάγουμε και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Add**.

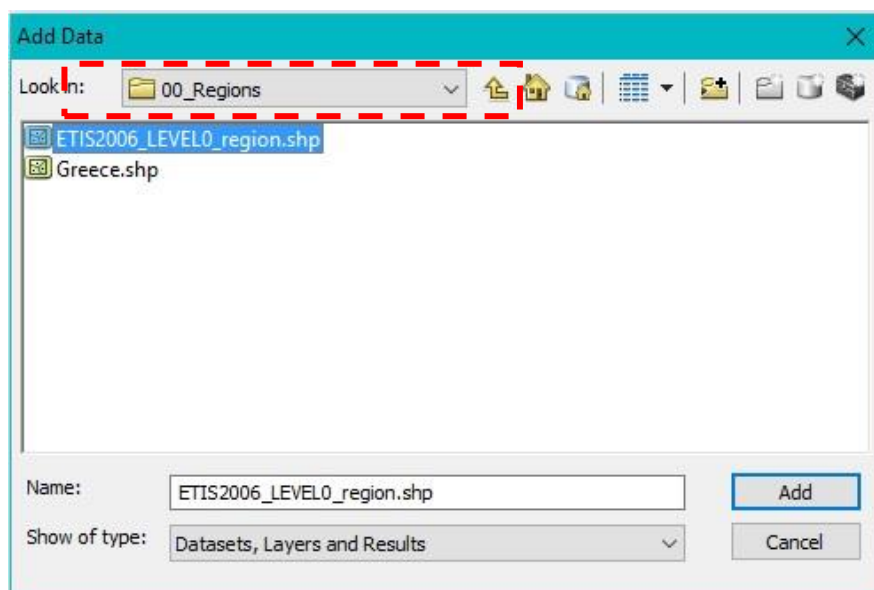


2.2 Δημιουργία νέας γεωβάσης

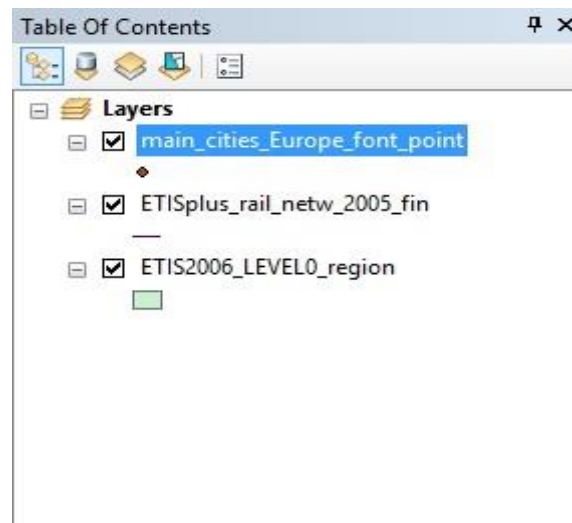
Οι γεωβάσεις, όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα αποτελούν μια μορφή αποθήκευσης χωρικών δεδομένων στο ArcGIS, αφού περιλαμβάνουν σύνολα από ομάδες οντοτήτων. Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε ανάλυση δεδομένων, κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία μιας προσωπικής γεωβάσης που θα περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά επίπεδα που θα χρησιμοποιηθούν. Έτσι, γίνεται ευκολότερη η διαχείριση των δεδομένων και κάθε αλλαγή που πραγματοποιείται σε αυτά αποθηκεύεται απευθείας στη γεωβάση.

Αρχικά, εξασφαλίζουμε ότι όλα τα δεδομένα μας είναι αποθηκευμένα στο ίδιο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς, ακολουθώντας την εξής διαδικασία:

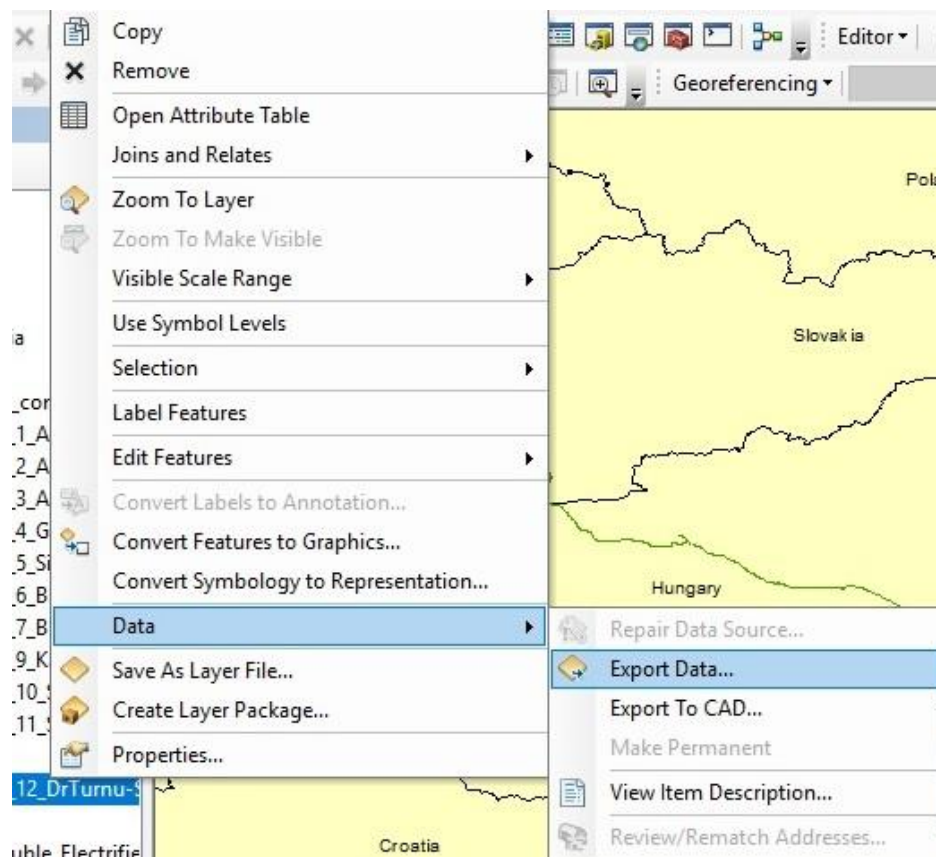
1. Από τη γραμμή εργαλείων **Standard** επιλέγουμε το εργαλείο **Add Data** . Στο παράθυρο διαλόγου “Add Data” που ανοίγει επιλέγουμε από τη λίστα Look in το path στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τα δεδομένα. Σε περίπτωση που ο φάκελος που χρειαζόμαστε δεν είναι άμεσα διαθέσιμος, επιλέγουμε το εργαλείο **Connect to folder**  και βρίσκουμε το φάκελο που αναζητάμε. Επιλέγουμε τα δεδομένα που θέλουμε να εισάγουμε και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Add**.



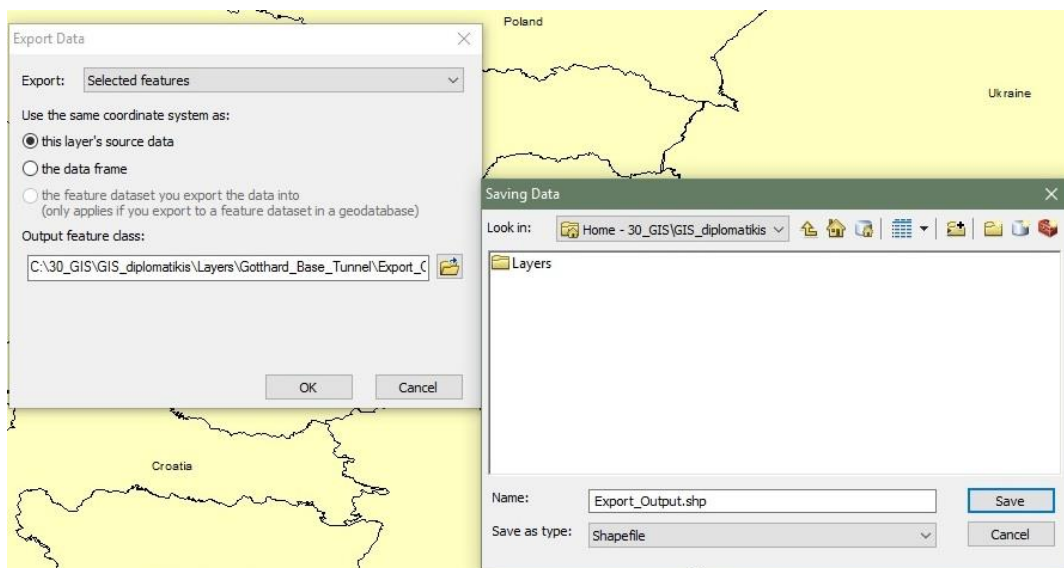
Έτσι, έχουν εμφανιστεί τα δεδομένα στον πίνακα περιεχομένων (table of contents) ως ξεχωριστά layers.



2. Σε κάθε layer που χρειαζόμαστε, κάνουμε δεξί κλικ → **Data** → **Export Data**



3. Στο παράθυρο διαλόγου “Export Data” που έχει ανοίξει ορίζουμε όνομα για το επίπεδο που θα παραχθεί και επιλέγουμε να αποθηκευτεί στο ίδιο σύστημα αναφοράς με αυτό του Data Frame. Στο παράθυρο διαλόγου “Saving Data” επιλέγουμε το path στο οποίο θα αποθηκευτεί το αρχείο. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για όλα τα επίπεδα και έτσι έχουμε εξασφαλίσει ότι έχουν αποθηκευτεί όλα στο ίδιο σύστημα αναφοράς.

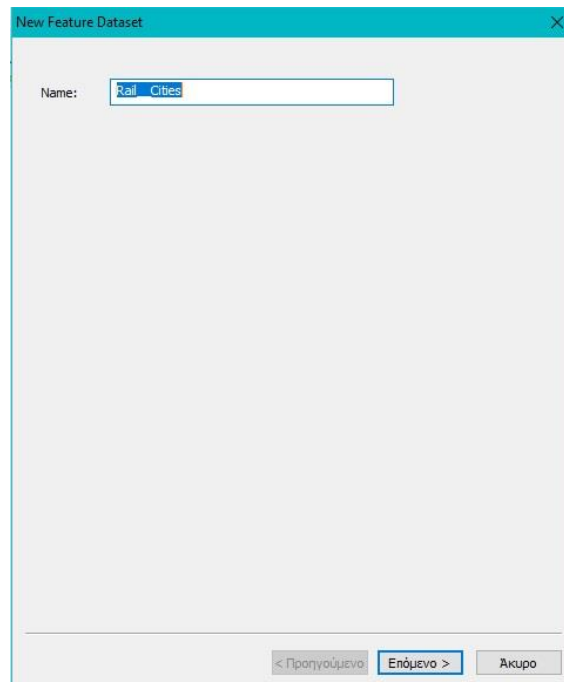


Στη συνέχεια, για τη δημιουργία της γεωβάσης ανοίγουμε το ArcCatalog.

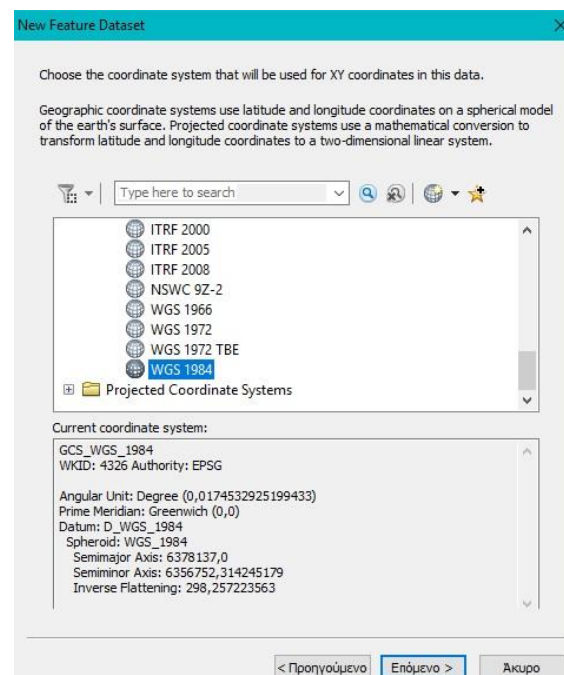
1. Στο παράθυρο του Catalog Tree βρίσκουμε το φάκελο στον οποίο έχουμε αποθηκεύσει τα δεδομένα, κάνουμε δεξί κλικ σε αυτόν → **New** → **File Geodatabase**. Η νέα γεωβάση πλέον εμφανίζεται στο παράθυρο Catalog Tree και από εκεί κάνοντας δεξί κλικ σε αυτή μπορούμε να τη μετονομάσουμε.

2. Ακολούθως, δημιουργούμε μία ομάδα δεδομένων οντοτήτων (feature dataset) μέσα στη γεωβάση:

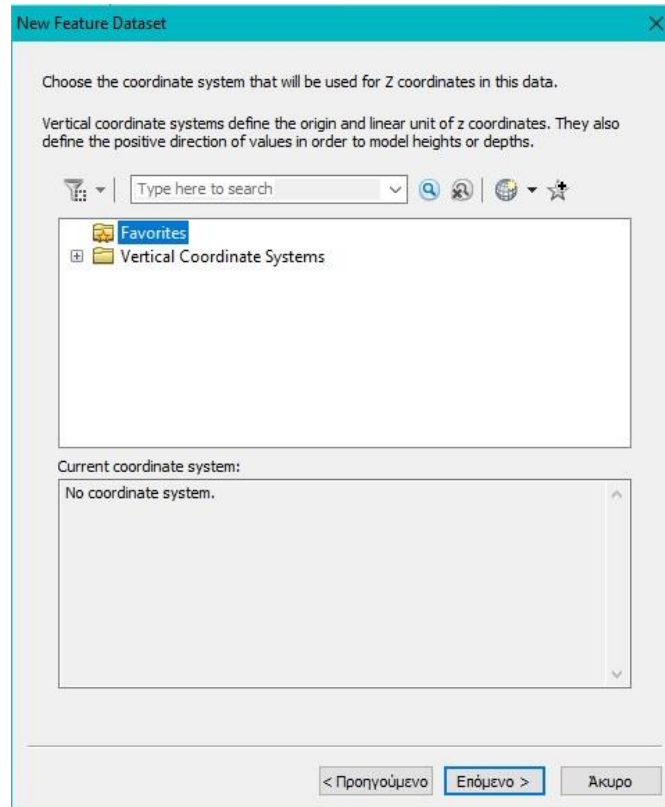
Στο αρχείο της γεωβάσης κάνουμε δεξί κλικ → **New** → **Feature Dataset**. Στο παράθυρο διαλόγου “New Feature Dataset” ορίζουμε το όνομα της ομάδας οντοτήτων και κάνουμε κλικ στο **Next**.



Στη νέα καρτέλα που άνοιξε, επιλέγουμε γεωγραφικό σύστημα αναφοράς. Επιλέγουμε **Geographic Coordinate Systems → World → WGS 1984**.



Στην επόμενη καρτέλα αφήνουμε επιλεγμένο κανένα σύστημα αναφοράς για τις συντεταγμένες z, αφού εργαζόμαστε σε δισδιάστατο σύστημα και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Next**.



Στην τελευταία καρτέλα, αφήνουμε το σύστημα ως έχει και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Finish**.

New Feature Dataset

XY Tolerance
 The XY tolerance is the minimum distance between coordinates before they are considered equal. The XY tolerance is used when evaluating relationships between features.

Degree

Z Tolerance

M Tolerance
 Unknown Units

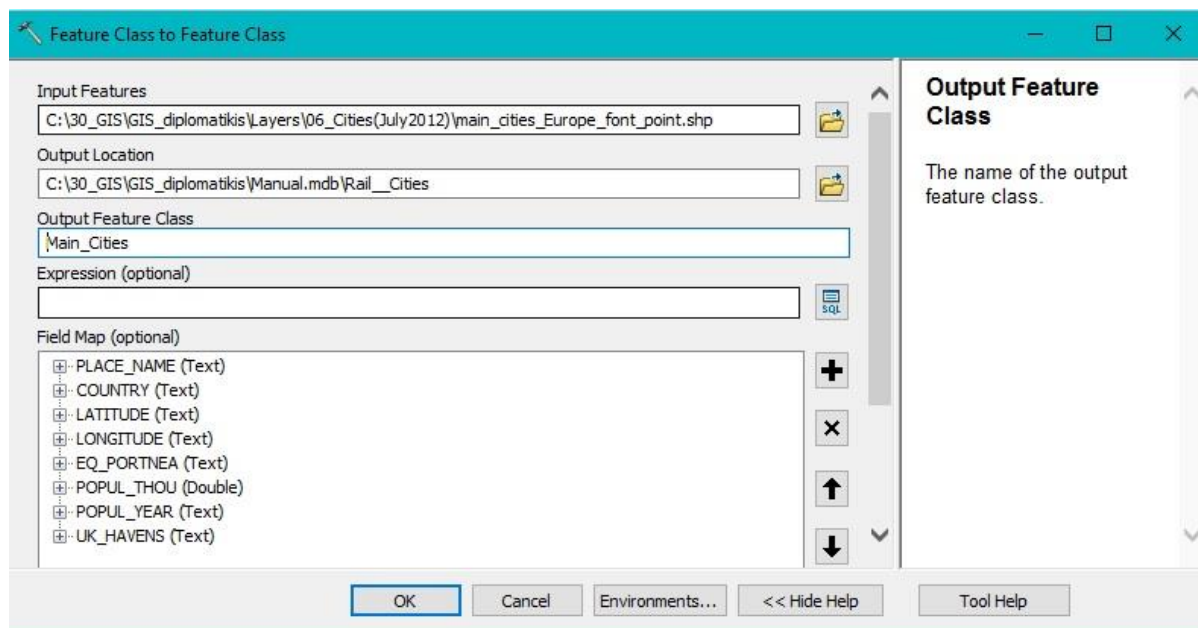
[Reset To Default](#) [About spatial reference properties](#)

☒ Accept default resolution and domain extent (recommended)

< Προηγούμενο **Finish** Άκυρο

3. Τέλος, εισάγουμε τις ομάδες οντοτήτων (feature class), που θα περιέχονται μέσα στο σύνολο ομάδων οντοτήτων:

Στο αρχείο του συνόλου κλάσεων στοιχείων κάνουμε δεξί κλικ → **Import** → **Feature Class (single)**. Στο παράθυρο διαλόγου “Feature Class To Feature Class”, στο πεδίο “Input Features” ορίζουμε το αρχείο που θέλουμε να εισάγουμε και στο πεδίο “Output Feature” ονομάζουμε το αρχείο μας.



4. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για όλα τα αρχεία που χρειαζόμαστε.

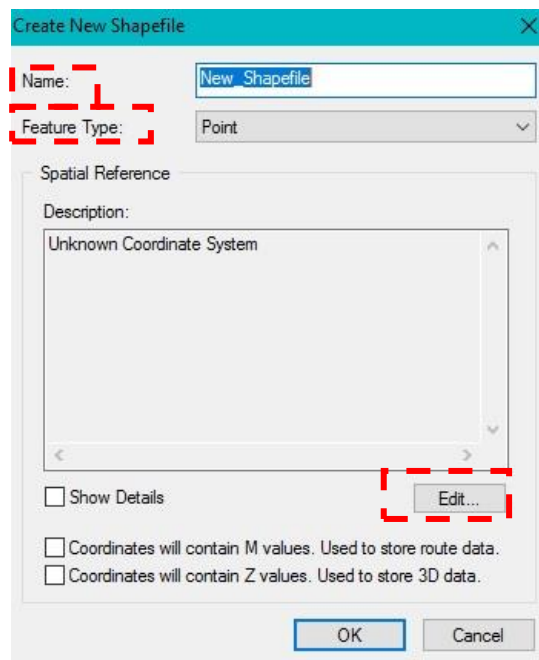
2.3 Δημιουργία νέων αρχείων

2.3.1 Δημιουργία νέου shapefile και feature class

Σε πολλές περιπτώσεις, είναι απαραίτητο να δημιουργήσουμε νέα αρχεία shapefile ή feature classes. Αυτό γίνεται μέσω του ArcCatalog ή μέσω της καρτέλας Catalog του ArcMap. Όταν δημιουργούμε νέο shapefile, θα πρέπει να οριστεί ο τύπος των χαρακτηριστικών που θα περιέχει, δηλαδή αν θα περιέχει γραμμές, σημεία ή πολύγωνα, όπως επίσης και αν το αρχείο θα περιέχει και τρισδιάστατα χαρακτηριστικά. Αυτές οι ιδιότητες δε μπορούν να τροποποιηθούν μετά τη δημιουργία του αρχείου. Επίσης, είναι δυνατό να ορίσουμε εξ' αρχής το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων του.

Η διαδικασία που ακολουθούμε για τη δημιουργία shapefile είναι η εξής :

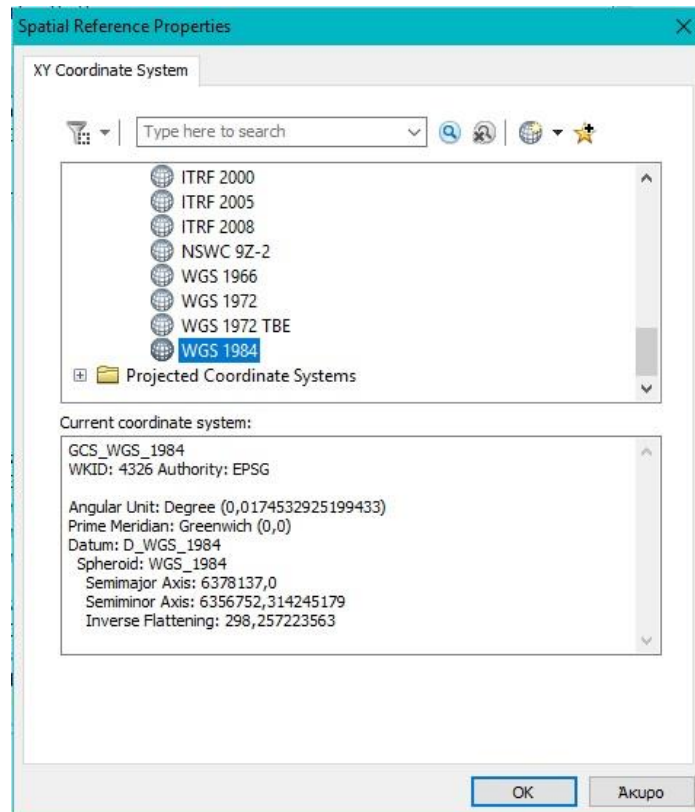
1. Στο ArcCatalog, βρίσκουμε στο **Catalog Tree** το φάκελο όπου θέλουμε να δημιουργήσουμε το αρχείο. Κάνουμε δεξί κλικ → **New** → **Shapefile**. Στο παράθυρο διαλόγου “Create New Shapefile” που ανοίγει ορίζουμε στο πεδίο “Name” το όνομα του αρχείου και στο πεδίο “Feature Type” τον τύπο του χαρακτηριστικού που θα περιέχει. Στην περίπτωση που το αρχείο θα περιέχει σημειακά δεδομένα, στο πεδίο αυτό επιλέγουμε “Point”, για γραμμικά δεδομένα επιλέγουμε “Polyline” και για πολύγωνα επιλέγουμε “Polygon”. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο κουμπί **Edit**.



Αν το αρχείο πρόκειται να αποθηκεύει πολλές συνεχόμενες γραμμές (polylines) αντιπροσωπεύοντας διαδρομές, βάζουμε τικ κάνοντας αριστερό κλικ στην επιλογή “Coordinates will contain M values”.

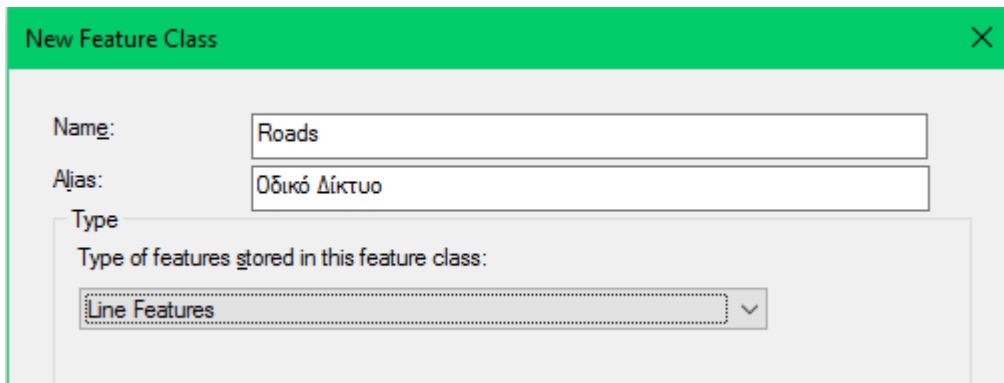
Αν το αρχείο πρόκειται να αποθηκεύει χαρακτηριστικά τριών διαστάσεων βάζουμε τικ κάνοντας αριστερό κλικ στην επιλογή “Coordinates will contain Z values”.

Στο νέο παράθυρο “Spatial Reference Properties” επιλέγουμε **Geographic Coordinate Systems → World → WGS 1984** και κάνουμε κλικ στο κουμπί **OK**. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ ξανά στο κουμπί **OK**.



Η διαδικασία που ακολουθούμε για τη δημιουργία feature class:

1. Στο ArcCatalog, βρίσκουμε στο **Catalog Tree** τη γεωβάση στην οποία επιθυμούμε να δημιουργήσουμε το αρχείο. Κάνουμε δεξί κλικ → **New** → **Feature Class**. Στο παράθυρο διαλόγου “New Feature Class” που ανοίγει ορίζουμε στο πεδίο “Name” το όνομα του αρχείου και στο πεδίο “Feature Type” τον τύπο του χαρακτηριστικού που θα περιέχει. Στο πεδίο “Alias” συμπληρώνουμε το όνομα που επιθυμούμε να εμφανίζεται κατά την εισαγωγή της κλάσης στοιχείων στο χάρτη. Στην περίπτωση που το αρχείο θα περιέχει σημειακά δεδομένα, στο πεδίο αυτό επιλέγουμε “Point”, για γραμμικά δεδομένα επιλέγουμε “Polyline” και για πολύγωνα επιλέγουμε “Polygon”. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο κουμπί **Edit**.



2. Στην επόμενη καρτέλα επιλέγουμε το γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Next**.
3. Ακολουθώντας, στις δύο επόμενες καρτέλες αφήνουμε τις ρυθμίσεις ως έχουν και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Next**.
4. Τέλος, ορίζουμε τα ονόματα των πεδίων που θα περιέχονται στην κλάση, καθώς και τους τύπους των στοιχείων που θα περιέχονται και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Finish**.

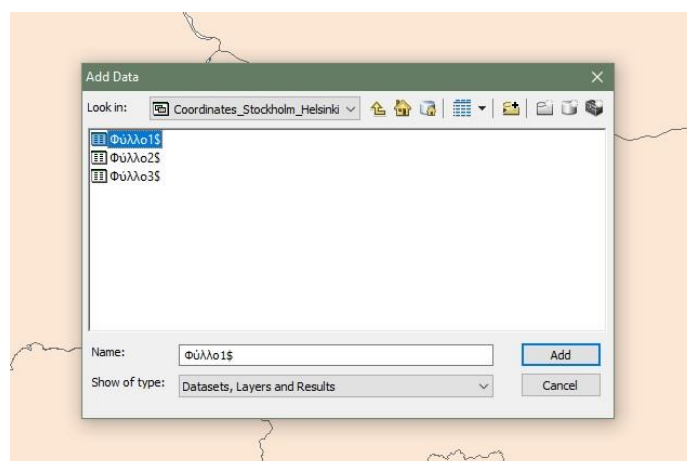
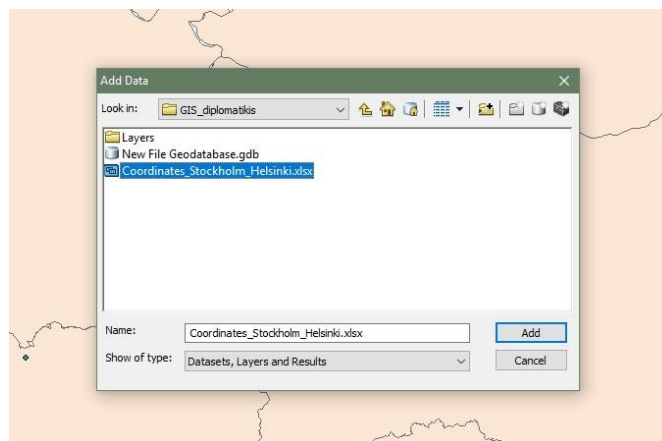
2.3.2 Δημιουργία point shapefile με γνωστές συντεταγμένες

Όταν έχουμε γνωστές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος) για στοιχεία τα οποία θέλουμε να απεικονίσουμε:

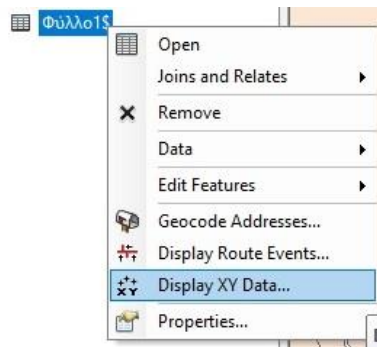
1. Ανοίγουμε το Microsoft Excel και δημιουργούμε μία στήλη με τίτλο “Longitude”, μία στήλη με τίτλο “Latitude” και όσες υπόλοιπες στήλες χρειαζόμαστε για την εργασία που διεκπεραιώνουμε. Στη στήλη “Longitude” γράφουμε σε κάθε σειρά τις συντεταγμένες που έχουμε για το γεωγραφικό μήκος και στη στήλη “Latitude” γράφουμε σε κάθε σειρά τις συντεταγμένες που έχουμε για το γεωγραφικό πλάτος. Στο παράδειγμά μας, για απλοποίηση έγινε εισαγωγή των συντεταγμένων της Στοκχόλμης και του Ελσίνκι.

Longitude	Latitude	City
18.064900	59.332580	Stockholm
24.945831	60.192059	Helsinki

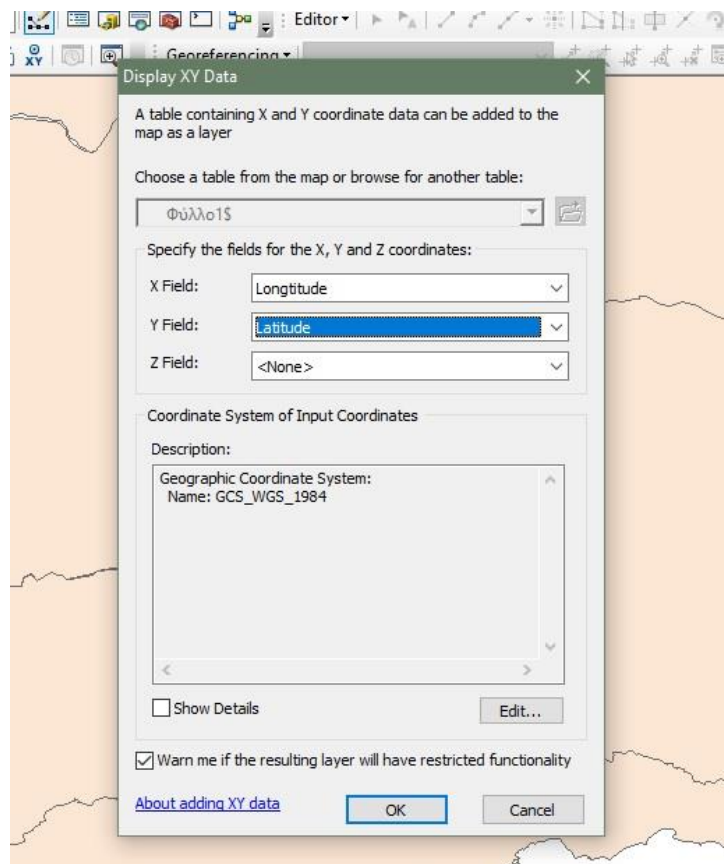
2. Στη συνέχεια ανοίγουμε το ArcMap. Επιλέγουμε το εργαλείο **Add Data**  και προσθέτουμε το αρχείο, επιλέγοντας το φύλλο στο οποίο έχουν αναγραφεί οι συντεταγμένες.



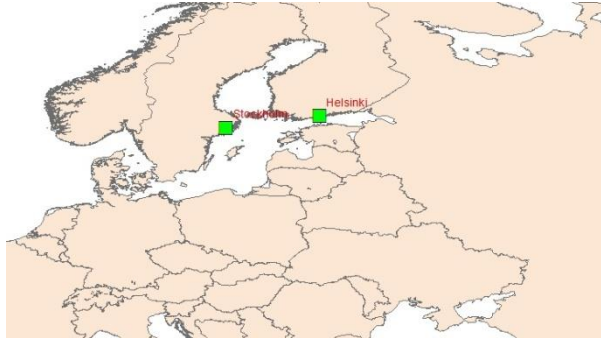
Δεξί κλικ στο Φύλλο → **Display XY Data**



3. Στο παράθυρο διαλόγου “Display XY Data” επιλέγουμε στο πεδίο “X Field” το “Longitude” και στο πεδίο “Y Field” το “Latitude”. Προσέχουμε στο πεδίο “Coordinate System of Input Coordinates” να είναι επιλεγμένο το επιθυμητό σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων.



Κάνουμε κλικ στο **OK** και στη συνέχεια ξανά **OK**.



4. Αποθηκεύουμε τα σημεία σαν layer ξεχωριστά, κάνοντας δεξί κλικ στο τρέχων layer → **Data** → **Export Data**. Κάνουμε κλικ στο κουμπί **Browse** ώστε να αποθηκεύσουμε το αρχείο στη θέση που θέλουμε και να δώσουμε το επιθυμητό όνομα και τύπο.

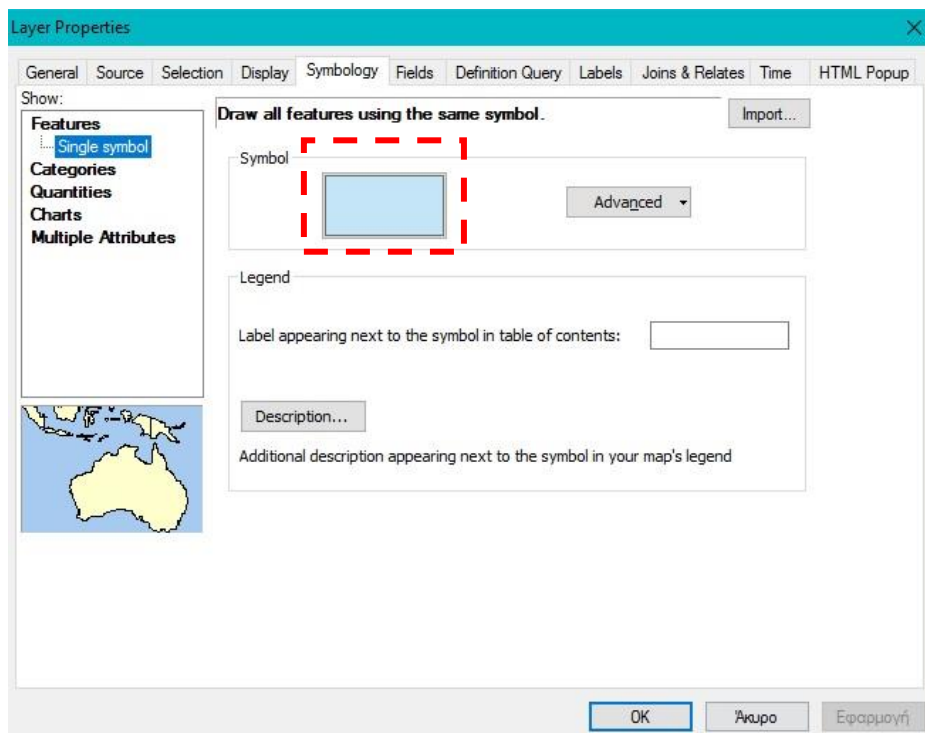
Πλέον έχουμε δημιουργήσει ένα αρχείο “Point” που απεικονίζει τα σημεία των οποίων εισήχθησαν οι γεωγραφικές συντεταγμένες.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

3.1 Αλλαγή συμβολισμού ενός layer

Για να είναι ευδιάκριτα τα χαρακτηριστικά που έχουμε ενεργοποιημένα χρησιμοποιούμε συνήθως για κάθε layer ξεχωριστό συμβολισμό, χρώμα ή πάχος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ως εξής :

1. Επιλέγουμε το layer στο οποίο θέλουμε να αλλάξουμε το συμβολισμό. Κάνουμε δεξί κλικ → **Properties**. Στο παράθυρο διαλόγου “Layer Properties”, στην καρτέλα “Symbology”, στο πεδίο “Show” επιλέγουμε **Single Symbol**.

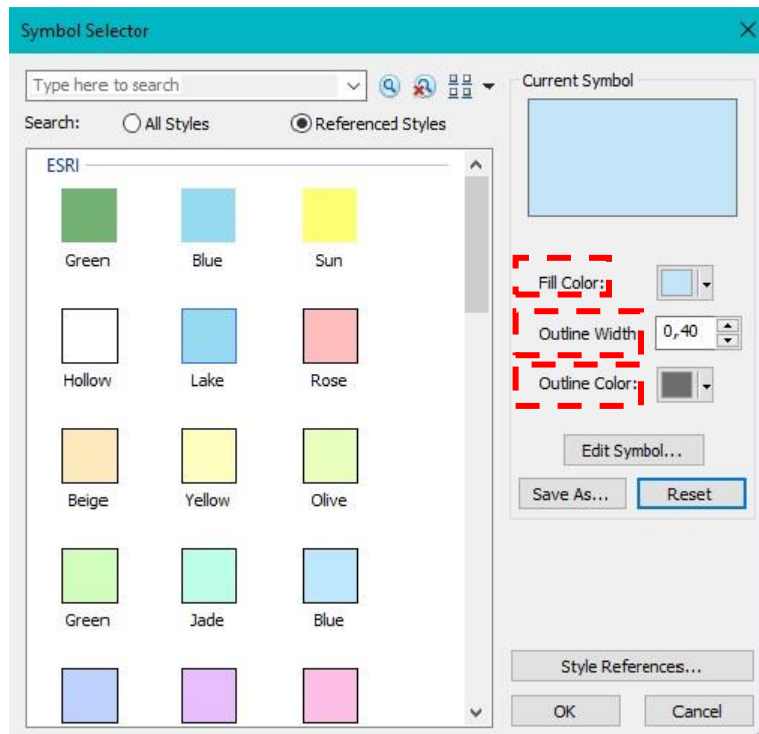


Ένας άλλος τρόπος είναι πατώντας αριστερό κλικ στο σύμβολο του layer.

2. Παρακάτω περιγράφεται η απαραίτητη διαδικασία στις διαφορετικές περιπτώσεις χαρακτηριστικών των αρχείων.

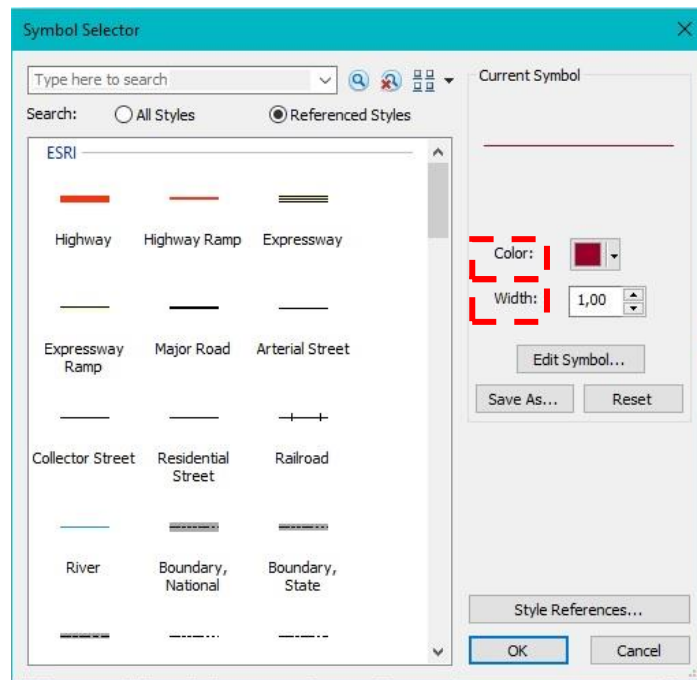
- Στην περίπτωση που το αρχείο έχει χαρακτηριστικά τα πολύγωνα ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Ανοίγει το παράθυρο διαλόγου “Symbol Selector”. Μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα προεπιλεγμένα έτοιμα σύμβολα της ESRI. Διαφορετικά, στο πεδίο “Fill Color” επιλέγουμε το χρώμα, στο πεδίο “Outline Width” επιλέγουμε πάχος και στο πεδίο “Outline Color” επιλέγουμε χρώμα για το περίγραμμα του σχήματος.



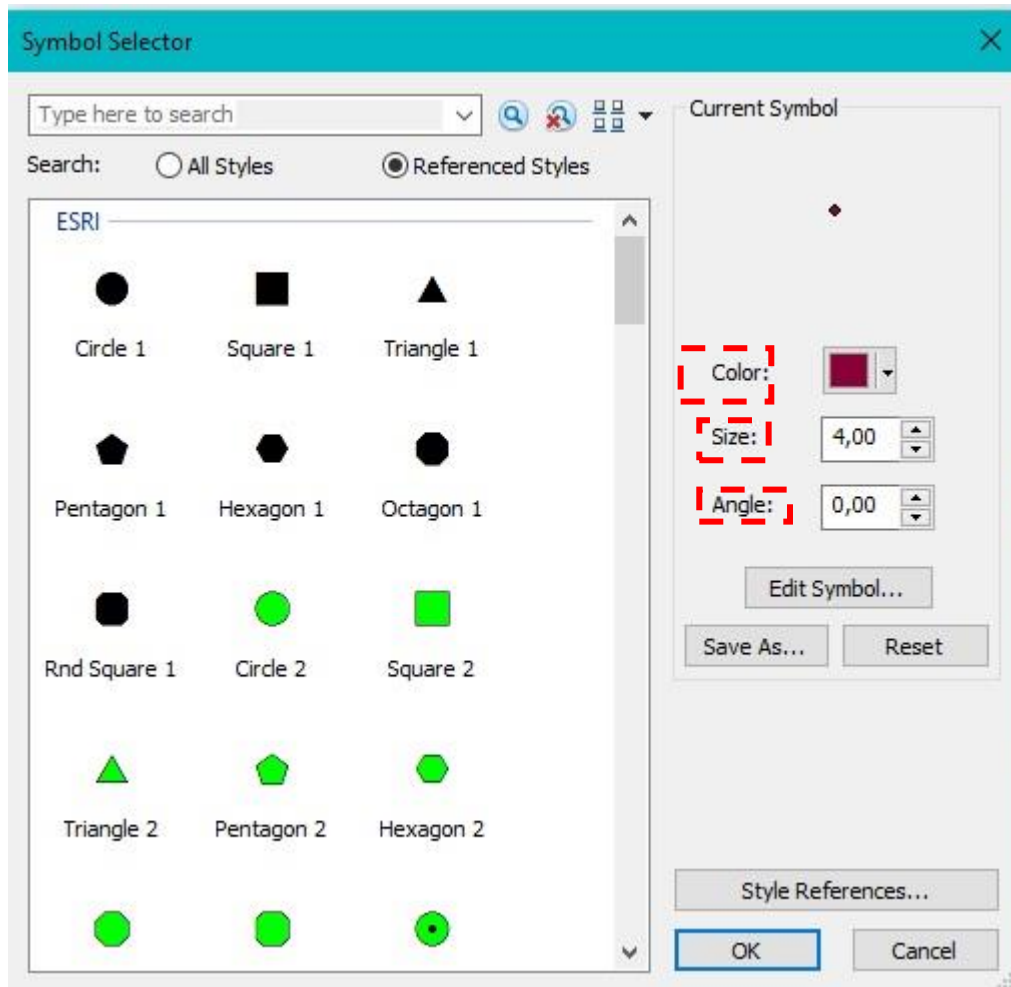
- Στην περίπτωση που το αρχείο έχει χαρακτηριστικά τις γραμμές ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Ανοίγει το παράθυρο διαλόγου “Symbol Selector”. Μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα προεπιλεγμένα έτοιμα σύμβολα της ESRI. Διαφορετικά, στο πεδίο “Color” επιλέγουμε το χρώμα και στο πεδίο “Width” επιλέγουμε πάχος.



- Στην περίπτωση που το αρχείο έχει χαρακτηριστικά τα σημεία ακολουθείται η εξής διαδικασία:

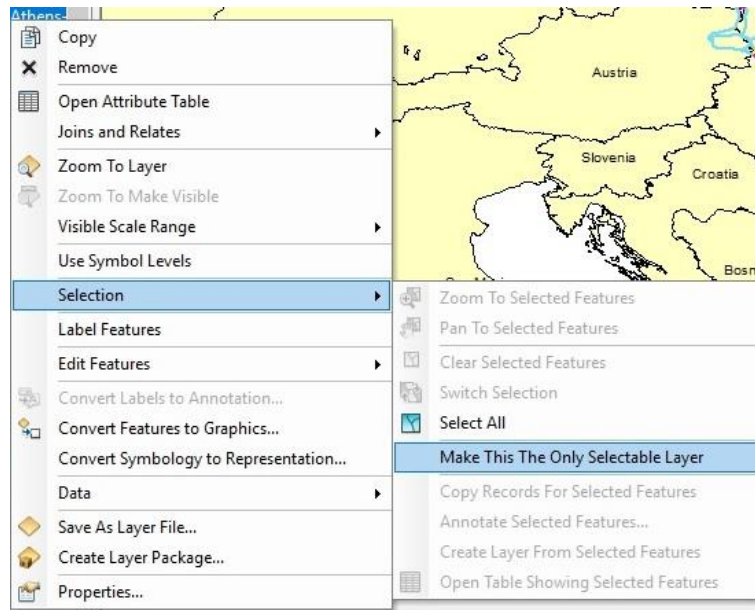
Ανοίγει το παράθυρο διαλόγου “Symbol Selector”. Μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα προεπιλεγμένα έτοιμα σύμβολα της ESRI. Διαφορετικά, στο πεδίο “Color” επιλέγουμε το χρώμα, στο πεδίο “Size” επιλέγουμε μέγεθος και στο πεδίο “Angle” επιλέγουμε τη στροφή.



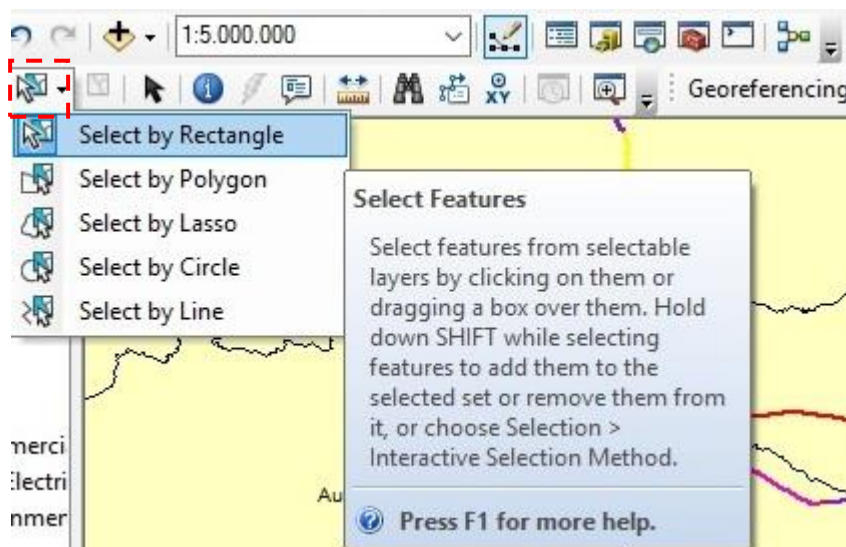
3.2 Αντιγραφή στοιχείου

Στις περιπτώσεις που θέλουμε να προσθέσουμε ένα συγκεκριμένο νέο στοιχείο από ένα θεματικό επίπεδο Layer#1 με αντίστοιχο Attribute Table T#1 σε ένα άλλο θεματικό επίπεδο Layer#2 με αντίστοιχο Attribute Table T#2 (δηλαδή να προσθέσουμε μια καινούργια σειρά στο Attribute Table T#2) ακολουθούμε τα εξής βήματα :

1. Ενώ είμαστε στο Layer#1 : Πατάμε δεξί κλικ στο ποντίκι → **Selection** → **Make this the only selectable layer**. Αυτό γίνεται προκειμένου να είναι δυνατή η επιλογή στοιχείων μόνο από το συγκεκριμένο Layer (και όχι από άλλα υποκείμενα ή υπερκείμενα Layers του χάρτη).



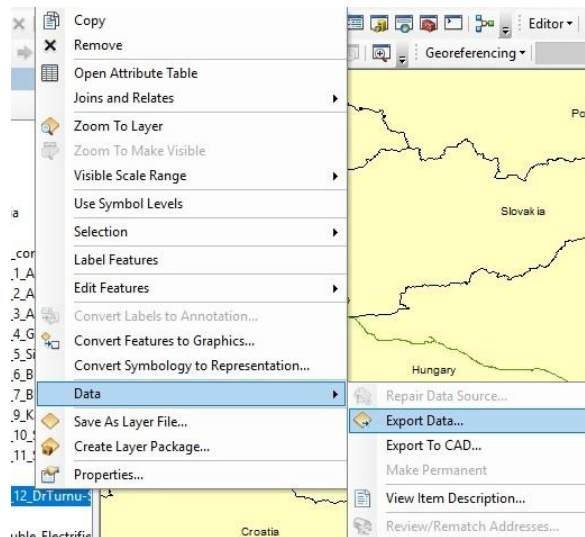
2. Από τη γραμμή εργαλείων **Tools** → **Select features** → **Select by Rectangle**



3. Στο δίκτυο του Layer#1 μετακινούμε στην οθόνη το δείκτη του ποντικιού και επιλέγουμε (κλικ στο αριστερό πλήκτρο του ποντικιού) το στοιχείο που θέλουμε. Στην περίπτωση που θέλουμε να επιλέξουμε στοιχεία περισσότερα του ενός, κρατάμε πατημένο το **Shift** και επιλέγουμε και τα υπόλοιπα στοιχεία που θέλουμε.



4. Δημιουργούμε νέο shapefile με το επιλεγμένο κομμάτι που θέλουμε να προσθέσουμε στο layer μας : Δεξί κλικ στο Layer#1 (στο οποίο ανήκει το επιλεγμένο κομμάτι) → **Data** → **Export Data**.



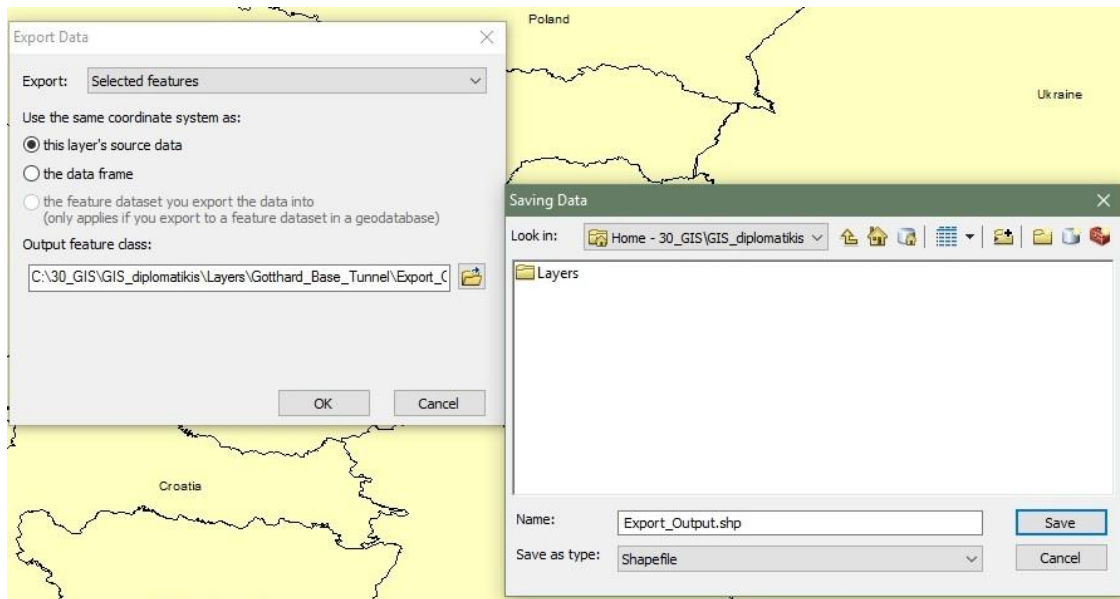
5. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου “Export Data” από το οποίο επιλέγουμε:

Στο πεδίο “Export” → **Selected features**

Στο πεδίο “Use the same coordinate system as” → **the layer ‘s source data**

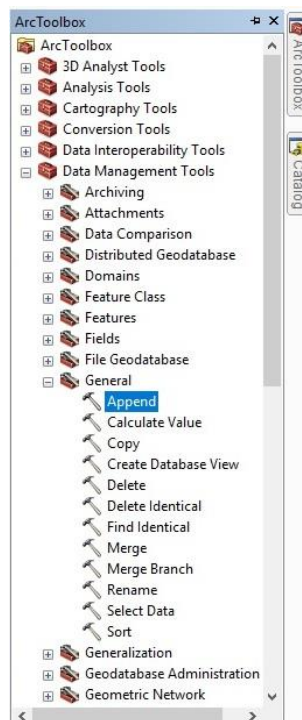
Στο πεδίο “Output feature class” κάνουμε κλικ στο **browse** 

Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου “Saving Data”, όπου επιλέγουμε το path στο οποίο θα αποθηκευτεί το νέο αρχείο, το όνομα και τον τύπο του αρχείου. Κάνουμε κλικ στο **Save** και το αποθηκεύουμε.



6. Έχουμε ήδη ανοιχτό το Layer#2 (όπου θέλουμε να προσθέσουμε το κομμάτι που επιλέξαμε αρχικά). Ανοίγουμε το **ArcToolbox** πατώντας το κουμπί .

7. Ανοίγουμε το directory **Data Management Tools** → **General** → **Append**.

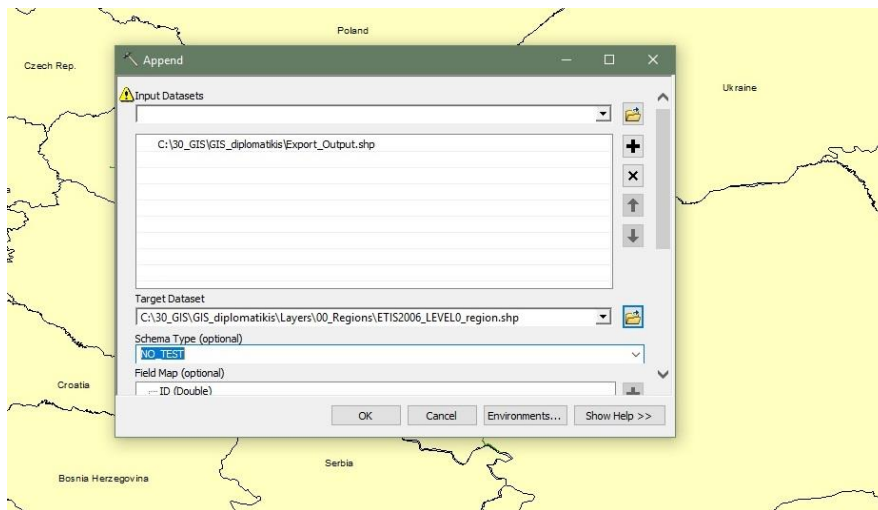


8. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου “Append”.

Στο πεδίο “Input Datasets” κάνουμε **browse** και επιλέγουμε το αρχείο που θα προστεθεί.

Στο πεδίο “Target Dataset” επιλέγουμε το τελικό αρχείο, στο οποίο θα γίνει η πρόσθεση.

Στο πεδίο “Schema Type (optional)” επιλέγουμε **NO_TEST** και παρατηρούμε ότι στο πεδίο “Field Map (optional)” εμφανίζονται οι στήλες του Attribute Table.



Κάνουμε κλικ στο **OK** και έτσι έχει δημιουργηθεί το νέο μας αρχείο, με επιπλέον σειρά/ές τα στοιχεία του κομματιού που επιλέξαμε.

3.3 Διαγραφή στοιχείου

3.3.1 Διαγραφή ολόκληρου στοιχείου

1. Εισάγουμε το αρχείο που χρειαζόμαστε, από τη γραμμή εργαλείων **Standard** κάνουμε κλικ στο εργαλείο **Add Data** . Δεξί κλικ σε αυτό το θεματικό επίπεδο → **Selection** → **Make this the only selectable layer**.

2. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Start Editing**.

3. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → επιλέγουμε το εργαλείο **Edit Tool** . Επιλέγουμε με το ποντίκι πατώντας αριστερό κλικ στο στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε → από το πληκτρολόγιο πατάμε το πλήκτρο **Delete**. Εναλλακτικά, αφού επιλέξουμε το στοιχείο, κάνουμε κλικ στο μενού **Edit** → **Delete**.

3.3.2 Διαγραφή τμήματος στοιχείου

Στην περίπτωση που θέλουμε να διαγράψουμε ένα στοιχείο, όχι όμως ολόκληρο: Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θέλουμε να διαγράψουμε μόνο ένα μέρος της γραμμής που έχει επιλεγεί. Για να γίνει αυτό θα διαχωρίσουμε τη γραμμή σε δύο μέρη: σε αυτό που θα παραμείνει στο θεματικό επίπεδο και σε αυτό που θα διαγραφεί.



1. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Start Editing**.
2. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → επιλέγουμε το εργαλείο **Edit Tool** . Επιλέγουμε με το ποντίκι πατώντας αριστερό κλικ στο στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε ένα μέρος του → **Split** . Κάνουμε αριστερό κλικ με το ποντίκι στο σημείο που θέλουμε να διαχωρίσουμε τη γραμμή.



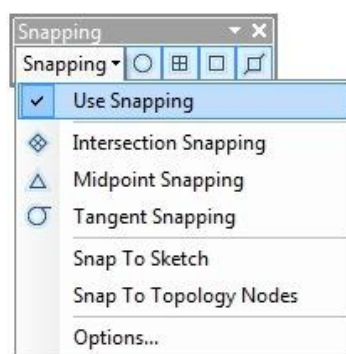
Έτσι, η γραμμή πλέον έχει διαχωριστεί σε δύο νέα στοιχεία.

3. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → επιλέγουμε το εργαλείο **Edit Tool** . Επιλέγουμε με το ποντίκι πατώντας αριστερό κλικ στο στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε → από το πληκτρολόγιο πατάμε το πλήκτρο **Delete**. Εναλλακτικά, αφού επιλέξουμε το στοιχείο, κάνουμε κλικ στο μενού **Edit** → **Delete**.

3.4 Δημιουργία νέου στοιχείου σε υπάρχον αρχείο

Στο παράδειγμα, αναλύεται η διαδικασία νέου στοιχείου γραμμής σε αρχείο. Ομοίως, η διαδικασία ισχύει και για τις υπόλοιπες μορφές στοιχείων (σημεία, πολύγωνα). Σημειώνεται ότι σε κάθε αρχείο μπορούμε να προσθέσουμε μόνο μορφές στοιχείων που περιέχονται σε αυτό. Για παράδειγμα, σε line shapfile μπορούμε να προσθέσουμε μόνο γραμμές, σε point shapfile μόνο σημεία κλπ.

Στην ενότητα αυτή χρησιμοποιείται και το εργαλείο **Snapping**. Το εργαλείο αυτό επιτρέπει τη δημιουργία ή μετακίνηση γραμμών, πολυγώνων κλπ με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια χωρίς λάθη. Για ενεργοποίηση του εργαλείου από τη γραμμή εργαλείων **Snapping** → **Use Snapping**.



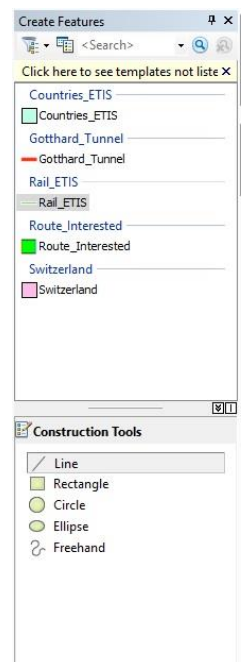
Με αυτό τον τρόπο δεν ξεφεύγουν οι κορυφές και αποφεύγονται σημαντικά λάθη.



1. Εισάγουμε το αρχείο που χρειαζόμαστε, από τη γραμμή εργαλείων **Standard** κάνουμε κλικ στο εργαλείο **Add Data** . Δεξί κλικ σε αυτό το θεματικό επίπεδο → **Selection** → **Make this the only selectable layer**.

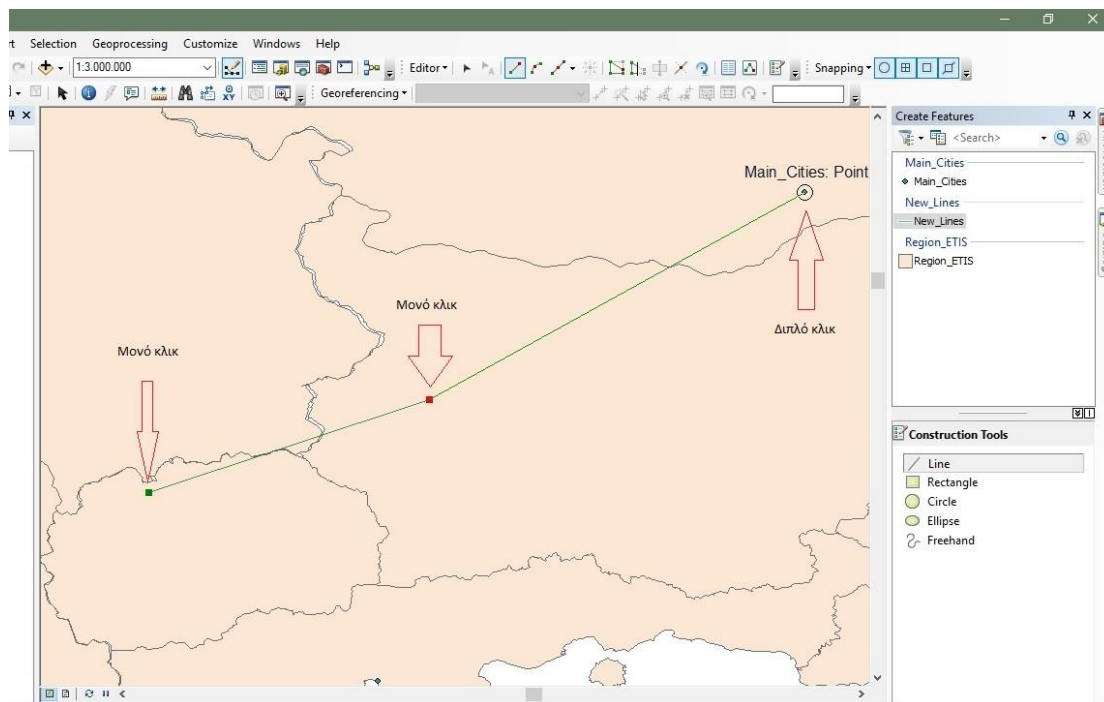
2. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Start Editing**.

3. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → επιλέγουμε το εργαλείο **Create Features** . Στην καρτέλα **Create Features** που ανοίγει, επιλέγουμε το αρχείο στο οποίο θα γίνει η τροποποίηση και εμφανίζεται το πεδίο “Construction Tools” όπου εμφανίζονται οι μορφές στοιχείων που μπορούν να προστεθούν. Επιλέγουμε το εργαλείο **Line**.



4. Από τη γραμμή εργαλείων **Snapping** → **Use Snapping**.

5. Στο παράδειγμα που φαίνεται παρακάτω θέλουμε να ενώσουμε τα τρία σημεία που φαίνονται, με αρχή το σημείο από αριστερά και τέλος το δεξί. Κάνουμε ένα κλικ στο πρώτο, ένα κλικ στο δεύτερο και στο τρίτο πατάμε διπλό κλικ. Πάντοτε δηλαδή στο τελευταίο μας σημείο πατάμε διπλό κλικ.



Γραμμή εργαλείων **Editor** → **Save Edits** → **Stop Editing**.

3.5 Τροποποίηση υπάρχοντος στοιχείου

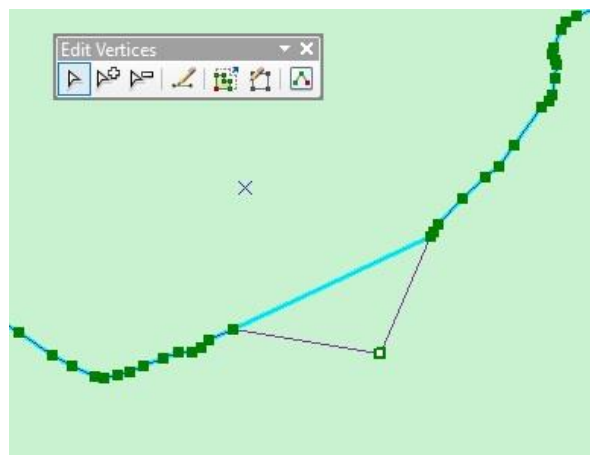
3.5.1 Μετακίνηση, εισαγωγή και διαγραφή κορυφής

1. Εισάγουμε τα δεδομένα που χρειαζόμαστε επιλέγοντας το εργαλείο **Add Data**  από τη γραμμή εργαλείων **Standard**.
2. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Start Editing**.
3. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** επιλέγουμε το εργαλείο **Edit Tool**  και στη συνέχεια πατάμε διπλό αριστερό κλικ στο στοιχείο που θέλουμε να τροποποιήσουμε ώστε να εμφανιστούν οι κορυφές του.



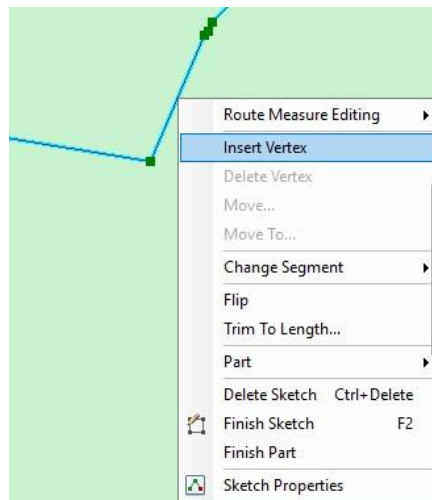
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ (MOVE VERTEX)

4. Τοποθετούμε τον κέρσorra του ποντικιού στην κορυφή που θέλουμε να μετακινήσουμε, πατάμε αριστερό κλικ και τη μετακινούμε στην επιθυμητή θέση.



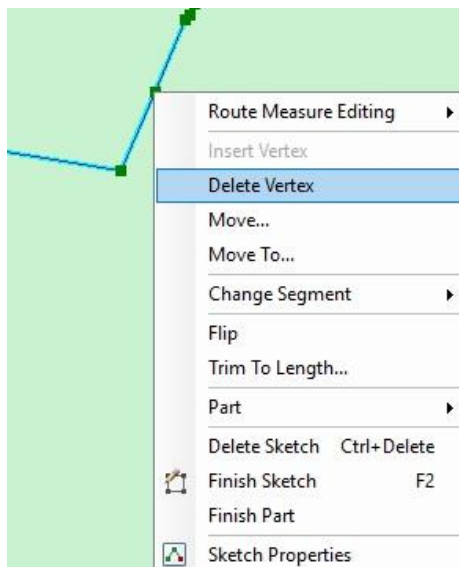
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΟΡΥΦΗΣ (INSERT VERTEX)

5. Δεξί κλικ στο σημείο που θέλουμε να προσθέσουμε κορυφή → **Insert Vertex**.



ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΚΟΡΥΦΗΣ (DELETE VERTEX)

6. Δεξί κλικ στην κορυφή που θέλουμε να διαγράψουμε → **Delete Vertex**.



7. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Save Edits**.
8. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Stop Editing**.

3.5.2 Μετακίνηση και περιστροφή στοιχείου

1. Εισάγουμε τα δεδομένα που χρειαζόμαστε επιλέγοντας το εργαλείο **Add Data**  από τη γραμμή εργαλείων **Standard**.
2. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Start Editing**.

ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

3. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** επιλέγουμε το εργαλείο **Edit Tool**  και στη συνέχεια πατάμε κλικ σε αυτό και το μετακινούμε στην επιθυμητή θέση.

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

4. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** επιλέγουμε το εργαλείο **Edit Tool**  και στη συνέχεια το εργαλείο **Rotate Tool** .
5. Επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να περιστρέψουμε και κρατώντας πατημένο το αριστερό κλικ το περιστρέφουμε και το αφήνουμε στην επιθυμητή θέση.

4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα, το βασικό χαρακτηριστικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η σύνδεση των γεωμετρικών οντοτήτων με τις περιγραφικές τους ιδιότητες. Στο περιβάλλον ArcMap, το κάθε θεματικό επίπεδο συνδέεται με έναν αντίστοιχο πίνακα περιγραφικών πληροφοριών. Μπορούμε να απεικονίσουμε τον πίνακα αυτό από την καρτέλα **Table Of Contents**, επιλέγοντας το επίπεδο του οποίου θέλουμε να προβάλλουμε τον πίνακα. Δεξί κλικ σε αυτό → **Attribute Table**.

Κάθε πίνακας αποτελείται ως γνωστόν, από γραμμές και στήλες. Οι γραμμές αποκαλούνται εγγραφές και οι στήλες ονομάζονται πεδία. Υπάρχει η δυνατότητα να εισαχθούν όσα πεδία επιθυμούμε, κάθε πεδίο όμως είναι μοναδικό. Συνεπώς, για κάθε οντότητα – εγγραφή αποθηκεύεται η αντίστοιχη πληροφορία σε κάθε πεδίο.

4.1 Προεπιλογές πεδίων πίνακα περιγραφικής πληροφορίας

Τη στιγμή που δημιουργείται ένα νέο επίπεδο πραγματοποιείται αυτομάτως η δημιουργία του αντίστοιχου πίνακα. Ο πίνακας αυτός αποτελείται από τρία πεδία εξ' αρχής, τα οποία είναι τα εξής:

FID: Κάθε γεωμετρική οντότητα χαρακτηρίζεται από έναν μοναδικό αριθμό. Οι οντότητες αριθμούνται με αύξουσα σειρά.

Shape: Σε αυτό το πεδίο παρέχεται η πληροφορία του γεωμετρικού τύπου της κάθε οντότητας, δηλαδή αν είναι πολύγωνο, σημείο ή γραμμή.

ID: Αρχικά η τιμή του είναι μηδενική. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται για την προσωπική κωδικοποίηση του χρήστη.

4.2 Προσθήκη νέου πεδίου

Τόσο κατά τη δημιουργία ενός νέου επιπέδου, όσο και κατά την τροποποίηση ενός υπάρχοντος, ο χρήστης είναι απαραίτητο να επεξεργαστεί και τον αντίστοιχο πίνακα για την καταχώρηση της περιγραφικής πληροφορίας. Οι παράμετροι οι οποίες χρήζουν καθορισμού είναι οι ακόλουθες:

- Ονομασία πεδίου
- Τύπος δεδομένων πεδίου (Short Integer, Long Integer, Float, Double, Text, Date)
- Χώρος αποθήκευσης για κάθε πεδίο

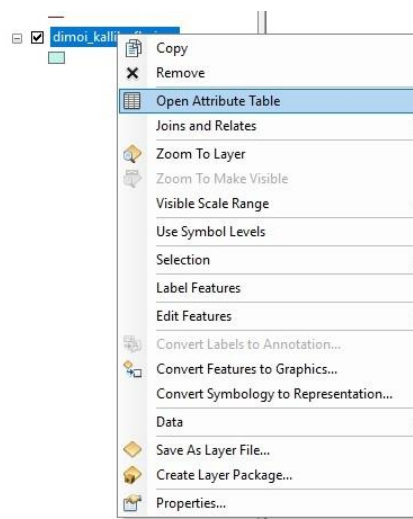
Η διαδικασία που πρέπει να εκτελεστεί για τη δημιουργία νέου πεδίου είναι η ακόλουθη:

1. Toolbar **Editor** → **Editor** → **Start Editing**.
2. **Δεξί κλικ** στο επίπεδο → **Open Attribute Table**.
3. **Table Options** του πίνακα → **Add Field**.
4. Στο παράθυρο διαλόγου “Add Field” που εμφανίζεται γράφουμε το όνομα της στήλης και επιλέγουμε τύπο.
5. Κάνουμε κλικ στο **OK** και το πεδίο εισαχθεί. Συνεχίζουμε πληκτρολογώντας τις επιθυμητές τιμές του πίνακα.
6. Toolbar **Editor** → **Editor** → **Save Edits** → **Stop Editing**. Σε περίπτωση καταχώρησης λάθος ονόματος ή τύπου πληροφοριών, θα πρέπει να διαγραφεί το πεδίο και να επαναληφθεί η διαδικασία.

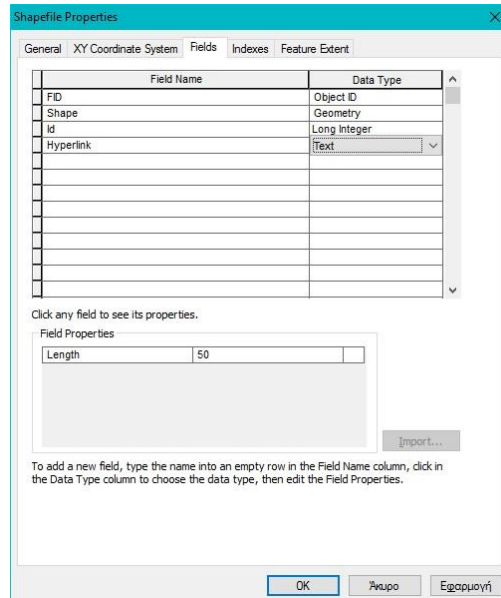
4.3 Προσθήκη υπερσυνδέσμου

Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας υπερσυνδέσμου (εξωτερικός σύνδεσμος) είτε με σύνδεση εγγράφου είτε με script είτε με σύνδεση ιστοσελίδας.

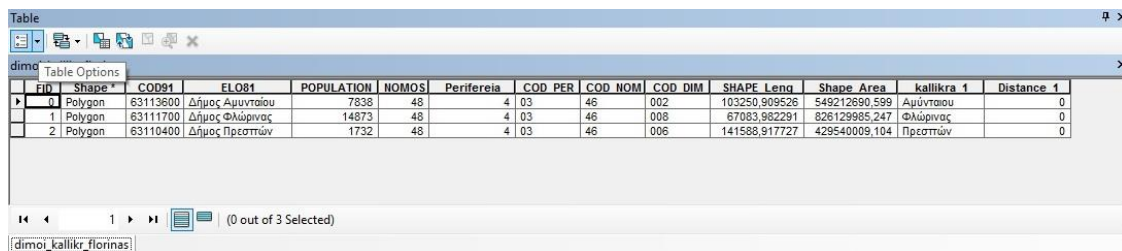
1. Κάνουμε εισαγωγή του layer στο οποίο θέλουμε να δημιουργήσουμε το hyperlink, επιλέγοντας το εργαλείο **Add Data** . Δεξί κλικ σε αυτό → **Open Attribute Table**.



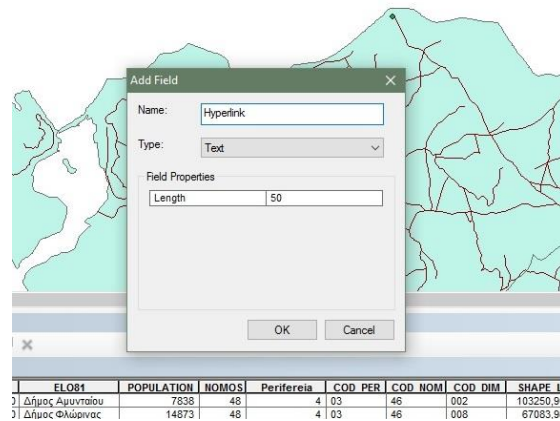
Στην περίπτωση που δημιουργούμε το hyperlink εξ' αρχής, αμέσως μετά τη δημιουργία του αρχείου κάνουμε δεξί κλικ σε αυτό από το **Catalog** → **Properties** και εισάγουμε το όνομα της στήλης και τον τύπο, όπως φαίνεται παρακάτω.



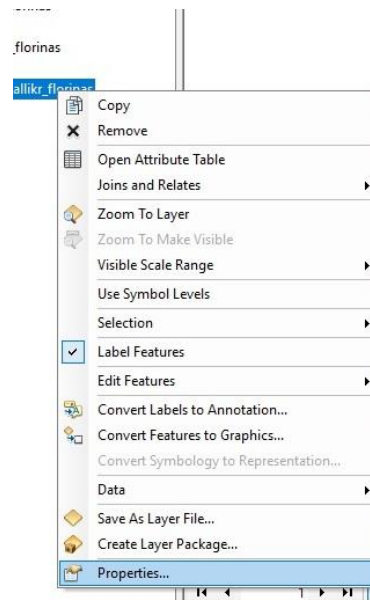
2. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο κουμπί **Table Options** στο Attribute Table που έχει ανοίξει → **Add field**.



3. Στο παράθυρο διαλόγου “Add Field” που εμφανίζεται γράφουμε το όνομα της στήλης (πχ Hyperlink) και επιλέγουμε τύπο “Text”.

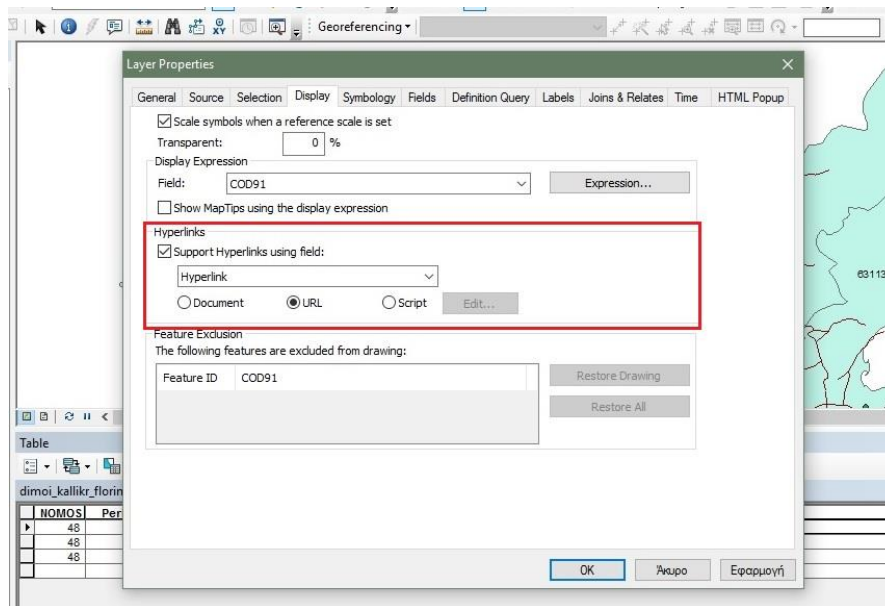


Δεξί κλικ στο θεματικό επίπεδό μας → **Properties**.



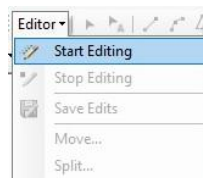
Στην καρτέλα “Display” στα πεδία που αφορούν τα hyperlinks, επιλέγουμε το πεδίο “Support Hyperlinks using field” και επιλέγουμε τη στήλη όπου θα αναγραφεί η ιστοσελίδα.

Τέλος, επιλέγουμε το κουμπί **URL** και πατάμε **OK**.



Στην περίπτωση εγγράφου επιλέγουμε **Document** και όταν πρόκειται για script επιλέγουμε **Script**.

4. Ξεκινάμε τον **Editor** πατώντας **Start Editing** και γράφουμε την ιστοσελίδα μας στο πεδίο της νέας στήλης που θέλουμε να προσθέσουμε το hyperlink.



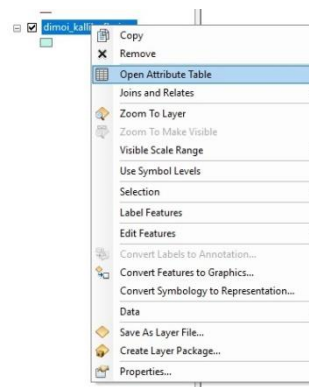
Στον **Editor** αποθηκεύουμε τις αλλαγές που έγιναν πατώντας **Save Edits** και τέλος κάνουμε κλικ στο **Stop Editing**.

5. Κάνουμε κλικ στο πλήκτρο **Hyperlink Tools**  και επιλέγουμε το στοιχείο, του οποίου θέλουμε να δούμε το Hyperlink. Έτσι, στον browser μας εμφανίζεται η αντίστοιχη ιστοσελίδα.

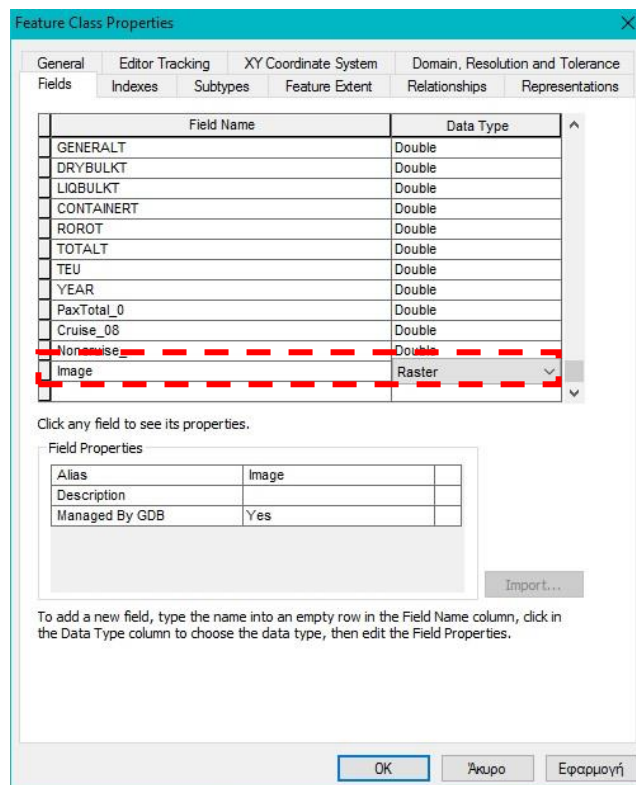
4.4 Προσθήκη εικόνας

Για να εισάγουμε να αρχείο τύπου raster σε μια feature class, όπως για παράδειγμα μια εικόνα, ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Κάνουμε εισαγωγή του layer στο οποίο θέλουμε να εισάγουμε το raster αρχείο, επιλέγοντας το εργαλείο **Add Data** . Δεξί κλικ σε αυτό → **Open Attribute Table**.

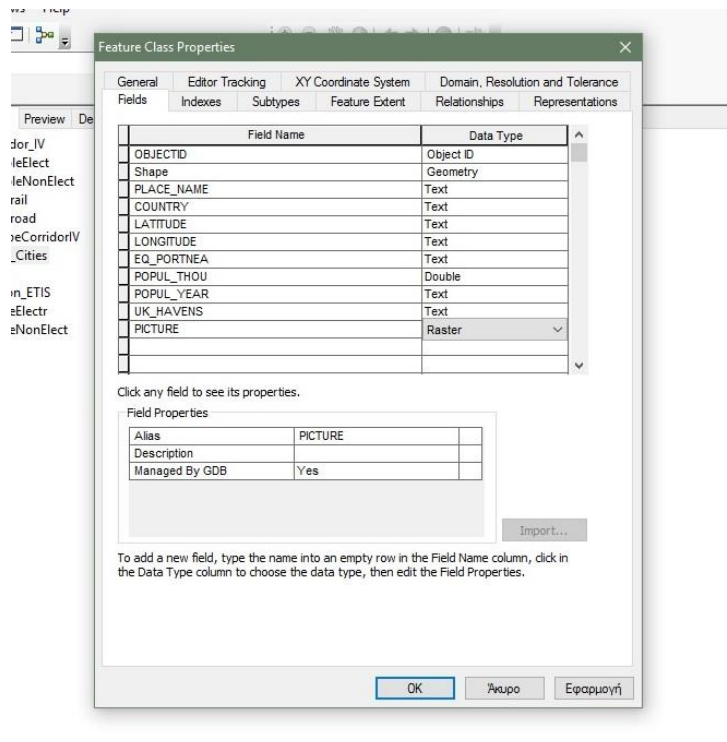


Στην περίπτωση που εισάγουμε το raster αρχείο εξ' αρχής, αμέσως μετά τη δημιουργία του αρχείου κάνουμε δεξί κλικ σε αυτό από το **Catalog** → **Properties** και εισάγουμε το όνομα της στήλης και τον τύπο, όπως φαίνεται παρακάτω.

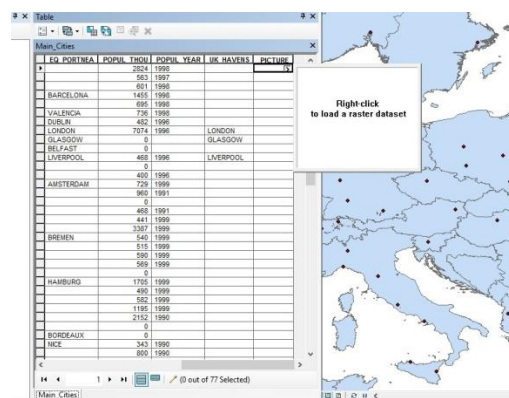


Στο παράθυρο διαλόγου “Feature Class Properties” που εμφανίζεται, επιλέγουμε την καρτέλα “Fields”. Προσθέτουμε τη νέα στήλη (πχ “Picture”) και στο πεδίο “Data type” επιλέγουμε “Raster”.

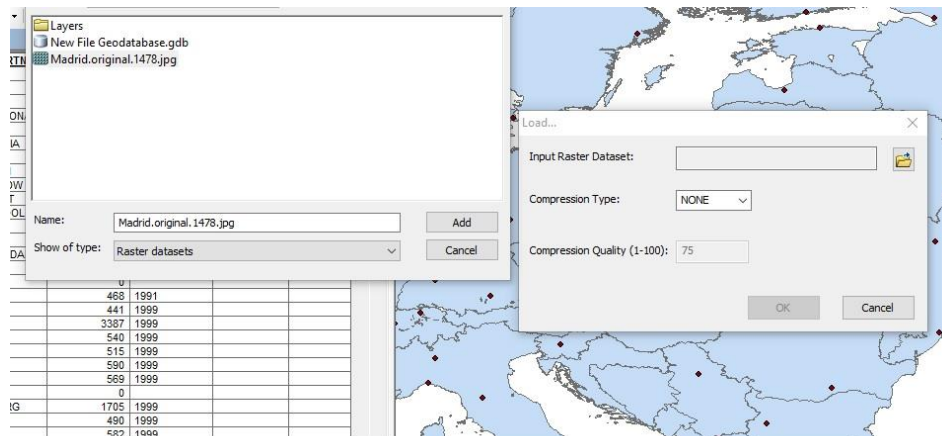
Κάνουμε κλικ στο **OK**.



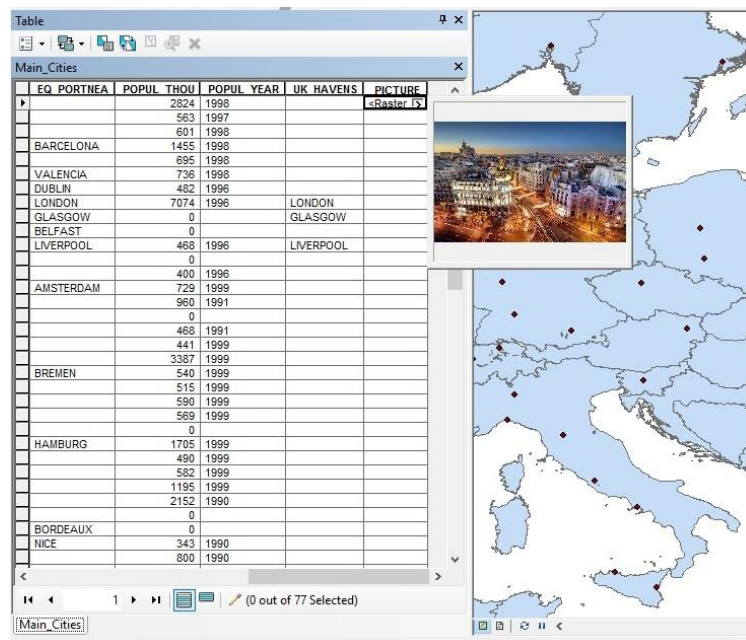
2. Στο ArcMap πατώντας το κουμπί **Add Data**  εισάγουμε το αρχείο. Δεξί κλικ στο θεματικό επίπεδο (layer) → **Open Attribute Table**. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Start Editing**.
3. Στη στήλη που θα εισαχθεί η εικόνα κάνουμε κλικ στο βελάκι που έχει εμφανιστεί → Δεξί κλικ στο πλαίσιο που εμφανίζεται → **Load**.



4. Στο παράθυρο διαλόγου “Load” → **Browse** στο πεδίο “Input Raster Dataset” και επιλέγουμε το αρχείο της εικόνας. Προσοχή, ο φάκελος στον οποίο έχουμε αποθηκεύσει το αρχείο εικόνας που θέλουμε να εισάγουμε πρέπει να έχει γίνει **Connect** με το ArcMap.



Πλέον, όταν κάνουμε κλικ στο βελάκι απεικονίζεται η εικόνα που έχουμε εισάγει.



5. Από τη γραμμή εργαλείων **Editor** → **Save Edits** → **Stop Editing**.

4.5 Σύνδεση πινάκων

Με τη συνένωση/σύνδεση πινάκων επιτυγχάνεται η προσάρτηση πεδίων από έναν πίνακα σε ένα δεύτερο. Ο απλούστερος τρόπος σύνδεσης πινάκων είναι ένα προς ένα, δηλαδή η μία εγγραφή του ενός πίνακα να συνδέεται με μία μόνο εγγραφή ενός άλλου. Επιπλέον, υπάρχει ο τύπος πολλά προς ένα, όπου πολλές εγγραφές ενός πίνακα αντιστοιχίζονται σε μία εγγραφή του άλλου και ο τύπος ένα προς πολλά, όπου μία εγγραφή του ενός πίνακα αντιστοιχίζεται με πολλές εγγραφές του δεύτερου. Οι δύο πρώτες συνδέσεις πραγματοποιούνται με την εντολή Join, ενώ η τελευταία με την εντολή Relate στο περιβάλλον του ArcMap.

Για να είναι εφικτή η σύνδεση δύο πινάκων στο περιβάλλον του ArcMap, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η ύπαρξη κοινού πεδίου στους εν λόγω πίνακες. Όπως γίνεται ευκόλως αντιληπτό, οι παράμετροι του κοινού πεδίου θα πρέπει να συμφωνούν μεταξύ τους και στους δύο πίνακες. Το όνομα των πεδίων των πινάκων δεν είναι αναγκαίο να είναι το ίδιο, όμως πρέπει απαραίτητως οι τύποι τους να είναι συμβατοί μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένα πεδίο κειμένου δεν είναι συμβατό με ένα αριθμητικό πεδίο. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

1. Πατώντας το κουμπί **“Add Data”** από την Toolbar **Standard** εισάγουμε τον πίνακα που χρειάζεται να εισάγουμε. Έτσι, βλέπουμε στο **Table of Contents** (πατώντας το κουμπί **“List by Source”** ) τον πίνακα του οποίου μόλις επιτεύχθηκε η εισαγωγή.



Εικόνα51: Table of Contents

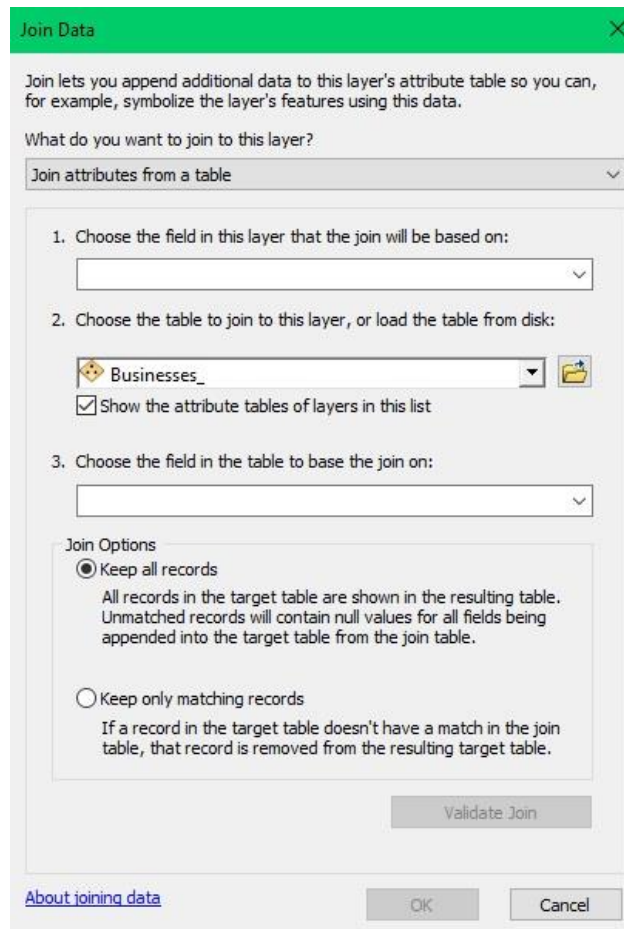
Χρειάζεται να εστιάσουμε στο γεγονός ότι οι τύποι των πεδίων στο Microsoft Excel πρέπει να έχουν ορισθεί εντός του προγράμματος που δημιουργήθηκαν και εκτός

αυτού, πρέπει να είναι συμβατοί με τους αντίστοιχους τύπους πεδίων στο ArcGIS. Για παράδειγμα, ένα πεδίο τύπου Text στο Microsoft Excel δεν είναι δυνατόν να είναι πεδίο τύπου Double στο ArcGIS. Σε περίπτωση λάθους, το πεδίο που δημιουργήθηκε στο Microsoft Excel δε θα εμφανίζεται στον πίνακα περιγραφικών δεδομένων στο ArcGIS.

2. Με τρόπο με τον οποίο έχει γίνει η εισαγωγή του πίνακα, πραγματοποιείται και η εισαγωγή του θεματικού επιπέδου στο οποίο θα γίνει η σύνδεση.

3. Ακολούθως, κάνουμε δεξί κλικ σε αυτό το θεματικό επίπεδο → **Joins and Relates** → **Join**. Στη φόρμα διαλόγου που εμφανίζεται εκτελούμε τα ακόλουθα βήματα:

- Στο πρώτο πλαίσιο επιλέγουμε Join attributes from a table.
- Στο δεύτερο πλαίσιο επιλέγουμε το πεδίο μέσα από το θεματικό επίπεδο στο οποίο θα βασιστεί η σύνδεση με τον πίνακα.
- Επιλέγουμε τον πίνακα με τον οποίο θα γίνει η σύνδεση (συνήθως αφού έχουμε εισάγει τον πίνακα στο χάρτη αναγνωρίζεται από το πρόγραμμα αυτόματα).
- Στο τελευταίο πλαίσιο επιλέγουμε το πεδίο μέσα από τον πίνακα με το οποίο γίνεται η σύνδεση.



Εικόνα: Join Data

Χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση της συγκεκριμένης διαδικασίας, καθώς υποστηρίζει μόνο συσχετίσεις πινάκων ένα προς ένα και πολλά προς ένα. Στην περίπτωση της συσχέτισης πολλά προς πολλά (και ένα προς πολλά) χρησιμοποιείται μόνο η διαδικασία συσχέτισης πινάκων μέσω των **Relates** και όχι του **Join**.

Ακολουθώντας παρόμοια διαδικασία μπορούμε να δημιουργήσουμε **Relate** ανάμεσα στον **Attribute Table** ενός **shapefile/feature class** και σε ένα πίνακα.

1. Δεξί κλικ στο θεματικό επίπεδο → **Joins and Relate(s)** → **Relate**. Στη φόρμα διαλόγου που εμφανίζεται εκτελούμε τα ακόλουθα βήματα:
 - Στο πρώτο πλαίσιο επιλέγουμε το κοινό πεδίο μέσα από το θεματικό επίπεδο στο οποίο θα βασιστεί η συσχέτιση.

- Στο δεύτερο πλαίσιο επιλέγουμε τον πίνακα με τον οποίο θα γίνει η συσχέτιση.
- Στο τρίτο πλαίσιο επιλέγουμε το πεδίο μέσα από τον πίνακα με το οποίο γίνεται η συσχέτιση.
- Στο τελευταίο πλαίσιο ονομάζουμε τη συσχέτιση που θα δημιουργήσουμε.

5. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

5.1 Χωρικά ερωτήματα

Με τα χωρικά ερωτήματα επιλέγουμε χαρακτηριστικά από ένα θεματικό επίπεδο βασισμένα στη χωρική τους σχέση με ένα άλλο θεματικό επίπεδο. Το ArcMap δίνει τη δυνατότητα χωρικών ερωτημάτων ακολουθώντας την εξής διαδικασία:

1. Menu **Select** → **Select by Location**.
2. Στο πρώτο πλαίσιο επιλέγουμε τη μέθοδο επιλογής χαρακτηριστικών του πρώτου layer (για την απλή επιλογή χαρακτηριστικών επιλέγουμε **select features from**).
3. Στο δεύτερο πλαίσιο επιλέγουμε το layer από το οποίο θέλουμε να επιλεγούν τα στοιχεία.
4. Στο πλαίσιο “Source layer” επιλέγουμε το layer στο οποίο θα βασίζεται η χωρική σχέση.
5. Στο πλαίσιο “Spatial selection method for target layer feature(s)” επιλέγουμε τη χωρική σχέση. Για παράδειγμα έστω ότι έχουμε ένα layer που απεικονίζει μικρά χωριά και ένα που απεικονίζει εθνικές οδούς. Αν υποθέσουμε ότι θέλουμε να βρούμε τα χωριά που «τέμνονται» από τις οδούς επιλέγουμε **Intersect the source layer feature**. Στη λίστα βρίσκονται διάφορες χωρικές σχέσεις που είναι χρήσιμες και χρησιμοποιούνται συχνά.
6. Πατάμε **Apply** και στη συνέχεια **OK** και έτσι το ArcMap μας επιστρέφει τις απαντήσεις στο ερώτημά μας.

5.2 Ανάλυση εγγύτητας

Οι αναλύσεις εγγύτητας είναι ένα σημαντικό στοιχείο κάθε ροής εργασίας. Συχνά κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουμε την απόσταση μεταξύ οντοτήτων ή ποιες οντότητες βρίσκονται εντός συγκεκριμένης ακτίνας από κάποιες άλλες. Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιούνται με το εργαλείο “Proximity” τα οποία βρίσκονται στο ArcToolbox → **Analysis Tools** → **Proximity**. Στο παράδειγμα που ακολουθεί εντοπίζουμε τους λιμένες που βρίσκονται εντός ακτίνας 250 χιλιομέτρων από αεροδρόμια.

1. Από το ArcToolbox → **Analysis Tools** → **Proximity** → **Near**.
2. Στο πλαίσιο “Input features” επιλέγουμε το θεματικό επίπεδο των λιμένων.
3. Στο πλαίσιο “Near features” επιλέγουμε το θεματικό επίπεδο των αεροδρομίων.
4. Στο πλαίσιο “Select radius” γράφουμε τον αριθμό της απόστασης και από τη λίστα επιλέγουμε τις επιθυμητές μονάδες μέτρησης.
5. Κάνουμε κλικ στο **OK**.

Άλλα χρήσιμα εργαλεία εγγύτητας είναι τα εργαλεία Buffer και Multiple Ring Buffer. Το εργαλείο Buffer δημιουργεί ζώνες συγκεκριμένης απόστασης γύρω από τα στοιχεία που επιθυμούμε (επιλέγουμε σαν είσοδο το θεματικό επίπεδο που μας ενδιαφέρει), ενώ το εργαλείο “Multiple Ring Buffer” δημιουργεί πολλαπλές ζώνες συγκεκριμένων αποστάσεων γύρω από τα στοιχεία που επιθυμούμε (επιλέγουμε σαν είσοδο το θεματικό επίπεδο που μας ενδιαφέρει).