



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»

**Ανάπτυξη GIS Αρχαιολογικών Πληροφοριών με Βάση
Ορθοφωτογραφίες στο Ναυάγιο του Μαζωτού Κύπρου**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Σ. ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ

Επιβλέποντες: Γεωργόπουλος Ανδρέας, Καθηγητής ΕΜΠ
Σκαρλάτος Δημήτριος, Επ. Καθηγητής ΤΕΠΑΚ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»

**Ανάπτυξη GIS Αρχαιολογικών Πληροφοριών με Βάση
Ορθοφωτογραφίες στο Ναυάγιο του Μαζωτού Κύπρου**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Σ. ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ

Επιβλέποντες: Γεωργόπουλος Ανδρέας, Καθηγητής ΕΜΠ
Σκαρλάτος Δημήτριος, Επ. Καθηγητής ΤΕΠΑΚ

Εγκρίθηκε από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή την 24η Φεβρουαρίου 2017.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Γεωργόπουλος Ανδρέας

Ιωαννίδης Χαράλαμπος

Σκαρλάτος Δημήτριος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επ. Καθηγητής ΤΕΠΑΚ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2017

(Υπογραφή)

.....

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Σ. ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ

Κάτοχος Διεπιστημονικού Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Διπλώματος στο γνωστικό πεδίο
«Γεωπληροφορική»

© Παναγιώτης Θεοφάνους 2017 – Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα εργασία περιγράφει την ανάπτυξη μιας εφαρμογής GIS με βάση ορθοφωτογραφίες υψηλής ανάλυσης του Ναυαγίου του Μαζωτού, το οποίο βρίσκεται στα -44 μ βάθος στη θαλάσσια περιοχή νότια της Κύπρου. Στόχος της εφαρμογής είναι να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με το φορτίο του ναυαγίου, μέσω της χρησιμοποίησης του χαρτογραφικού υποβάθρου, δηλαδή τις ορθοφωτογραφίες που λήφθηκαν υποβρυχίως και τη βάση δεδομένων του έργου, και τα δύο προερχόμενα από τη διαδικασία ανασκαφής του ναυαγίου.

Η ανωτέρω εφαρμογή υλοποιείται μέσω ενός τοπικού συστήματος συντεταγμένων και ερευνά το πώς οι γεωχωρικές απεικονιστικές μέθοδοι θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν στην εξαγωγή αρχαιολογικών πληροφοριών μέσα από τη χρήση του λογισμικού ArcGIS. Το προϊόν αυτό θα δώσει τη δυνατότητα στον τελικό χρήστη να εντοπίσει σε ένα περιβάλλον GIS τη θέση και τις πληροφορίες των αμφορέων που έχουν βρεθεί και τεκμηριωθεί επί τόπου, είτε έχουν αφαιρεθεί ή ανελκυστεί. Επιπλέον, αυτό θα μπορούσε να έχει ένα διαχρονικό χαρακτήρα, καθώς η ανασκαφή από το 2007 βρίσκεται σε εξέλιξη μέχρι σήμερα. Τα αποτελέσματα αξιολογούνται εκτός από την απαραίτητη τεχνολογική άποψη, και από εκείνη ενός αρχαιολόγου, παρουσιάζοντας την ευκολία πρόσβασης, την πληρότητα και την αποτελεσματικότητά της.

Λέξεις κλειδιά: Βάσεις Δεδομένων, ArcGIS, Πολιτιστική Κληρονομιά, Ψηφιακοί ορθοφωτοχάρτες, Κύπρος, Ναυάγιο, Χιακοί αμφορείς, 4ος αιώνας π.Χ., Θαλάσσιο εμπόριο, Υποβρύχια έρευνα.

National Technical University of Athens, Greece

School of Rural and Surveying Engineering

Development of a GIS application for Archaeological Information based on orthophotos of the Mazotos Shipwreck in Cyprus

MSc Diploma Thesis

of

Panagiotis S. Theofanous

Athens, February 2017

Abstract

This paper describes the development of a GIS application based on a high resolution orthophotos of the Mazotos Shipwreck which lies at -44 m depth in the sea area south of Cyprus. The aim of the application is to extract information of the shipwreck's cargo by utilizing the cartographic background, thus the orthophotos taken underwater and the produced database of the Project, both created during the shipwreck's excavation process.

The above application implements local coordinate system and investigates how geospatial imaging methods could serve in extracting archaeological information by using the ArcGIS software. This product will enable the end-user to detect into a GIS environment the position and information of amphorae that have been found and documented in situ, or, either removed and lifted. Moreover, this could have a diachronic character as the excavation is still ongoing since 2007. The results are evaluated apart from the essential technological point of view and from that of an archaeologist, presenting the ease of access, its completeness and efficiency.

Key words: Database, ArcGIS, Cultural Heritage, Digital Orthophotos, Cyprus, shipwreck, Chian amphora, 4th century BC, seaborne trade, underwater survey.

Ευχαριστίες

Δοξολογώ τον Άγιο Τριαδικό Θεό, που μου χάρισε την ευκαιρία να φοιτήσω στα έδρανα του μεγαλύτερου Πανεπιστημιακού Ιδρύματος του Ελληνισμού, σε μια από τις καλύτερες Σχολές και σε ένα τόσο ιδιαίτερο και μοναδικό ακαδημαϊκό περιβάλλον, που διέπεται από ανθρώπους δικούς Του.

Μεγάλο είναι το χρέος μου προς τους επιβλέποντες καθηγητές της διπλωματικής μου εργασίας, τους κ.κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο (ΕΜΠ) και Δημήτριο Σκαρλάτο (ΤΕΠΑΚ) για την ενθάρρυνση, την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξη, αλλά και για τον χρόνο που αφιέρωσαν συζητώντας, συμβουλευόντας και προτείνοντας λύσεις στα όσα προβλήματα παρουσιάστηκαν στην προσπάθεια αυτή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ.κ. Χαράλαμπο Ιωαννίδη, Κώστα Κασσιό και Ανδρέα Γεωργόπουλο που υποστήριξαν την γενικότερη πορεία μου στο Μεταπτυχιακό, όπως και τους καθηγητές κ.κ. Λύσανδρο Τσούλο και Δημήτρη Αργιαλά για την αρωγή στα μαθήματα τους.

Ευχαριστώ, επίσης, την καθηγήτρια κ. Στέλλα Δεμέστιχα και το Εργαστήριο Εναλίων Αρχαιολογικών Ερευνών του Πανεπιστημίου Κύπρου για την εμπιστοσύνη και χορήγηση του απαραίτητου υλικού και της βάσης δεδομένων της ανασκαφής του ναυαγίου του Μαζωτού, καθώς και τον κ. Αντώνη Νεοφύτου και την κ. Ειρήνη Κατσούρη για την συμβολή τους. Ευχαριστώ, για ακόμη μια φορά, τον καθηγητή κ. Δημήτριο Σκαρλάτο για την παραχώρηση των γεωγραφικών δεδομένων και των ορθοφωτογραφιών και ορθοφωτοχαρτών και το Εργαστήριο Φωτογραμμετρικής Ενόρασης στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, καθώς και τον κ. Ηλία Φρέντζο για τη βοήθειά του.

Επιπλέον, ευχαριστώ τους συμφοιτητές μου Σπ. Τσαφάρα, Γρ. Μπούσουλα, Ε. Αγγελόπουλο, για την βοήθεια που μου προσέφεραν σε άλλες εργασίες, αλλά και την εταιρεία Marathon Data Systems, η οποία μου παραχώρησε δωρεάν κωδικό ενεργοποίησης της δοκιμαστικής έκδοσης του ArcGIS for Desktop, διάρκειας ενός έτους.

Ιδιαίτερος, ευχαριστώ, την κ. Έφη Παλιάτσου στην Γραμματεία του ΔΠΜΣ «Γεωπληροφορική» για την αμέριστη υποστήριξη της σε κάθε στιγμή. Ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδω, επίσης, και στο Φοιτητικό Οικοτροφείο «Ο Μέγας Βασίλειος», όπου μέσα σε ένα εξαιρετικό περιβάλλον ο Διευθυντής κ. Μανώλης Σταθούλιας και οι οικότροφοι του μου έχουν προσφέρει τόσα πολλά, όλες τις φορές που τους χρειάστηκα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγο μου Μαίρη για όλες τις θυσίες και κυρίως για την υπομονή της, τα πεθερικά μου Νίκο και Κωνσταντία για την φιλοξενία και την υποστήριξη τους, και τους πολυαγαπημένους μου γονείς Στέλιο και Ολβία, που χωρίς τις δικές τους ευχές και την αμέριστη βοήθειά τους, υλική και πνευματική, δεν θα τα είχα καταφέρει να φτάσω αισίως στο τέλος αυτής της διαδρομής.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες.....	vii
Πίνακας Περιεχομένων.....	viii
Κατάλογος Εικόνων	x
Πρόλογος.....	xi
Εισαγωγή.....	1
1 Εννοιολογικό Πλαίσιο	4
1.1 Δεδομένα και Πληροφορίες	7
2 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.....	10
2.1 Ιστορική αναδρομή πρώτων Σ.Γ.Π.	11
2.2 Η Σύνθεση των Σ.Γ.Π.	12
3 Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων	15
3.1 Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Γεωγραφικών Δεδομένων	16
4 Σ.Γ.Π. και Βάσεις Δεδομένων στην Αρχαιολογία	20
4.1 Ανάγκες Καταγραφής στην Αρχαιολογία.....	20
4.2 Υιοθέτηση Σ.Γ.Π. και Βάσεων Δεδομένων στην Αρχαιολογία.....	23
4.3 Προηγούμενη Έρευνα και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	26
4.3.1 Βάσεις Δεδομένων	28
4.3.2 GIS στην Υποβρύχια Αρχαιολογία.....	31
5 Μεθοδολογία	36
5.1 Σχεδιασμός και Λογική Ανάπτυξη της Βάσης Δεδομένων	38

6	Εφαρμογή: Ανάπτυξη GIS με Βάση Ορθοφωτογραφίες.....	41
6.1	Περιοχή Ενδιαφέροντος Μελέτης.....	41
6.2	Δεδομένα.....	43
6.3	Βήματα Επιτέλεσης Μελέτης	45
7	Συμπεράσματα: Αποτελέσματα και Κριτική Αξιολόγηση.....	50
	Βιβλιογραφία.....	54
	Ηλεκτρονικές Πηγές	60

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Από τα δεδομένα στις πληροφορίες και έπειτα στη γνώση (Κάβουρας κ. α. 2015, σ. 24).....	9
Εικόνα 2: Συστατικά στοιχεία ενός Σ.Γ.Π. (Κάβουρας κ. α. 2015, σ. 21).....	13
Εικόνα 3: Σχήμα Αρχιτεκτονικής ενός Συστήματος Βάσης Δεδομένων (Στεφανάκης 2010, σ. 42).....	17
Εικόνα 4: Σχήμα διαδοχικής επεξεργασίας ευρημάτων από την ανασκαφή έως και τη μουσειακή έκθεση και τη δημοσίευση (Μαζαράκης - Αινιάν 2015).....	22
Εικόνα 5: Η προτεινόμενη δομή για την εφαρμογή των Σ.Γ.Π. στο πλαίσιο της Αρχαιολογίας από τους Wheatley & Gillings (2002, σ. 208).....	27
Εικόνα 6: Χάρτης με χρήση GIS: Τα χρώματα προσδιορίζουν τα διάφορα είδη των αντικειμένων του παρόντος ναυαγίου στη θέση (Beltrame & Manfio 2014, σ. 123, εικόνα. 5).....	34
Εικόνα 7: Εννοιολογικό Σχήμα Β.Γ.Δ. της παρούσας εργασίας.....	39
Εικόνα 8: Το λογικό μοντέλο που προκύπτει από το εννοιολογικό μοντέλο της Εικόνας 7.....	40
Εικόνα 9: Χάρτης της Κύπρου: Ναυάγιο του Μαζωτού (Α. Αγαρίου, [© Πανεπιστήμιο Κύπρου, EMA] στο Demesticha 2010, σ. 2, εικόνα. 1).....	42
Εικόνα 10: Φωτομωσαϊκό ναυαγίου (Bruce Hartzler, [© Πανεπιστήμιο Κύπρου, EMA] στο Demesticha 2010, σ. 4, fig. 2).....	44
Εικόνα 11: Μεταφορά γεωγραφικών δεδομένων από το TXT αρχείο σε MS Excel.....	46
Εικόνα 12: Πλαίσιο διαλόγου Join Data της επιλογής Joins and Relates εντός του ArcMap.....	47
Εικόνα 13: Το αρχείο Export_Output_XYZ2015.shp εισάγεται εντός του ArcMap.....	48
Εικόνα 14: Εισαγωγή περιγραφικών δεδομένων στη Βάση Δεδομένων.....	48
Εικόνα 15: Εκτέλεση SQL ερωτημάτων ενός Σ.Γ.Π. και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων εντός του γραφικού περιβάλλοντος του ArcGIS.....	50

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Γεωπληροφορική» της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και αφορά την ανάπτυξη GIS με βάση ορθοφωτογραφίες από το Ναυάγιο του Μαζωτού στη θαλάσσια περιοχή νότια της Κύπρου.

Σκοπός είναι η εμβάθυνση στις μεθόδους απεικόνισης γεωχωρικής και αρχαιολογικής πληροφορίας, με τη χρήση μεθόδων και τεχνολογιών των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.). Στόχος είναι η ανάπτυξη εφαρμογής εντός του περιβάλλοντος του λογισμικού ArcGIS και εισαγωγή ορθοφωτογραφιών της περιοχής ενδιαφέροντος.

Αρχικά, περιγράφονται γενικά η Θεωρία γύρω από τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και τις Βάσεις Δεδομένων, καθώς και κάποιες από τις προηγούμενες εργασίες, κατά τις οποίες αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε έρευνες με αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Στη συνέχεια η εργασία αναλύει την Μεθοδολογία, εμβαθύνοντας στη μέθοδο των Σ.Γ.Π. που ακολουθήθηκε σχετικά με την ανάπτυξη της εφαρμογής, την οποία περιγράφει. Έπειτα γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης, όπου έλαβαν χώρα οι απαραίτητες διαδικασίες και περιγράφεται λεπτομερώς η δημιουργία της εφαρμογής και τα βήματα επιτέλεσης της μελέτης, η οποία οδήγησε στην παραγωγή των αποτελεσμάτων. Τέλος, αντί επιλόγου, παρουσιάζονται ως Συμπεράσματα, τα αποτελέσματα και η κριτική της εφαρμογής.

Εισαγωγή

Η εξέλιξη αποτελεί αναπόσπαστο χαρακτηριστικό της ανθρώπινης φύσης. Πρόκειται για την ατέρμονη ενασχόληση του ανθρώπου, ώστε να βελτιώσει την ήδη υπάρχουσα τεχνολογία της εποχής του. Αυτή η συνεχής πορεία και το ασταμάτητο ενδιαφέρον που προκύπτει οδηγούν, αναμφίβολα, σε εντυπωσιακές ανακαλύψεις και τεχνολογικά επιτεύγματα.

Ένα φαινόμενο της σύγχρονης εποχής, είναι η γενικότερη πρόοδος των θετικών επιστημών και η τρομερή ανάπτυξη που έχουν παρουσιάσει οι καινοτόμες τεχνολογίες. Παρομοίως, η τεχνολογία στους τομείς των Βάσεων Δεδομένων και των Πληροφοριακών Συστημάτων εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια. Προφανώς, τα επιτεύγματα της επηρεάζουν άμεσα τους τομείς των Συστημάτων Βάσεων Γεωγραφικών Δεδομένων και Γεωγραφικών Πληροφοριών, εφόσον η έρευνα στους δύο τελευταίους τομείς συχνά χαρακτηρίζεται από την επέκταση και προσαρμογή των επιτευγμάτων, που αναφύονται στους δύο πρώτους τομείς (Στεφανάκης 2010).

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π. ή GIS) αποτελούν μια από αυτές τις τεχνολογίες και βρίσκεται σε εξέλιξη εδώ και δεκαετίες. Γενικότερα, η χρήση των Σ.Γ.Π. εξαπλώνεται συνεχώς σε έργα και δράσεις σε όλο τον κόσμο, όπως σε μελέτες έργων υποδομής, παρακολούθηση κατασκευαστικών έργων, συγκοινωνιακούς σχεδιασμούς, χαρτογράφηση, κτηματολόγιο, μέτρηση όγκων σε λατομεία, μελέτες υδρογραφικών δικτύων, αρχαιολογικές έρευνες κ.λπ (βλ ενδεικτικά Georgiou & Skarlatos 2016· Matthews 2008· Bunch κ. α. 2012· Σαρρή κ. α. 1999).

Μερικές από τις δυνατότητες που χρειάζονται για τα ανωτέρω έργα και δράσεις είναι κοινές και σε άλλα είδη λογισμικού. Έτσι τα Σ.Γ.Π. πολλές φορές συνδέονται και με άλλους τύπους λογισμικού με ξεχωριστά δεδομένα, αναλύσεις και διαδικασίες εκτέλεσης. Ωστόσο, ο σχεδιασμός των άλλων υπολογιστικών συστημάτων, που αναπτύχθηκαν για ανάγκες παρόμοιων με τους πιο πάνω σκοπούς, τα συσχετίζει με τα Σ.Γ.Π, καθώς μοιράζονται μεταξύ τους πολλές όμοιες λειτουργίες (Johnston 2005). Τα εν λόγω συστήματα αποτελούνται από τα προγράμματα στατιστικής ανάλυσης, τα συστήματα Σχεδίασης με την Βοήθεια Υπολογιστή Σ.Β.Υ. (Computer Aided Design - CAD), τα συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας και τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων – ΣΔΒΔ (Database Management Systems – DBMS). Η δυνατότητα, εντούτοις, να παρέχουν απαντήσεις σε γεωγραφικές ερωτήσεις είναι αυτή που ξεχωρίζει τα Σ.Γ.Π. (Goodchild 1985 στο Johnston 2005).

Αντίστοιχα, η εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας στην εποχή μας δύναται να συνδυάσει επίγεια, εναέρια και υποβρύχια μέσα λήψης φωτογραφιών, για την παραγωγή φωτογραμμετρικών προϊόντων, κάνοντας χρήση αλγορίθμων από την κλασική φωτογραμμετρία έως και computer vision (Ποντίκας 2016), όπως ο αλγόριθμος Structure from Motion (SFM). Οι περισσότεροι από τους αλγορίθμους, που συμβάλλουν στην περαιτέρω εμβάθυνση σε νέα σύγχρονα επιστημονικά προβλήματα, έχουν προταθεί τα τελευταία 25 - 30 χρόνια, όση περίπου είναι και η ηλικία της Πληροφορικής, ως μίας νέας ξεχωριστής επιστήμης (Βακάλη κ.α., 2010).

Οι πρωτοποριακές τεχνικές και εφαρμογές, συχνά δανειζόμενες από τις προαναφερόμενες θετικές επιστήμες, με κατάλληλη χρήση, προσφέρουν ιδιαίτερα συναρπαστικές ευκαιρίες για την ανάπτυξη των αντίστοιχων θεωρητικών επιστημών και των πεδίων τους. Ταυτόχρονα, στα πεδία πολλών επιστημών παρουσιάζονται, για τον έναν ή τον άλλο λόγο, ανάγκες τεκμηρίωσης, καταγραφής, αρχειοθέτησης, αποτύπωσης, αποθήκευσης, διαχείρισης και υψηλής ποιότητας απεικόνισης διαφόρων φυσικών και τεχνικών, αντικειμένων ή φαινομένων του ανθρώπινου περιβάλλοντος. Επομένως, πολλές είναι και οι προσπάθειες που καταβάλλονται στις μέρες μας για την εξέλιξη και ανάπτυξη τεχνολογίας που να εξυπηρετεί τις ανάγκες αυτές.

Αναπόφευκτά, μέσα από τον πολλαπλασιασμό των διαφόρων τεχνολογικών εφαρμογών και την αξιοποίησή τους, τα τελευταία χρόνια έχουν ανοίξει νέοι ορίζοντες για τις θεωρητικές και ανθρωπιστικές επιστήμες, της Αρχαιολογίας συμπεριλαμβανομένης. Όσον αφορά την Αρχαιολογία αποκλειστικά, πλέον όλοι οι φοιτητές και νέοι αρχαιολόγοι καλούνται να μαθαίνουν όλες τις τεχνολογίες και τεχνικές, που είναι υποστηρικτικές στην επιστήμη τους. Κατά αυτόν τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα στους αρχαιολόγους, μέσω των καινοτόμων αυτών εργαλείων, να διεξάγουν έρευνα μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο, αυξάνοντας, παράλληλα, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους, ώστε, τελικά, να ξεπεραστούν εμπόδια που παλαιότερα φάνταζαν ανυπέρβλητα.

Στον αντίποδα, αφού πρόκειται στην πραγματικότητα για αμφίδρομη διαδικασία, στην εποχή μας οι θεωρητικές επιστήμες είναι αυτές που καλούνται να δώσουν απαντήσεις στην σημερινή κρίση που περνά ο σύγχρονος άνθρωπος. Όλοι συμφωνούν ότι η κρίση δεν είναι μόνο οικονομική. Είναι και κρίση λειτουργίας των θεσμών. Είναι κρίση ηθική. Είναι κρίση αντιλήψεων και τρόπου σκέψης, ίσως και ταυτότητας της σύγχρονης κοινωνίας. Γι' αυτό και υποστηρίζεται ότι βιώνεται μια κρίση του πολιτισμού μας, μια ολική κρίση (Θέμελης 2011). Επιπρόσθετα, είναι γνωστό, ότι πολιτισμός δεν είναι μόνο τα γράμματα και οι τέχνες, ή αλλιώς, μόνο η επιστήμη και η τεχνολογία, αλλά το σύνολο των εκφάνσεων μιας κοινωνίας, δηλαδή των κυρίαρχων αντιλήψεών της, των θεσμών και του τρόπου λειτουργίας τους, των καθημερινών συμπεριφορών και των πεπραγμένων της.

Ως αποτέλεσμα των πιο πάνω, η ανθρωπότητα, μπροστά σε αυτό το παγκοσμιοποιημένο πρόβλημα, καταφεύγει στην μελέτη κοινωνιών και πολιτισμών του παρελθόντος. Η ανθρωπότητα αγωνίζεται έντονα να αντιμετωπίσει τις πολλαπλές αυτές κρίσεις που ενυπάρχουν κάτω από το πέπλο της οικονομικής κρίσης. Αναζητά λύσεις, ψάχνοντας στα συρτάρια του παρελθόντος, της Ιστορίας παλαιότερων πολιτισμών, λες και θέλει να ξαναπάρει τα πράγματα από την αρχή. Αυτό γίνεται για να εντοπιστεί τι έγινε ή τι ξαναγίνεται λάθος, πού και πώς οι προηγούμενες εποχές πέτυχαν ή απέτυχαν, αλλά και γιατί υστέρησαν ή ακόμα και ξεπέρασαν την σύγχρονη εποχή. Είναι, δηλαδή, διακριτή μια αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος προς αυτή την κατεύθυνση. Η Αρχαιολογία κουβαλά το χρέος να φέρνει πλήρως στην επιφάνεια δεδομένα σκέψεων και αντιλήψεων αρχαίων, συμπεριφορών και λειτουργιών παλαιών, είτε καθημερινών, είτε σε θεσμικό επίπεδο. Δεδομένα, δηλαδή, που να πληροφορούν τον σύγχρονο άνθρωπο, οδηγώντας τον μακριά από την λήθη.

Κατευθύνοντας τον να ζωγραφίσει σε λευκό καμβά το μέλλον του, προσθέτοντάς του, όμως, λίγες πινελιές από το παρελθόν του. Έτσι δημιουργείται κάτι εντελώς καινούριο, μα και δοκιμασμένο ταυτόχρονα.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, λοιπόν, που αναπόφευκτα συναντώνται το παλαιό με το νέο, γίνεται και σε επιστημονικό επίπεδο ένα «πάντρεμα» μιας κλασσικής επιστήμης (Αρχαιολογία) με μια σύγχρονη (Γεωπληροφορική) και αυτό είναι σίγουρα μια πρόκληση. Μια πρόκληση στην οποία οι αρχαιολόγοι ανταποκρίθηκαν άμεσα, αναγνωρίζοντας τα Σ.Γ.Π. ως ένα σημαντικό εργαλείο και υιοθετώντας τα ήδη από τη δεκαετία του 1990. Αυτό οφείλεται κυρίως, εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων, λόγω των προσφερόμενων υπηρεσιών των Σ.Γ.Π. προς την Αρχαιολογία, στην αμφίδρομη σχέση που υπάρχει μεταξύ της Αρχαιολογίας και της Γεωγραφίας.

Εντός των ερμηνευτικών ορίων των δύο επιστημών εντοπίζονται, ως συνδετικό υλικό οι έννοιες του χώρου και του χρόνου. Η έννοια του χρόνου για τη Αρχαιολογία μεταφράζεται σαν μια διαδοχική ακολουθία αντικειμένων του υλικού πολιτισμού που επικάθονται στον χώρο, μετατρέποντας το έδαφος σε ένα λεπτομερές ιστορικό βιβλίο (Λιάκος & Βασιλειάδης 2009). Κατά αυτόν τον τρόπο, ο συνδυασμός Γεωπληροφορικής και Αρχαιολογίας μέσω των Σ.Γ.Π. θεωρείται ένα τέλειο συνταίριασμα, αφού η Αρχαιολογία συχνά περιλαμβάνει τη μελέτη της χωρικής διάστασης της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε βάθος χρόνου. Γενικότερα, ολόκληρο το αντικείμενο της Αρχαιολογίας φέρει την χωρική συνιστώσα.

Η μεταπτυχιακή αυτή εργασία, μέσα από την ανάπτυξη ενός Σ.Γ.Π. αρχαιολογικών πληροφοριών με βάση ορθοφωτογραφίες από το Ναυάγιο του Μαζωτού στην Κύπρο, και αναγνωρίζοντας ότι η τεχνολογία των Σ.Γ.Π. είναι θεμελιώδης για την πρόοδο της Αρχαιολογίας, επιχειρεί την παραγωγή και εξαγωγή αρχαιολογικής πληροφορίας.

1 Εννοιολογικό Πλαίσιο

Πολύ συχνά συναντάει κανείς το εννοιολογικό μέρος ενός θέματος να προσεγγίζεται με τη φράση «ἀρχή παιδεύσεως ἢ τῶν ὀνομάτων ἐπίσκεψις», η οποία αποδίδεται στον αρχαίο φιλόσοφο Αντισθένη από τον Επίκτητο (Διατριβαί, 1, 17). Έτσι και εδώ, η εννοιολογική προσέγγιση γίνεται στηριζόμενη σε αυτήν ακριβώς την φράση, λαμβάνοντας υπ' όψη δηλαδή, ότι προϋπόθεση για τη μάθηση (γνώση και σοφία) είναι η εξέταση της σημασίας των λέξεων. Στην περίπτωση της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας θα εξεταστούν διάφοροι όροι που χρησιμοποιούνται συχνά στο χώρο των Σ.Γ.Π. και διευκολύνουν να οριστεί η εννοιολογική βάση της. Επιπλέον, για κάποιους από αυτούς δεν υπάρχουν γενικά αποδεκτοί ορισμοί, ενώ άλλοι χρησιμοποιούνται κατά κόρον επικαλύπτοντας άλλους, ενώ άλλοι μοιράζονται την ίδια έννοια και τη συχνότητα στη χρήση τους, χωρίς να γίνεται διακριτή η διαφορά μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, όπου χρειάζεται θα επιχειρηθεί μια προσπάθεια διευκρίνησης, κατανόησης και διαχωρισμού της σημασίας όλων αυτών, που αποτελούν περιγραφικούς όρους και βοηθούν στην διαχείριση της γνώσης μέσω των Σ.Γ.Π.

Ξεκινώντας από τον όρο GIS, πρόκειται για συντόμευση που προέρχεται από τις λέξεις Geographic Information Systems. Κατά την άποψη του συγγραφέα, ο όρος Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι ορθότερος εν συγκρίσει με τον συχνά χρησιμοποιούμενο στην Ελληνική βιβλιογραφία Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Και αυτό γιατί, ο αγγλικός όρος Geographic Information Systems (GIS) αναφέρεται σε συστήματα βασισμένα στην επιστήμη υπολογιστών τα οποία χρησιμοποιούνται για την διαχείριση πληροφοριών γεωγραφικής φύσεως (Johnston 2005).

Στη συνέχεια, μετά από αναζήτηση μέσα από την σχετική με τους όρους των Σ.Γ.Π. βιβλιογραφία, παρατίθενται αποσπάσματα που βοηθούν να οριστεί το εννοιολογικό πλαίσιο της εργασίας. Οι Τσουχλαράκη & Αχιλλέως (2015, σ. 149) στο βιβλίο τους για την εκμάθηση των GIS αναφέρουν:

«Η γεωγραφική πραγματικότητα, αποτελείται από το σύνολο των αντικειμένων και των φαινομένων που αναπτύσσονται και εξελίσσονται στην επιφάνεια της γης και καταγράφεται μέσω των γεωγραφικών δεδομένων. Τα γεωγραφικά δεδομένα ενδέχεται να αναφέρονται στον δισδιάστατο χώρο (2D), όταν περιγράφουν την γήινη επιφάνεια σαν επίπεδο ή στον τρισδιάστατο χώρο όταν για παράδειγμα περιγράφουν ατμοσφαιρικά φαινόμενα ή φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα μέσα στο θαλάσσιο όγκο νερού (3D). Μπορεί, επίσης, να προστεθεί και μια τέταρτη διάσταση (4D), στην περίπτωση περιγραφής φαινομένων που εξελίσσονται δυναμικά στον χώρο. Αυτή η τέταρτη διάσταση είναι ο χρόνος και τα αντίστοιχα φαινόμενα καλούνται χρονικές σειρές. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι διακριτά, όπως για παράδειγμα ο πληθυσμός, οι χρήσεις γης κ.λπ. και συνεχή όπως το υψόμετρο, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η θερμοκρασία κ.λπ.»

Επιπρόσθετα, ο Στεφανάκης (2010, σ. 3) τονίζει ότι:

«Τα γεωγραφικά δεδομένα αποτελούν μια ειδική κατηγορία δεδομένων, τα οποία κατανέμονται στο χώρο και μεταβάλλονται στο χρόνο. Όσον αφορά στην κατανομή τους στο χώρο, τα γεωγραφικά δεδομένα συνοδεύονται από τις αναφορές στις θέσεις του γεωγραφικού χώρου όπου αυτά συμβαίνουν ή περιγράφουν. Όσον αφορά στη μεταβολή τους στο χρόνο, αυτή μπορεί να είναι τόσο αργή, ώστε να αγνοείται (π.χ. αλλαγή της ακτογραμμής, του κλίματος ή της κατανομής ηλικιών μιας χώρας, κ.λπ.) , ή τόσο γρήγορη ώστε ο ρυθμός αλλαγών να αποτελεί μια σημαντική διάσταση (π.χ. ο φόρτος κυκλοφορίας μιας λεωφόρου, η θερμοκρασία, το μέτωπο μιας δασικής πυρκαϊάς, κ.λπ.)».

Ο ίδιος (οπ.π.) κατατάσσει τα γεωγραφικά δεδομένα σε τέσσερις κατηγορίες:

- α) τα φυσικά αντικείμενα (π.χ. σπίτια, δρόμοι, λίμνες, δάση, κ.λπ.),
- β) τις διοικητικές μονάδες (π.χ. ιδιοκτησίες, νόμοι, εθνικοί δρυμοί, στρατόπεδα, κ.λπ.),
- γ) τα γεωγραφικά φαινόμενα (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, ατυχήματα, κατανομή θαλασσίων πληθυσμών, κ.λπ.) και
- δ) τις παραγόμενες πληροφορίες (π.χ. επίπεδο φτώχειας, καταλληλότητα εδάφους καλλιεργειών, περιβαλλοντική επιβάρυνση, κ.λπ.).

Επίσης, σχετικά με το γραφικό περιβάλλον των Σ.Γ.Π. και τις γεωγραφικές εφαρμογές του, σημειώνεται από τον ίδιο (οπ.π. σ. 3-4):

«Για να καταστεί εφικτή η περιγραφή της σύνθετης πραγματικότητας (όπως την αντιλαμβάνεται μια γεωγραφική εφαρμογή), γίνεται η θεώρηση ότι αυτή συντίθεται από ένα σύνολο διακριτών, αλλά παράλληλα αλληλοσυσχετιζόμενων μονάδων, που καλούνται οντότητες. Οντότητα ορίζεται κάθε μονάδα ή αντικείμενο με φυσική ή εννοιολογική υπόσταση».

Σε αυτό το σημείο, κρίνεται απαραίτητο να σχολιαστούν οι παραπάνω ορισμοί που αφορούν όρους των Σ.Γ.Π. Αρχικά, όπως φαίνεται στον πρώτο ορισμό, με τον όρο γεωγραφικά δεδομένα καθιερώθηκε να ονομάζονται αυτά που καταγράφουν όλα όσα υπάρχουν ή λαμβάνουν χώρα στη γη, αναφέροντας τη θέση τους, και μπορούν να τα περιγράψουν σε 2D, 3D και 4D διαστάσεις. Ως εκ τούτου, μπορεί να λεχθεί ότι χαρακτηρίζονται από κατανομή στον χώρο και παράλληλα χρονική μεταβολή. Ακόμη, μπορούν να είναι οτιδήποτε από φυσικά αντικείμενα, οριοθετημένοι ιδιόκτητοι χώροι ή εκτάσεις, μέχρι διάφορα φυσικά φαινόμενα, αλλά και πληροφορίες που θα παραχθούν μετά από την εισαγωγή και επεξεργασία εντός Σ.Γ.Π. Οι παραγόμενες πληροφορίες παρουσιάζονται ως κατηγορία που ανήκει στα γεωγραφικά δεδομένα και αυτό είναι ενδεικτικό της έλλειψης διαχωρισμού των δύο εννοιών, που, όπως φαίνεται, υπάρχει επικάλυψη των εννοιών μεταξύ τους.

Επίσης, από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι, από τη μία ένα φυσικό αντικείμενο μπορεί να οριστεί ως γεωγραφικό δεδομένο, όμως, δύναται εξίσου να οριστεί και ως οντότητα, ώστε να

μπορέσει να περιγραφεί εντός των Σ.Γ.Π. εφαρμογών. Επομένως, υπάρχει και εδώ επικάλυψη των εννοιών των δύο όρων οντότητα και γεωγραφικά δεδομένα. Σε σε αυτή τη περίπτωση η έννοια του όρου οντότητα (δηλαδή κάτι το οποίο υπάρχει) περιλαμβάνει εντός της τα γεωγραφικά δεδομένα. Η οντότητα είναι αυτή που μπορεί να δώσει τα δεδομένα (βλ. ανάλυση για δεδομένα πιο κάτω) εντός του πραγματικού κόσμου. Στην παρούσα εργασία, όταν πρόκειται για φυσικά αντικείμενα, γίνεται χρήση και των δύο όρων, γεωγραφικό δεδομένο και οντότητα για ότι είναι συμβατό και εισάγεται εντός Σ.Γ.Π. Επιπλέον, η χρήση του όρου οντότητα γίνεται και για περιγραφή εννοιολογικών οντοτήτων και δεν πρέπει να συγχέονται με τα γεωγραφικά δεδομένα. Δηλαδή, ένα γεωγραφικό δεδομένο είναι μια οντότητα, όμως, δεν είναι όλες οι οντότητες γεωγραφικά δεδομένα, κάτι το οποίο δεν διευκρινίζεται στον πιο πάνω ορισμό. Για το λόγο αυτό, έχει επικρατήσει ο διαχωρισμός μεταξύ γεωγραφικών και άλλων οντοτήτων.

Πριν την περαιτέρω ανάλυση των όρων, θα πρέπει να συζητηθεί, ότι το επίθετο γεωγραφικός (geographic) αναφέρεται στην επιφάνεια της γης ή σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε αυτή, ωστόσο και άλλοι όροι έχουν παρόμοια σημασία, όπως ο όρος χωρικός (spatial). Το επίθετο χωρικός, όμως, αναφέρεται σε κάθε χώρο, όχι μόνο στο χώρο που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης¹ (Longley κ. α. 2010). Ως εκ τούτου, και όπως τονίζουν οι Longley κ. α. (οπ.π.), πολλές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στα συστήματα GIS εφαρμόζονται και σε άλλους μη γεωγραφικούς χώρους, όπως επιφάνειες άλλων πλανητών, ο κοσμικός χώρος, ο χώρος του ανθρώπινου σώματος, ο οποίος αποτυπώνεται σε ιατρικές απεικονίσεις, αλλά και σε αναλύσεις γονιδιακών ακολουθιών DNA.

Υπό την εννοιολογική βάση της ερμηνείας της τελευταίας παραγράφου, ο όρος γεωγραφικά δεδομένα που συναντήσαμε ανωτέρω, χρήζει επαναδιατύπωσης. Αυτό όμως ξεφεύγει από τους σκοπούς του παρόντος θέματος. Παρόλα αυτά, στους χώρους αυτούς που δεν βρίσκονται στην επιφάνεια της γης, μπορεί να συγκαταλεγεί και ένα ναυάγιο, αντικείμενο της παρούσας μελέτης, το οποίο βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Αναπόφευκτα, ως προς την γεωγραφική συνιστώσα ένα ναυάγιο ενδιαφέρει για το σημείο όπου αυτό βυθίστηκε στην επιφάνεια της θάλασσας, ή ακόμη, για το σημείο του υποστρώματος του βυθού όπου αυτό εναποτέθηκε, για τα αντικείμενα στο σημείο που ανασκάπτονται, και την ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτό. Όμως, πέρα από την γεωγραφική διάσταση, η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να εμπίπτει και εντός της σημασίας του όρου που προσδίδει η χωρική διάσταση. Και αυτό καθώς η εφαρμογή που παρουσιάζεται εδώ, μέσα από τη διαχείριση των αρχαιολογικών δεδομένων και πληροφοριών που προέρχονται από το ναυάγιο, μελετά κατ' επέκταση και τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων που ενυπάρχουν εντός των ορίων του ίδιου του ναυαγίου *per se*.

¹ Ένα άλλος όρος που χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο τελευταία είναι ο σύνθετος όρος γεωχωρικός (geospatial) και αποτελεί υποσύνολο του όρου χωρικός. Χρησιμοποιείται συγκεκριμένα για περιοχές κοντά στην επιφάνεια της γης και επάνω σε αυτή (βλ. Longley κ. α. 2010: 36 & 692).

1.1 Δεδομένα και Πληροφορίες

Στην ουσία, τα δεδομένα είναι οι παρατηρήσεις και μετρήσεις στοιχείων, φαινομένων και διεργασιών του πραγματικού κόσμου. Επομένως, εφόσον τα Σ.Γ.Π. αποτελούν αναπαραστάσεις κάποιας όψης του πραγματικού κόσμου, τότε τα δεδομένα αποτελούν την πρώτη ύλη για τη δημιουργία αυτών των αναπαραστάσεων (Κάβουρας κ. α. 2015).

Αναλύοντας τη λέξη «δεδομένα» (λατ. datum – data), αν θέλει κανείς να είναι ακριβής, ετυμολογικά πρόκειται για μετοχή παθητικού παρακειμένου του ρήματος δίδομαι (αρχαία ελλ. δίδωμι). Ο παρακείμενος σαν χρόνος δηλώνει κάτι που έγινε στο παρελθόν αλλά το αποτέλεσμα του εγγίζει και συνεχίζει να επηρεάζει το παρόν. Τα δεδομένα κατά κάποιο τρόπο έχουν δοθεί κάποτε στο παρελθόν, εξακολουθούν να παραμένουν δοσμένα εκεί και προσφέρονται ως τέτοια μέχρι και αυτή τη στιγμή, υπάρχουν στο τώρα. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι, είναι έτοιμα να δωθούν και δεν μένει, λοιπόν, παρά μόνο κάποιος να πάει, να τα πάρει και να τα μελετήσει.

Σημασιολογικά, η λέξη «δεδομένο» κουβαλάει δύο κύριες σημασίες, εκ των οποίων η πρώτη χωρίζεται σε τέσσερις άλλες επί μέρους σημασίες ως εξής: 1α) «αποτελεί κάτι το οποίο έχει δοθεί (κατ' αντιδιαστολή προς κάτι που ζητείται)», 1β) «το αδιαμφισβήτητο στοιχείο», 1γ) «καθετί το οποίο ισχύει μέχρι τώρα» και 1δ) «το στοιχείο που λειτουργεί ως βάση για περαιτέρω σκέψεις ή ενέργειες» (Μπαμπινιώτης 2002 σ. 456). Η δεύτερη βασική σημασία είναι η συνυφασμένη με την επιστήμη της Πληροφορικής και δίνεται ως: 2) «η πεπερασμένη ακολουθία χαρακτήρων, που παριστά κάποια πληροφορία και μπορεί να αξιοποιηθεί από Η/Υ» (οπ.π. σ. 456).

Με την πιο πάνω ανάλυση, γίνεται εύκολα κατανοητό, ότι η πρώτη σημασία της λέξης «δεδομένο», αν και έχει τέσσερις διαφορετικές χρήσεις, αυτές συσχετίζονται σημασιολογικά. Επίσης, δίνει την ευκαιρία στον αναγνώστη να απεγκλωβιστεί από την δεύτερη κύρια σημασία, η οποία κυριαρχεί στην Πληροφορική και επαναλαμβάνεται πλέον στα στόματα σχεδόν μηχανικά, καταδικάζοντας στην λήθη την καταγωγή της λέξης και τον ουσιαστικό λόγο επιλογής της για χρήση στο λεξιλόγιο της σύγχρονης τεχνολογίας. Η πεπερασμένη ακολουθία χαρακτήρων, των δυαδικών ψηφίων δηλαδή, έχει πρωτεύοντα ρόλο έναντι της εσωτερικής ή πρωτογενούς σημασίας των δεδομένων και την επικαλύπτει εννοιολογικά στον τομέα της Πληροφορικής, και άρα και στα πληροφοριακά συστήματα. Ωστόσο, στο πεδίο των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως θα φανεί στη συνέχεια, αυτή η εννοιολογική επικάλυψη προβληματίζει, καθώς η έννοια δεδομένα συγκρούεται με την έννοια πληροφορία.

Σχετικά με τη λέξη «πληροφορία», πρόκειται για λέξη σύνθετη και προέρχεται από το ρήμα πληροφορώ και αυτό με τη σειρά του προκύπτει από το επίθετο πλήρης και το ρήμα φέρω. Οι σημασίες του έχουν ως εξής: 1. «παρέχω (απευθείας) ή μεταδίδω (έμμεσα) σε κάποιον πληροφορίες», 2. «ανακοινώνω σε (κάποιον) ένα νέο, μια είδηση», 3. «-πληροφορημένος- είναι αυτός που έχει ενημερωθεί για (κάτι) ή που είναι γενικά ενημερωμένος» (οπ.π. σ. 1427).

Οπωσδήποτε, κάποιος για να παράσχει, να μεταδώσει ή να ανακοινώσει μια πληροφορία ενός συμβάντος θα πρέπει αυτό να έχει ήδη γίνει. Πριν είναι σε θέση να δοθεί η πληροφορία, θα πρέπει να έχει προϋπάρξει το γεγονός ή το φαινόμενο, ώστε αυτή να μπορέσει να προωθηθεί. Η πληροφορία, σε αντίθεση με τα δεδομένα, δεν προϋπάρχει από μόνη της, αλλά δημιουργείται ως ανάγκη μεταφοράς αυτών που γνωρίζουμε.

Περαιτέρω, σε συνέχεια της εννοιολογικής προσέγγισης της «πληροφορίας», το επίθετο *πλήρης* προερχόμενο από το ρήμα *πληρώ*, έχει δύο βασικές σημασίες, οι οποίες είναι: 1. «*εκπληρώνω*» και 2. «*καλύπτω*»². Το, δε, επίρρημα «*πλήρως*» έχει τις σημασίες: 1. «*κατά τρόπο πλήρη, χωρίς ελλείψεις, χωρίς κενά*» 2. «*ολοκληρωτικά, ολότελα, σε όλη την έκταση*» (οπ.π. σ. 1427). Άρα, μέσα από αυτές τις σημασίες, δηλώνεται ότι η «πληροφορία» δύναται ή και οφείλει να φέρει μαζί της και κάτι ακόμη, κάτι επιπρόσθετο, ώστε να συμπληρώσει κάποιο κενό γνώσης.

Επομένως, γίνεται εμφανής ο εννοιολογικός διαχωρισμός μεταξύ των λέξεων «*δεδομένα*» και «*πληροφορία*», ξεχωρίζοντας την σημασιολογική ουσία της κάθε λέξης. Η πιο πάνω ανάλυση διαχωρίζει την έννοια των δεδομένων από αυτή των πληροφοριών και αποσκοπεί να αναδείξει ότι η λέξη «*δεδομένα*» δεν πρέπει να θεωρείται απλά ως το «πιο συνηθισμένο είδος πληροφοριών» όπως αναφέρουν οι Longley κ. α. (2010, σ. 40). Οι ίδιοι ταυτίζουν τις δύο λέξεις και δηλώνουν, ότι ο όρος πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί «είτε με την στενή είτε με την ευρεία έννοια του όρου». Θεωρούν επίσης ότι «[μ]ε τη στενή έννοια του όρου, μπορούμε να χειριστούμε την πληροφορία ως κενή σημασίας και, επομένως, ουσιαστικά συνώνυμη με τα δεδομένα [...]» (οπ.π., σ. 40).

Με τον διαχωρισμό αυτό παρουσιάζεται το σωστό εννοιολογικό πλαίσιο, μέσα στο οποίο ορίζεται το θέμα της παρούσης εργασίας. Δεν πρέπει να παραγνωρίζεται το γεγονός πως, η επεξεργασία των δεδομένων με τη βοήθεια λειτουργιών των Σ.Γ.Π., όπως η επιλογή, ταξινόμηση, γενίκευση, μετατροπή, κλπ., είναι αυτή που δίνει νόημα στα δεδομένα και τα μετατρέπει σε πληροφορίες. Πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ανθρώπους διαφορετικούς από τους δημιουργούς. Θα πρέπει να τονιστεί ότι, ο μετασχηματισμός των δεδομένων σε χρήσιμες πληροφορίες αποτελεί και μια από τις βασικές λειτουργίες των συστημάτων πληροφοριών, οι οποίες καλλιεργούν τη γνώση και υποστηρίζουν, επίσης, τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Κάβουρας κ. α. 2015).

Επιπρόσθετα, κάθε γεωγραφικό δεδομένο προσδιορίζεται από ορισμένα χαρακτηριστικά, που αφορούν την ποιότητα ενός στοιχείου, και ονομάζονται περιγραφικά, καθώς και ποιοτικά ή θεματικά δεδομένα και άλλα, που αφορούν τη θέση του, τα οποία ονομάζονται χωρικά ή ποσοτικά δεδομένα. Η διάκριση αυτή έχει ουσιώδη σημασία αφού δημιουργεί δύο εντελώς διαφορετικές οπτικές σε όλα

² Στη μεταγενέστερη ελληνική γλώσσα (325 π.Χ. – 330 μ.Χ.) το ρήμα είχε τη σημασία «*επιτελώ / εκτελώ στο πλήρες, φέρω εις πέρας*» (Μπαμπινιώτης 2002).

τα στάδια της διαχείρισης των γεωγραφικών δεδομένων στα πλαίσια ενός Σ.Γ.Π. (Τσουχλαράκη & Αχιλλέως 2015).

Πρέπει, λοιπόν, να τονιστεί ότι τα περιγραφικά δεδομένα, πέραν των ποιοτικών, μπορεί να είναι και ποσοτικά (ή αριθμητικά) δεδομένα, τα οποία όμως χρησιμοποιούνται για το σκοπό της ποιοτικής περιγραφής του στοιχείου και όχι για τον προσδιορισμό της θέσης του στοιχείου. Πιο απλά, μπορεί να ειπωθεί, ότι τα περιγραφικά δεδομένα απαντούν στην ερώτηση «τι είναι;», ενώ τα χωρικά δεδομένα στην ερώτηση «πού είναι;».

Τα δεδομένα αποτελούν τη φυσική απεικόνιση των πληροφοριών, ή αλλιώς, ένα μοντέλο των στοιχείων και φαινομένων του πραγματικού κόσμου, όπως αναφέρθηκε στην αρχή του υποκεφαλαίου. Συνεπώς, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα Σ.Γ.Π. διαφέρουν από άλλα συστήματα πληροφοριών, στο ότι διαχειρίζονται σύνθετες πληροφορίες και σχέσεις του χώρου και χρησιμοποιούνται για να λύσουν χωρικά προβλήματα ή προβλήματα που έχουν κάποια χωρική διάσταση (Κάβουρας κ. α. 2015).



Εικόνα 1: Από τα δεδομένα στις πληροφορίες και έπειτα στη γνώση (Κάβουρας κ. α. 2015, σ. 24)

Έτσι, η βάση δεδομένων που δημιουργείται είναι μία φυσική αποθήκη ποικίλων όψεων του πραγματικού κόσμου που αντιπροσωπεύουν τη γνώση μας σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή (οπ.π.). Τα Σ.Γ.Π. διευκολύνουν την οργάνωση και την αποθήκευση, την πρόσβαση και την ανάκτηση, το χειρισμό, τη σύνθεση και την εφαρμογή της γνώσης για την επίλυση προβλημάτων. Με λίγα λόγια, οδηγούν, εν τέλει, στη κατάκτηση της γνώσης.

2 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Πριν από την εξέλιξη της πληροφορικής υπήρχαν και πάλι πληροφοριακά συστήματα, τα οποία δεν έκαναν χρήση υπολογιστών, όπως για παράδειγμα το σύστημα καρτελών, που εφαρμόζεται ακόμη και σήμερα σε ορισμένες βιβλιοθήκες και σχολεία (Στεφανάκης 2010). Όλα τα πληροφοριακά συστήματα, όπως και το προαναφερόμενο σύστημα καρτελών, σύμφωνα με τον Στεφανάκη (οπ.π.), αποτελούνται από:

- α. το υλικό,
- β. το λογισμικό (και τις πράξεις),
- γ. τα δεδομένα, και
- δ. τους ανθρώπους.

Πλέον, στην σύγχρονη πια εποχή, όπως ο ίδιος συγγραφέας αναφέρει, ένα πληροφοριακό σύστημα υλοποιείται εντός υπολογιστικού συστήματος ηλεκτρονικού περιβάλλοντος και επιδιώκει, να ικανοποιήσει τρεις βασικούς στόχους:

- ✓ να παράγει χρήσιμες πληροφορίες προσθέτοντας αξία στα δεδομένα που φιλοξενεί,
- ✓ να υποστηρίζει τους χρήστες του συστήματος στη λήψη αποφάσεων σε σύνθετα προβλήματα, και
- ✓ να ανταλλάσσει δεδομένα και πληροφορίες με άλλα συστήματα, ώστε να αναβαθμίσει την αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητά του.

Όσον αφορά τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.), ή κατά την αγγλική ορολογία, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, Geographic Information Systems (GIS), πρόκειται για υπολογιστικά πληροφοριακά συστήματα, βασισμένα σε ένα συνδυασμό ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και λογισμικού. Είναι σχεδιασμένα για να υποστηρίζουν μια σειρά από λειτουργίες, εντός των οποίων τη συλλογή, ανάλυση, διαχείριση, επεξεργασία, μοντελοποίηση και απεικόνιση δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο και μεταβάλλονται στο χρόνο.

Ένα Σ.Γ.Π., ουσιαστικά, χαρτογραφεί χωρικά κατανεμημένες πληροφορίες, οι οποίες προέρχονται από δεδομένα αντικειμένων (οντοτήτων) που υφίστανται, ή γεγονότα που συμβαίνουν στην επιφάνεια της γής (και όχι μόνο) (Τσουχλαράκη & Αχιλλέως 2015). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές διοικητικές και παραγωγικές δραστηριότητες, οι οποίες ταξινομούνται στις πιο κάτω βασικές κατηγορίες (Στεφανάκης 2010):

- Κοινωνικο-οικονομικές εφαρμογές (π.χ. πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός, κτηματολόγιο, αρχαιολογία, φυσικοί πόροι, ανάλυση αγοράς, κ.λπ.),
- Περιβαλλοντικές εφαρμογές (π.χ. δασολογία, έλεγχος πυρκαϊών και επιδημιών, κ.λπ.)

- Εφαρμογές διαχείρισης (π.χ. οργάνωση δικτύων ύδρευσης, επικοινωνιών και ενέργειας, μεταφορές, πλοήγηση πλοίων και αεροπλάνων, κ.λπ.).

Ο ρόλος των Σ.Γ.Π. στις παραπάνω εφαρμογές είναι να προσφέρουν στους χρήστες και υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων ισχυρά εργαλεία για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων και όχι πάντα πλήρως δομημένων χωρικών προβλημάτων.

Οι αρχαιολόγοι, προερχόμενοι από θεωρητικό υπόβαθρο, ενώ αναγνωρίζουν την αξία και τις δυνατότητες που προσφέρει η επιστήμη των υπολογιστών, κυριαρχούνται, συνήθως, από τεχνοφοβία σχετικά με την χρήση υπολογιστών, αφού δεν έχουν εξειδικευμένες γνώσεις γύρω από αυτούς. Αυτό συχνά αποτελεί εμπόδιο στην εκμάθηση ή ακόμα και στην αποδοχή των νέων τεχνικών, που έχουν τη δυνατότητα να προάγουν και να διευρύνουν το επιστημονικό γίγνεσθαι της Αρχαιολογίας. Ο κάθε επιστήμονας όσον αφορά τα Σ.Γ.Π. πρέπει να γνωρίζει τις γενικές αρχές τους, αλλά και τα προβλήματα που μπορεί να λύσουν ή να δημιουργήσουν.

2.1 Ιστορική αναδρομή πρώτων Σ.Γ.Π.

Όπως συμβαίνει, συνήθως, σε κάθε ιστορία που αφορά μια ανακάλυψη, έτσι και στην ιστορία των Σ.Γ.Π. οι γνώμες δίστανται για το πού αυτά πρωτοαναπτύχθηκαν, καθώς και για τον εκφραστικότερο ορισμό τους³. Συμβολή στην ανάπτυξη τους είχαν, ταυτόχρονα, η Βόρειος Αμερική, η Ευρώπη, και η Αυστραλία, ενώ ένα μεγάλο μέρος της δημοσιευμένης ιστορίας εστιάζεται στη συνεισφορά των Η.Π.Α (Longley κ. α. 2010). Σαφώς, μικρά βήματα, προερχόμενα από διαφορετικά σημεία, συντέλεσαν στην εξαγωγή απλών μεθόδων, οι οποίες τη δεκαετία του 1960 έδωσαν την απαραίτητη ώθηση στην ανάπτυξη του πρώτου πραγματικού συστήματος GIS, του Καναδικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών CGIS (Canada Geographic Information System) (Johnston 2005· Longley κ. α. 2010· Κάβουρας κ. α. 2015). Επρόκειτο για τις απαρχές υλοποίησης του πρώτου σε πανεθνικό επίπεδο Σ.Γ.Π. για την ανάλυση των δεδομένων του Καναδικού Κτηματολογίου. Μια εξέχουσα και καθόλου κοινότυπη εφαρμογή μέχρι και την δεκαετία του 1980 (Corrock & Rhind 1991).

Η πρώτη αναφορά του όρου GIS έγινε από τον Tomlinson (1968), ο οποίος ανέπτυξε το CGIS κατά τη θητεία του στο ομοσπονδιακό Τμήμα Δασών και Αγροτικής Ανάπτυξης του Καναδά. Ο ίδιος θεωρείται στις μέρες μας, ως ο πατέρας, όχι μόνο του CGIS, αλλά και γενικότερα των Σ.Γ.Π. Βέβαια, πριν από την τελική διατύπωση και καθιέρωση του όρου αυτού από τον Tomlinson, προηγήθηκαν διάφορες έρευνες και δημοσιεύσεις άρθρων του, αναφορικά με την χαρτογράφηση επί υπολογιστή (Tomlinson 1962), που καταδείκνυαν την χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην

³ Για περισσότερες πληροφορίες σχετικές με τον ορισμό και την προέλευση του GIS (βλ. μεταξύ άλλων Maguire 1991; Corrock & Rhind 1991 και Longley κ. α. 2010).

αποθήκευση, επεξεργασία και αξιολόγηση των φυσικών και οικονομικών δεδομένων για την αξιολόγηση περιθωριακών εκτάσεων γης.

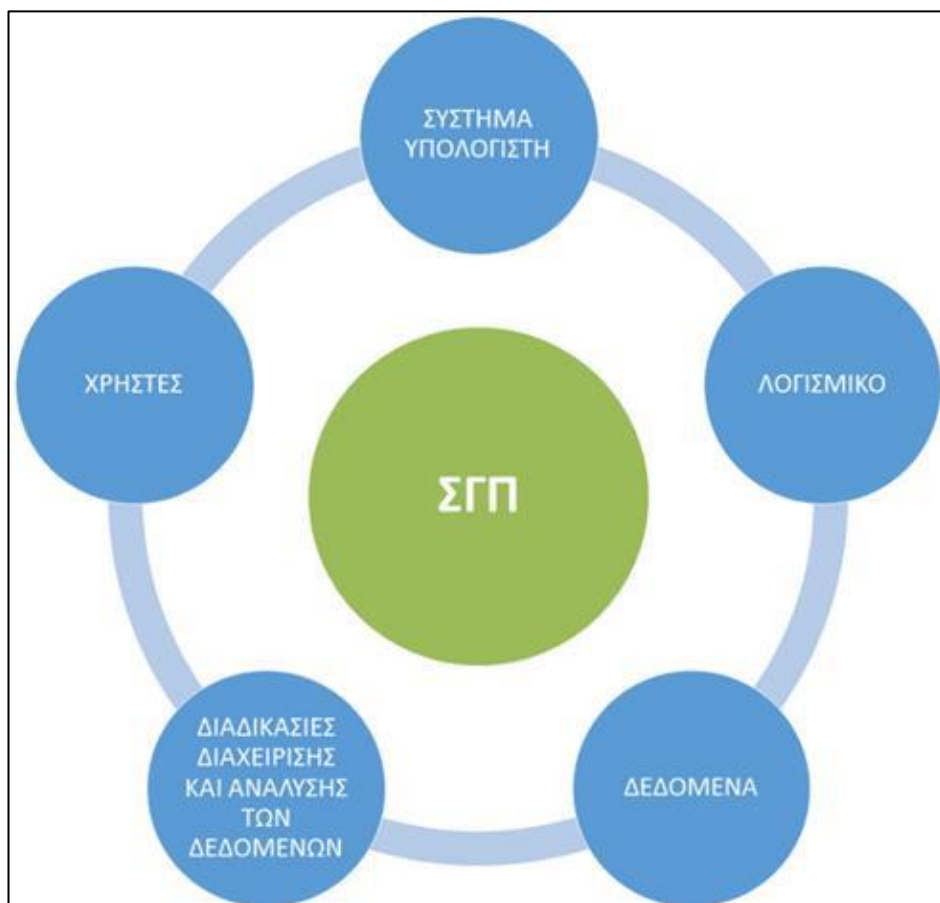
Κατά την εξέλιξη του πιο πάνω συστήματος, ο Tomlinson (1967) χρησιμοποίησε τον όρο Geo-Information System για το Σύστημα Απογραφής Γης του Καναδά (Canada Land Inventory, CLI). Η ακριβής, ωστόσο, χρήση του όρου GIS αποτυπώθηκε για πρώτη φορά από τον ίδιο, ένα χρόνο αργότερα (Tomlinson 1968). Το CGIS σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σαν ένα εργαλείο μέτρησης για την παραγωγή πινακοποιημένων πληροφοριών και όχι ως εργαλείο χαρτογράφησης (Longley κ. α. 2010). Στη συνέχεια, αρκετά κτηματολόγια μεγάλης έκτασης υλοποιήθηκαν, τα οποία έδωσαν ώθηση για την περαιτέρω ανάπτυξη των Σ.Γ.Π.

Ταυτόχρονα με τις πιο πάνω εξελίξεις, προσπάθειες ανάπτυξης λογισμικού χαρτογραφίας (πρόδρομου λογισμικού Σ.Γ.Π.) ξεκίνησαν και στο Εργαστήριο Γραφικών Υπολογιστών του Χάρβαρντ. Από εκεί ξεκίνησαν σημαντικές προσωπικότητες στον χώρο της ανάπτυξης συστημάτων εμπορικού λογισμικού, μεταξύ των οποίων οι Howard Fisher και Jack Dangermond. Ο πρώτος το 1963 ανέπτυξε το πρόγραμμα SYMAP, το πρωτότυπο λογισμικό χαρτογράφησης, σχεδιασμένο για χωρική ανάλυση δεδομένων. Το SYMAP ακολούθησαν το GRID και το IMGRID, όπως, επίσης, και το ODYSSEY GIS προς το τέλος της δεκαετίας του 1970 (Johnston 2005). Ενώ ο δεύτερος ίδρυσε αργότερα την εταιρεία Environmental Systems Research Institute (ESRI) (Κάβουρας κ. α. 2015). Για περισσότερες πληροφορίες και μια ενδελεχή εξιστόρηση των μεγάλων γεγονότων που διαμόρφωσαν τα συστήματα GIS μπορεί κανείς να ανατρέξει στους Longley κ. α. (2010, σσ. 48-51 και Πίνακας 1.4, σ. 52).

2.2 Η Σύνθεση των Σ.Γ.Π.

Ένα Σ.Γ.Π. είναι ένα υπολογιστικό σύστημα, χωρίς να αποτελεί ένα πακέτο λογισμικού που απλά εκτελεί κάποιες λειτουργίες. Είναι ένα σύνθετο σύστημα, που αποτελείται από επιμέρους συστατικά στοιχεία (Κάβουρας κ. α. 2015):

- το σύστημα του υπολογιστή, δηλαδή, το υλικό (hardware) και το λειτουργικό σύστημα (operating system),
- το λογισμικό (software),
- τα χωρικά δεδομένα,
- τις διαδικασίες διαχείρισης και ανάλυσης των δεδομένων,
- τους χρήστες.



Εικόνα 2: Συστατικά στοιχεία ενός Σ.Γ.Π. (Κάβουρας κ. α. 2015, σ. 21)

Συγκεκριμένα, ο υλικός εξοπλισμός και το λογισμικό επηρεάζονται στενά από τις τεχνολογικές εξελίξεις και για το λόγο αυτό έχουν καθορισμένο κύκλο ζωής, αφού αντικαθιστώνται συχνά από νεότερα και πιο σύγχρονα προϊόντα. Τα δεδομένα, από την άλλη, αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα κάθε πληροφοριακού συστήματος. Πρόκειται για το πλέον δαπανηρό συστατικό των Σ.Γ.Π., καθώς η συλλογή τους απαιτεί πολύ χρόνο και προσπάθεια. Παράλληλα, τα περισσότερα γεωγραφικά δεδομένα είναι δυναμικά και απαιτούν συνεχείς ενημερώσεις (Στεφανάκης 2010).

Ένα Σ.Γ.Π. αποτελείται, επομένως, από εξοπλισμό Η/Υ και το λογισμικό το οποίο επιτρέπει στους χρήστες μια σειρά από λειτουργίες, όπως εισαγωγή, αποθήκευση, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μετασχηματισμό, ανάκτηση, μέτρηση, συνδυασμό, κερματισμό και απεικόνιση χωρικών ή γεωγραφικών δεδομένων. Δεδομένα, τα οποία έχουν ψηφιοποιηθεί και έχουν καταχωρηθεί σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων. Για να υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν όλες οι παραπάνω διεργασίες, τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί σε ένα Σ.Γ.Π. θα πρέπει να περιέχουν πληροφορίες για τη θέση τους στο χώρο (σαφή θέση μιας οντότητας στο χώρο), όπως, επίσης, και για τις ιδιότητες τους (Johnston 2005). Οι διαδικασίες αυτές υποστηρίζονται από ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων – Σ.Δ.Β.Δ. (Database Management System - DBMS) και προσφέρονται από όλα τα πακέτα λογισμικού, το περιβάλλον των οποίων παρέχει διαφορετικές διεπαφές για τον χρήστη (Κάβουρας κ. α. 2015).

Πέραν τούτου, τα Σ.Γ.Π έχουν την ιδιαιτερότητα να διαχειρίζονται και να επεξεργάζονται δεδομένα με χωρική και θεματική διάσταση, οι οποίες μεταβάλλονται στο χρόνο. Αυτή είναι και μια πολύ βασική παράμετρος, που εξετάζεται στην παρούσα εργασία. Τα σύγχρονα πακέτα Σ.Γ.Π. διαχειρίζονται ικανοποιητικά τη χωρική και θεματική διάσταση των γεωγραφικών οντοτήτων, ενώ έμμεσα (μερικώς) διαχειρίζονται τις χρονικές τους μεταβολές (Στεφανάκης 2010). Σε συνδυασμό με την ικανότητα των συστημάτων Σ.Γ.Π. να συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των Βάσεων Δεδομένων (Β.Δ.) με την δυνατότητα ρεαλιστικής οπτικοποίησης και την καταγεγραμμένη χωρική πληροφορία των χαρτών, τα καθιστούν μοναδικά εργαλεία στην χωρική ανάλυση και τα διαφοροποιούν από άλλα παρεμφερή συστήματα διαχείρισης πληροφοριών (Johnston 2005-Τσουχλαράκη & Αχιλλέως 2015).

Συνεπώς, τα Σ.Γ.Π. πρέπει να μπορούν τουλάχιστον να παρέχουν τα πιο κάτω (Johnston 2005, σ. 13):

- Εισαγωγή δεδομένων, διόρθωση και διαχείριση τους
- Αποθήκευση δεδομένων και ανάκτηση
- Εκτέλεση ερωτήσεων για άντληση (εξόρυξη) πληροφοριών βασισμένες στις ιδιότητες των δεδομένων, στη θέση τους στο χώρο και στη μεταβολή τους στο χρόνο ή συνδυασμό αυτών
- Δημιουργία βάσεων δεδομένων βασισμένων στις παραπάνω ερωτήσεις
- Παραγωγή πινακοποιημένων, γραφικών και ψηφιακών εξαγόμενων

Επιπρόσθετα, τα Συστήματα αυτά οφείλουν να έχουν μια αποτελεσματική απόδοση (π.χ. ταχεία απόκριση), ώστε να υποστηρίζουν τις ανάγκες των χρηστών σε ένα περιβάλλον παραγωγής (Στεφανάκης 2010) ή διαχείρισης εκτεταμένου όγκου δεδομένων.

3 Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων

Η εποχή της πληροφορικής στο ξεκίνημα της έφερε επανάσταση στην αποθήκευση και στην διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, τα οποία προηγουμένως μπορούσαν να ανακτηθούν μόνο με χρονοβόρες χειροκίνητες μεθόδους (Johnston 2005). Κυβερνητικοί οργανισμοί και γραφεία, δημιούργησαν ψηφιοποιημένες κεντρικές αποθήκες πληροφοριών για την αποθήκευση και τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων. Τα αρχεία αυτά ήταν και οι πρώτες Βάσεις Δεδομένων (Β.Δ.). Με τον όρο Βάση Δεδομένων, καλείται ένα οργανωμένο και ολοκληρωμένο σύνολο δεδομένων, που περιγράφουν και αφορούν ένα συγκεκριμένο θέμα (Στεφανάκης 2010· Longley κ. α. 2010· Κάβουρας κ. α. 2015).

Από τις πιο πάνω παραγράφους εξάγεται ως συμπέρασμα, ότι μια Β.Δ. δημιουργείται και συντηρείται είτε χειρόγραφα (π.χ. βιβλία υποθηκοφυλακείων, έντυπα διαγράμματα κτηματολογίου), είτε με τη χρήση Η/Υ. Επίσης, και ότι η δυσκολία σύνδεσης των δεδομένων με γεωγραφική πληροφορία υπήρξε μεγάλη, καθώς τα δεδομένα και η πληροφορία που σχετιζόταν με τον χώρο αποθηκεύονταν, συνήθως, ως τμήματα αρχείων με περιγραφικό χαρακτήρα, δίνοντας π.χ. ονόματα επαρχιών ή διασταυρώσεις, παρά συντεταγμένες (Johnston 2005).

Πλέον, όλα τα μεγάλα λειτουργικά συστήματα GIS δομούνται πάνω στα θεμέλια μιας Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων (Β.Γ.Δ.). Πιο αναλυτικά, μια Β.Γ.Δ. ονομάζεται έτσι, όταν τα κύρια δεδομένα της συνδέονται με μια συγκεκριμένη θέση στον γεωγραφικό χώρο μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων (Κάβουρας κ. α. 2015). Στην εποχή μας, μια Β.Δ. σε Η/Υ υλοποιείται και συντηρείται από μια ομάδα προγραμμάτων και ειδικών για το σκοπό αυτό εφαρμογών, και από ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Σ.Δ.Β.Δ.) (Στεφανάκης 2010), τα οποία θα δούμε λίγο πιο κάτω. Πάντως, οι περισσότεροι μεγάλοι οργανισμοί σήμερα χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό αρχείων και Σ.Δ.Β.Δ. για την αποθήκευση των δεδομένων τους (Longley κ. α. 2010).

Συνηθισμένος όρος, ο οποίος χρησιμοποιείται εξίσου συχνά με αυτόν της Β.Γ.Δ., είναι και η Γεωβάση. Επίσης, στον «κόσμο» των Β.Γ.Δ., αρκετά συχνά συναντάει κανείς τον όρο χωρικός, που, όπως τονίστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, αναφέρεται σε δεδομένα σχετικά με το χώρο. Οι Κάβουρας κ. α. (2015) διευκρινίζουν, πως η Β.Γ.Δ. διαφέρει από μια Βάση Χωρικών Δεδομένων (Β.Χ.Δ.) στο ότι, τα δεδομένα της δεύτερης, μπορούν να αναφέρονται και σε χώρο μη γεωγραφικής κλίμακας.

Στην βιβλιογραφία οι όροι Β.Γ.Δ. και Β.Χ.Δ. δεν είναι τόσο διαδεδομένοι, κατά την άποψη του συγγραφέα, και, ίσως, ο δεύτερος όρος να χρησιμοποιείται ακόμη πιο σπάνια. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, είτε παραλείπεται να αναφερθεί ως Β.Χ.Δ., είτε αναφέρεται απλά ως Β.Δ. Ωστόσο, και για τους δύο όρους έχει επικρατήσει η αναφορά τους μόνο ως Β.Δ., χωρίς διευκρινιστικό μεσαίο επίθετο, εφόσον, εξάλλου, χρησιμοποιούνται εντός περιβάλλοντος GIS. Επίσης, σχεδόν πάντοτε, τα δεδομένα εντός αυτών των Β.Δ. χαρακτηρίζονται ως χωρικά,

επικαλύπτοντας ή ενσωματώνοντας ο όρος χωρικός, αυτή τη φορά, την σημασία του όρου γεωγραφικός.

Προχωρώντας, οι Β.Γ.Δ. σχεδιάζονται, δημιουργούνται και συντηρούνται με τέτοιο τρόπο, που τους επιτρέπει να μπορούν να στηρίζουν τις διαδικασίες ανάλυσης, εξαγωγής συμπερασμάτων και λήψης αποφάσεων, οι οποίες συντελούνται στο πλαίσιο των Σ.Γ.Π. (Κάβουρας κ. α. 2015). Σε σχέση με τα απλά αρχεία δεδομένων, οι Β.Γ.Δ. προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως (οπ.π.):

- εφαρμογή ενός αποτελεσματικότερου τρόπου οργάνωσης των δεδομένων, αποφεύγοντας την αποθήκευση περιττών πληροφοριών,
- γρηγορότερη και ευκολότερη ενημέρωση και αναζήτηση δεδομένων,
- ταυτόχρονη προσπέλαση της ίδιας ΒΓΔ από πολλούς χρήστες, εξοικονομώντας χρόνο και διευκολύνοντας τη διαχείριση των δεδομένων,
- ανάπτυξη Σ.Γ.Π. ανεξάρτητα από τη Β.Γ.Δ.,
- χρήση της ίδιας Β.Γ.Δ. από πολλά και διαφορετικά Σ.Γ.Π..

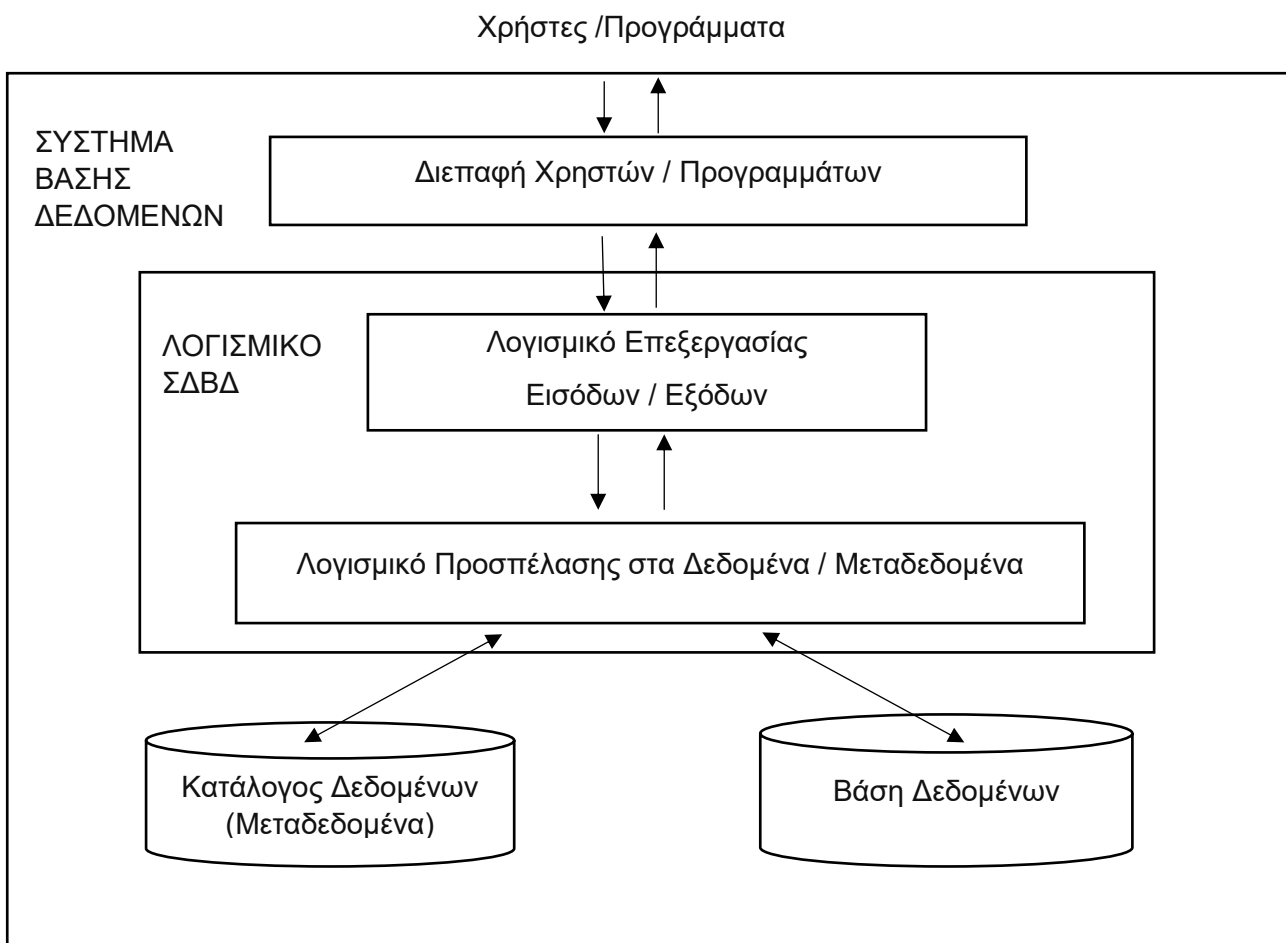
3.1 Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Γεωγραφικών Δεδομένων

Τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Σ.Δ.Β.Δ.), ή αγγλικά Database Management System (DBMS), έχουν αναπτυχθεί ως ειδικές εφαρμογές λογισμικού για τη δημιουργία και τη διαχείριση Β.Δ. Μια Β.Δ. με το λογισμικό διαχείρισης της Σ.Δ.Β.Δ., καλούνται μαζί Σύστημα Βάσης Δεδομένων (Σ.Β.Δ.) (Στεφανάκης 2010). Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός απλοποιημένου Σ.Β.Δ., το οποίο αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα ως εξής (οπ.π.): α) τη διεπαφή χρηστών και προγραμμάτων, β) το Σ.Δ.Β.Δ. που διαιρείται σε 2 επί μέρους λογισμικά 1. αυτό της επεξεργασίας εισόδων/εξόδων διεπαφής και 2. αυτό της προσπέλασης στα δεδομένα και μεταδεδομένα, γ) τη Β.Δ., και δ) την περιγραφή δεδομένων της Βάσης (κατάλογος δεδομένων-μεταδεδομένων).

Ο Στεφανάκης (2010) επεξηγεί ότι, τα Σ.Δ.Β.Δ. είναι ένα γενικής χρήσεως σύστημα λογισμικού που διευθετεί τις διαδικασίες ορισμού, κατασκευής και χειρισμού Βάσεων Δεδομένων. Ο ίδιος διευκρινίζει τις τρεις αυτές διαδικασίες, αναφέροντας, ότι ο μεν ορισμός αφορά την προδιαγραφή των τύπων δομών και των περιορισμών, σχετικά με τα δεδομένα που πρόκειται να αποθηκευτούν στην Βάση. Η δε κατασκευή μιας Βάσης αφορά στην αποθήκευση των δεδομένων σε κάποιο μέσο αποθήκευσης, που ελέγχεται από Σ.Δ.Β.Δ. Και τέλος, ο χειρισμός μιας Β.Δ. αφορά την υποβολή ερωτήσεων για ανάκτηση δεδομένων από τη Βάση, ενημέρωση των δεδομένων ή/και παραγωγή αναφορών για τα δεδομένα της.

Τα Σ.Δ.Β.Δ. επιτρέπουν στους χρήστες την αποτελεσματική και οργανωμένη αποθήκευση, τη συνεκτικότητα, καθώς και την εύκολη και ελεγχόμενη προσπέλαση δεδομένων (Κάβουρας κ. α. 2015) και συνηθέστερες λειτουργίες που παρέχουν είναι (οπ.π.):

- Λειτουργίες ή εργαλεία για τη μαζική εισαγωγή δεδομένων στη βάση. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται να προηγηθεί μετατροπή των δεδομένων προς εισαγωγή σε μορφή συμβατή προς το ΣΔΒΔ.
- Γλώσσα ερωτημάτων για την υποβολή ερωτημάτων/εντολών προς τη ΒΔ. Συνήθως, τα περισσότερα ΣΔΒΔ υποστηρίζουν τη δομημένη γλώσσα ερωτημάτων SQL (Structured Query Language).
- Μηχανισμοί δεικτοδότησης για την επιτάχυνση της διαδικασίας αναζήτησης στη ΒΔ.
- Μηχανισμός ασφαλείας για την ελεγχόμενη πρόσβαση στα δεδομένα.
- Μηχανισμός ανάκτησης δεδομένων σε περίπτωση βλάβης του συστήματος.
- Ειδικά εργαλεία για εύκολη/καθοδηγούμενη δημιουργία και ενημέρωση των δεδομένων.
- Ειδικά εργαλεία για τη δημιουργία διεπαφών (interfaces) προσπέλασης, παρουσίασης και εκτύπωσης.



Εικόνα 3: Σχήμα Αρχιτεκτονικής ενός Συστήματος Βάσης Δεδομένων (Στεφανάκης 2010, σ. 42)

Επιπρόσθετα, τα Σ.Δ.Β.Δ. χρησιμοποιούν συγκεκριμένα μοντέλα με τα οποία αναπαρίστανται τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου στον χώρο του υπολογιστή. Ανάλογα με το είδος του μοντέλου αυτού, τα Σ.Δ.Β.Δ. κατηγοριοποιούνται σε:

- σχεσιακά,
- αντικειμενοστραφή,
- αντικειμενο-σχεσιακά.

Τα Συστήματα Διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων (Σ.Δ.Σ.Β.Δ.) ή αλλιώς Relational Database Management System (RDBMS), στη βιβλιογραφία συναντώνται και ως Σχεσιακή Βάση Δεδομένων (βλ. Longley κ. α. 2010, σ. 349). Η μοντελοποίηση τους επιτυγχάνεται μέσω ενός συνόλου πινάκων, που ορίζουν σχέσεις μεταξύ των δεδομένων. Κάθε σχέση μοντελοποιείται ως ένας πίνακας εγγραφών με συγκεκριμένο όνομα και αριθμό στηλών, οι οποίες αντιστοιχούν στις ιδιότητες της σχέσης των υπό εξέταση αντικειμένων. Οι εγγραφές σε κάθε πίνακα αναπαριστούν τις διάφορες περιπτώσεις (instances) δεδομένων (Κάβουρας κ. α. 2015).

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έγινε βάσει του σχεσιακού είδους Σ.Δ.Β.Δ., το οποίο θα είναι και το μόνο από τα παραπάνω που θα αναφερθεί σε αυτό το σημείο. Για αναλυτικότερη προσέγγιση των υπολοίπων ειδών μοντέλων αναπαράστασης δεδομένων των Σ.Δ.Β.Δ., ο αναγνώστης παραπέμπεται σε εξειδικευμένα συγγράμματα (Στεφανάκης 2010, σ. 121· Longley κ. α. 2010, σσ. 306 & 349).

Συνεχίζοντας, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι τα περισσότερα πακέτα λογισμικού GIS επιτρέπουν την εκτέλεση ερωτημάτων σχετικά με τα θεματικά και χωρικά χαρακτηριστικά. Τα θεματικά ερωτήματα βασίζονται στην δομημένη γλώσσα ερωτημάτων, που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση δεδομένων σε σχεσιακές βάσεις SQL (Κάβουρας κ. α. 2015· Scianna & Villa 2011). Η SQL είναι μια υπολογιστική γλώσσα Βάσεων Δεδομένων, σχεδιασμένη για ανάγνωση, τροποποίηση και διαχείριση δεδομένων αποθηκευμένων μέσα σε ένα σύστημα βασισμένο σε σχεσιακό μοντέλο, ώστε να δημιουργεί και να τροποποιεί λίστες καρτελών της Β.Δ. καθώς και να δημιουργεί και να διαχειρίζεται εργαλεία ελέγχου δεδομένων και πρόσβασης (Scianna & Villa 2011).

Το μεγάλο πλεονέκτημα της SQL και του σχεσιακού μοντέλου συνίσταται στη δυνατότητα ταυτόχρονης εξαγωγής πληροφοριών από διάφορους πίνακες. Τα χωρικά ερωτήματα εκμεταλλεύονται τοπολογικές σχέσεις μεταξύ ιδιοτήτων του μοντέλου vector (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) (οπ.π.). Οι συναρτήσεις SQL που στοχεύουν στον έλεγχο των τοπολογικών σχέσεων μεταξύ των διαφόρων τύπων γεωγραφικών δεδομένων επιστρέφουν την τιμή TRUE εφόσον η συνθήκη που ελέγχεται είναι αληθής. Οι βασικότερες εξ' αυτών των συναρτήσεων είναι: equals, disjoint, intersects, touches, crosses, within, contains, overlaps, relate. Το, δε, βασικό ερώτημα SELECT, συνδυαζόμενο με τους όρους FROM και WHERE αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της ανάκτησης δεδομένων από σχεσιακές Β.Δ. (Scianna & Villa 2011· Κάβουρας κ. α. 2015).

Ένα Σ.Γ.Π. είναι κατάλληλο να αναλύσει ερωτήσεις χωρικής φύσεως (δηλαδή, που έχουν σχέση με τον πραγματικό τρισδιάστατο χώρο), ερωτήσεις στις οποίες, η θέση μιας αρχαιολογικής οντότητας, συσχετιζόμενης με άλλα κατάλοιπα και τον περιβάλλοντα χώρο στον οποίο βρίσκεται, ενδέχεται να επηρεάζει την αρχαιολογική πληροφορία. Παραδείγματος χάριν, τα Σ.Γ.Π. μπορούν να ανταποκριθούν μέσω SQL ερωτημάτων στην εξόρυξη αρχαιολογικών πληροφοριών, που να απαντούν, μεταξύ άλλων, στις πιο κάτω ερωτήσεις:

- Πού συγκεκριμένα υπάρχει πυκνή συγκέντρωση αρχαιολογικών ευρημάτων;
- Πού βρίσκεται το αντικείμενο A σε σχέση με το αντικείμενο B;
- Πώς σχετίζεται η εξάπλωση καταλοίπων ή οικισμών σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες 1,2,3.
- Πώς έχει μεταβληθεί η συγκέντρωση των ευρημάτων κατά τη διάρκεια μια ανασκαφής;
- Πώς σχετίζονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες με την επιλογή εγκατάστασης ή εγκατάλειψης.
- Αν ο τοπικός περιβαλλοντικός παράγοντας μεταβληθεί, πώς θα επηρεάσει έναν αρχαιολογικό χώρο ή μια ανασκαφή;
- Ποια η πιθανή πορεία ενός π.χ. μη ανεσκαμμένου αρχαίου αγωγού από την υδάτινη πηγή έως και εντός των τειχών μιας πόλεως, βάσει των επιφανειακών ευρημάτων;

4 Σ.Γ.Π. και Βάσεις Δεδομένων στην Αρχαιολογία

Παρόλο που τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών συχνά και εύλογα θεωρούνται τομέας των Γεωγράφων και Τοπογράφων, λόγω της επιστημονικής προέλευσης τους, εντούτοις, πέραν της εγγύτητας τους σε κάποιο πεδίο, λόγω επιστημονικής «καταγωγής» ή «συγγένειας», αυτό που πρέπει να εξετάζεται είναι το πως γενικά οι επιστημονικές ανάγκες εξυπηρετούνται από τις δυνατότητες που παρέχονται μέσω αυτών και από κάθε τεχνολογία, γενικότερα.

Οι απεριόριστες δυνατότητες των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών εδώ και δεκαετίες συνεισφέρουν πάρα πολλά στην αρχαιολογική πρακτική, από την ανασκαφή, στη μελέτη των αρχαιολογικών καταλοίπων, στη διαχείριση και, τέλος, στην παρουσίαση του πολιτισμικού πλούτου στο επιστημονικό και στο ευρύ κοινό. Παράλληλα, οι τεχνολογικές εξελίξεις, που υποστηρίζονται μέσω των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως, π.χ. αυτές στο χώρο της φωτογραμμετρίας, δορυφορικής τηλεπισκόπησης κ.α., τα τελευταία χρόνια έχουν δώσει μία νέα διάσταση, τόσο στην αρχαιολογική έρευνα, όσο και στον τρόπο διαχείρισης των πολιτισμικών μνημείων.

4.1 Ανάγκες Καταγραφής στην Αρχαιολογία

Η διαδικασία της προστασίας και της διατήρησης αρχαιολογικών – πολιτιστικών αντικειμένων, δεν είναι ένα απλό θεωρητικό πρόβλημα. Αντιθέτως, η επιστήμη της Αρχαιολογίας βρίσκεται συνεχώς αντιμέτωπη με το πρόβλημα της καταγραφής και μελέτης των σημαντικών κινητών και μη κινητών καταλοίπων της αρχαιότητας. Η διατήρηση της αρχαιολογικής πληροφορίας, δίνει τη δυνατότητα στον αρχαιολόγο να διατυπώσει ιστορικό λόγο. Συνεπώς, η καταγραφή, κατά τη διάρκεια της ανασκαφής, καθώς, επίσης, και μετά από αυτήν, μέσω διαφόρων διαθέσιμων στις μέρες μας τεχνικών καταγραφής και αρχειοθέτησης, κρίνεται απαραίτητη και αναγκαία.

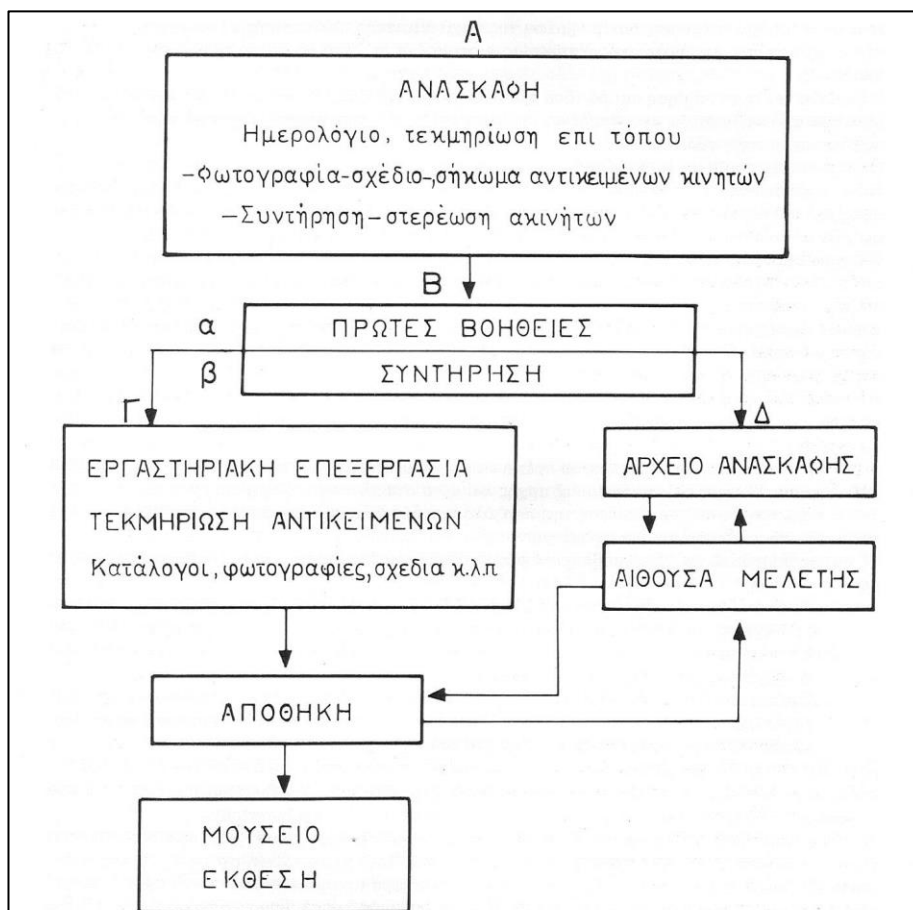
Αρχικά αξιωματικά, ότι η Αρχαιολογία είναι μια ανθρωπιστική επιστήμη που συνεχώς εξελίσσεται, διευρύνει το πεδίο δράσης της και θέτει νέους προβληματισμούς και στόχους. Κύριο μέλημα της είναι να επιχειρεί νέες ερμηνείες για τις ζωές των ανθρώπων κατά το παρελθόν και να αναζητά τρόπους για την καλύτερη διαχείριση και γνωριμία της αρχαιολογικής κληρονομιάς από το σύνολο της σύγχρονης κοινωνίας. Μέσα στα πιο πάνω πλαίσια, η Αρχαιολογία χρησιμοποιεί πολλές και διαφορετικές επιστημονικές μεθόδους και τεχνικές για να απαντήσουν στα ερωτήματα που τίθενται για το παρελθόν. Η κατεξοχήν και κύρια μέθοδος είναι η ανασκαφή, πράξη επιστημονική, που καταγράφει προσεκτικά κάθε τι που βγαίνει από το χώμα, έχοντας ως τελικό στόχο την προσέγγιση της ανθρώπινης ψυχής.

Η αρχαιολογική ανασκαφή, γενικότερα, δεν είναι ένα κυνήγι χαμένου θησαυρού, παρά το ότι ο περισσότερος κόσμος τη βλέπει ως μια ρομαντική περιπέτεια, με προορισμό το μυστηριώδες παρελθόν. Αλλά, είναι η προσπάθεια των αρχαιολόγων να μετατρέψουν το χώμα σε ιστορικό λόγο (Χουρμουζιάδης 1999). Ενδιαφέρον, λοιπόν, για τον αρχαιολόγο δεν είναι ό,τι λάμπει ούτε ό,τι διαθέτει καλλιτεχνική μορφή και προκαλεί αισθητική συγκίνηση, αλλά καθετί που παρέχει πληροφορία, (Θεοδοσοπούλου 1999), η αξία της οποίας, σαφώς, υπερβαίνει την χρηματική.

Συχνά, οι αρχαιολόγοι χαρακτηρίζουν την ανασκαφική μέθοδο ως καταστροφή, αφού πρόκειται για μια κατάσταση απώλειας των επάλληλων στρωμάτων χώματος που διαμορφώθηκαν μέσα στο χρόνο και τα οποία διαταράσσονται μια για πάντα. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι μια ανασκαφή ισοδυναμεί με μια καταστροφή, για ότι αυτή η γη φύλαξε για χρόνια, στοργικά (Σακελλαράκης 2006). Με απώτερο σκοπό τη διαφύλαξη της αρχαιολογικής πληροφορίας, όλα στην ανασκαφή αποβλέπουν στη λιγότερη δυνατή καταστροφή των πραγμάτων, την καλύτερη δυνατή καταγραφή των συνθηκών στις οποίες βρέθηκαν (οπ.π.). Από το ταραγμένο χώμα βγαίνουν εργαλεία, αγγεία σπασμένα, ειδώλια, κόκαλα, χρυσά βραχιόλια, ερείπια σπιτιών, τάφοι ανθρώπων (Χουρμουζιάδης 1999), πολιτιστικά αντικείμενα που ποικίλουν σε μέγεθος, σχήμα, μορφολογική πολυπλοκότητα και ο χρόνος για τις απαραίτητες μετρήσεις είναι τις περισσότερες φορές ελάχιστος (Παυλίδης κ.α., 2014).

Επιπλέον, από τη στιγμή της ανασκαφής τα αρχαιολογικά ευρήματα εκτίθενται σε μια προοδευτική και συχνά μη αντιστρέψιμη διαδικασία αλλοίωσης, που μπορεί να καταλήξει σε μερική ή και ολοκληρωτική καταστροφή. Αλλά, και μετά την ανασκαφή το αντικείμενο εκτίθεται σε ένα πλήθος νέων περιβαλλοντικών επιθέσεων (π.χ. φυσικοχημική και τουριστική μόλυνση), όπου, σε πολλές περιπτώσεις, η φθορά του αντικειμένου είναι αναπόφευκτη και πραγματοποιείται σε πολύ σύντομο, σε σχέση με την ηλικία του, χρονικό διάστημα (Laboury κ. α. 2002).

Για την αντιμετώπιση της σταδιακής και ανήκεστης φθοράς, οι αρχαιολόγοι παραδοσιακά χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές καταγραφής και αρχειοθέτησης, μέσω των οποίων γίνεται απεικόνιση του αντικειμένου, όπως είναι αυτές της σχεδίασης, ζωγραφικής και φωτογράφισης. Παρόλα αυτά, η πραγματοποίηση αυτών των σχεδίων γίνεται με αργούς ρυθμούς, παρουσιάζοντας το μειονέκτημα της δύσκολης προσαρμογής σε τεχνικές διαχείρισης και οργάνωσης (Trauneker, 1987 και Loeben 1996 στο Παυλίδης κ. α. 2014). Έπειτα, στη δισδιάστατη απεικόνιση, η οπτική γωνία και το μέσο απεικόνισης εμπεριέχουν ένα βαθμό σφάλματος.



Εικόνα 4: Σχήμα διαδοχικής επεξεργασίας ευρημάτων από την ανασκαφή έως και τη μουσειακή έκθεση και τη δημοσίευση (Μαζαράκης - Αινιάν 2015)

Περίληπτικά των πιο πάνω, αν αναφερθεί στο σημείο αυτό, πως για τη διατήρηση των σημαντικών πληροφοριών για την επιστήμη της Αρχαιολογίας πρέπει να αντιμετωπιστούν οι εξής προκλήσεις:

1. Οι προκλήσεις στο πεδίο κατά την διάρκεια μιας ανασκαφής είναι:
 - α. επαγρύπνηση για την επιτόπου καταγραφή της αρχαιολογικής πληροφορίας (Ημερολόγιο)
 - β. η λιγότερο δυνατή καταστροφή των ανασκαπτομένων ευρημάτων
 - γ. η καλύτερη δυνατή τεκμηρίωση πλαισίου ευρήματος – συνθηκών αποκάλυψης (Φωτογραφία – σχέδιο).
2. Στο εργαστηριακό περιβάλλον εκτός ανασκαφής οι προκλήσεις έχουν ως ακολούθως:
 - α. καταγραφή - περιγραφή με ακρίβεια και αρχειοθέτηση
 - β. υψηλής πιστότητας δημοσίευση αντικειμένου στην κατάσταση που αυτό έχει διασωθεί
 - γ. μουσειακή έκθεση - ανάδειξη και προβολή αυτούσιου του αντικειμένου
 - δ. εικονική διατήρηση και προστασία αντικειμένου.
3. Κοινές προκλήσεις και στις δύο περιπτώσεις:
 - α. επιτόπου συντήρηση ακινήτων ευρημάτων / η καλύτερη δυνατή προστασία - συντήρηση εκτός ανασκαφής από τη φθορά νέου περιβάλλοντος και χρόνου

β. διαχείριση χρόνου για τις απαραίτητες μετρήσεις αλλά προσαρμοστικότητα στην πραγματοποίηση της καταγραφής λόγω ποικιλίας, πολυπλοκότητας και πολυμορφίας των ευρημάτων

γ. πιστότητα - ακρίβεια στην περιγραφή των αντικειμένων.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι ανωτέρω διαφορετικής φύσεως προκλήσεις, αλλά και τα προβλήματα της καταγραφής της αρχαιολογικής πληροφορίας, της πιστότητας και της χρονικής καθυστέρησης στην περιγραφή των ευρημάτων, οι φορείς που είναι υπεύθυνοι για την αρχειοθέτηση και την διατήρηση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς στρέφονται προς την αξιοποίηση και άλλων επιστημονικών μεθόδων και των νέων τεχνολογιών μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπως θα φανεί στην συνέχεια.

4.2 Υιοθέτηση Σ.Γ.Π. και Βάσεων Δεδομένων στην Αρχαιολογία

Εδώ και μερικά χρόνια, όπως υπογραμμίζεται από τον , στο εξοπλιστικό πρόγραμμα ενός αρχαιολογικού εργαστηρίου μιας ανασκαφής θεωρείται απαραίτητη η ηλεκτρονική υποστήριξη και εγκατάσταση ενός ηλεκτρονικού συστήματος, το οποίο πρέπει να αναλαμβάνει, με την βοήθεια των ανάλογων προγραμμάτων, την άμεση καταγραφή της ανασκαφικής πληροφορίας και την επεξεργασία της. Πρέπει, επίσης, να είναι σε θέση να την υποστηρίζουν οι προσεγμένες Βάσεις Δεδομένων που κατασκευάζονται με την βοήθεια του ηλεκτρονικού αυτού συστήματος. Βέβαια, εξακολουθούν μέχρι τις μέρες μας να υπάρχουν και οι απόψεις που εκφράζονται με σκεπτικισμό, απορρίπτοντας την ανάγκη για τεχνολογική υποστήριξη ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Αρχαιολογία, και ιδιαίτερα στο ανασκαφικό αρχαιολογικό έργο. Αυτό αποτελεί μεγάλο λάθος, καθώς ο υπολογιστής δε χρησιμεύει μόνο για την αρχειοθέτηση κάποιων παρατηρήσεων ή για την καταχώρηση κάποιων πληροφοριών μέσα από το χειρισμό ενός πληκτρολογίου, αλλά μέσα από ειδικά προγράμματα παρέχει, τελικά, βοήθεια στους αρχαιολόγους στο επίπονο έργο της τεκμηρίωσης της αρχαιολογικής πληροφορίας (οπ.π.).

Ο Χουρμουζιάδης (οπ.π. σ. 42) δίνει, μέσω ενός απλού παραδείγματος, μια μάλλον emphaticή απάντηση σε όσους επιμένουν ότι η Αρχαιολογία δεν χρειάζεται ηλεκτρονική υποστήριξη, και σηματοδοτεί την ανάγκη της χρήσης των Σ.Γ.Π., περικλείοντας, ταυτόχρονα, το όλο νόημα, το κίνητρο αλλά και την ενδεχόμενη συνεισφορά της παρούσας εργασίας.

«Τα ευρήματα βρίσκονται πάνω στο ανασκαφικό δάπεδο με κάποια λογική την οποία είναι δυνατό ο αρχαιολόγος να συλλάβει εμπειρικά. Τα αντικείμενα είναι κατανεμημένα με ένα ρυθμό. Αυτόν ακριβώς τον ρυθμό δεν είναι δυνατόν να τον κατανοήσουμε βλέποντας και καταγράφοντας με το φτωχό μολυβάκι μας. Επομένως, θα πρέπει να βοηθηθούμε, για την εκλογίκευση αυτής της κατανομής και την ερμηνεία της, από ένα μηχανισμό, που θα μας δώσει τη δυνατότητα να αποφύγουμε τα λάθη και τελικά να διατυπώσουμε ένα συμπέρασμα που θα υποστηρίζεται από ένα αξιόπιστο εργαστηριακό επιχείρημα. Και όχι

από ένα επιχείρημα αυθαίρετο και εμπειρικό. Καταγράφοντας, λοιπόν, τα ευρήματα με το ρυθμό και με την τοπική σχέση που αποκαλύπτονται, ο υπολογιστής μπορεί τελικά να μας οδηγήσει σε ένα συμπέρασμα που ερμηνεύει τον τρόπο με τον οποίο τα αντικείμενα βρίσκονται μέσα στο χώμα. Μας δίνει, δηλαδή, τη σημασία μιας ανάλυσης που κάνει μόνος του, βέβαια πάντοτε με βάση τις δυνατότητες του προγράμματος και τις εντολές που δίνει ο χειριστής του, στην προκειμένη περίπτωση ο αρχαιολόγος».

Συνεπώς, οι αρχαιολόγοι συλλέγουν συνεχώς χωρικά δεδομένα μαζί με τα αντικείμενα που αποκαλύπτουν. Αυτή η χωρική πληροφορία, όχι μόνο καλύπτει μεγάλες εκτάσεις, αλλά και μπορεί να εκτείνεται σε πολλά στρώματα της θέσης. Λόγω του «πλεονάσματος» αυτού της χωρικής πληροφορίας, το GIS είναι ένα ευπρόσδεκτο δώρο, όταν έρχεται η στιγμή να χαρτογραφηθεί η κατανομή των αντικειμένων στον χώρο και η πυκνότητα συγκέντρωσης τους, ή ακόμη, όταν πρέπει να δημιουργηθούν μια σειρά από στρώματα εδάφους σε σχέση με το βάθος μιας τομής του χώρου, σημειώνει ο Schlader (2002, σ. 518).

Από την μία πλευρά, οι δυνατότητες που παρέχουν τα Σ.Γ.Π. για τη διαχείριση, τη χωρική ανάλυση και τη χαρτογραφική απόδοση των αρχαιολογικών δεδομένων και φαινομένων από διάφορες πηγές σε ένα ενιαίο, ψηφιακό περιβάλλον, τα έχουν καταστήσει ένα ουσιαστικό εργαλείο στα χέρια των ερευνητών. Από την άλλη, ο συνδυασμός των παραπάνω πληροφοριών με βάσεις δεδομένων αρχαιολογικών και περιβαλλοντικών ερευνών, προσφέρει νέες κατευθύνσεις όσον αφορά τη χρήση του χώρου στην αρχαιότητα, αλλά και τον τρόπο διαχείρισης των αρχαιολογικών μνημείων και χώρων (Σαρρής κ.α. 1999).

Πράγματι, οι αρχαιολόγοι καλωσόρισαν με θέρμη τα ραγδαία αναπτυσσόμενα GIS και τα υιοθέτησαν από νωρίς. Οι πρώτες εφαρμογές Σ.Γ.Π. στην Αρχαιολογία έλαβαν χώρα στα τέλη της δεκαετίας του 1970 (Chadwick 1978· Chadwick 1979) και ήταν πρωτοπόρες για την εποχή, παρά το ότι πουθενά στις δημοσιεύσεις τους δεν αναφέρεται, ακόμη, ο όρος Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, που μέχρι τότε δεν είχε ευρέως καθιερωθεί (Σιμώνη 2013). Ο όρος GIS σε άρθρα σχετικά με ανάκτηση αρχαιολογικής πληροφορίας, παρουσιάζεται για πρώτη φορά σε σχετικά συνέδρια εφαρμογών πληροφορικής στην Αρχαιολογία και δημοσιεύσεις τη δεκαετία του 1980, από τον Harris (1986 και 1988). Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 η εφαρμογή των Σ.Γ.Π. στην αρχαιολογική έρευνα, που προκύπτει από τις ανάγκες για χαρτογράφηση στη διαχείριση πολιτιστικών πόρων, την περιφερειακή ανάλυση και την ανάπτυξη μοντέλων πρόγνωσης στη Βόρεια Αμερική (Brown 2005), παρουσίασε σταθερά αυξητική τάση διερχόμενη την δεκαετία του 1990 (βλ. Allen κ. α. 1990· Lock & Harris 1991· Lock & Stancic 1995· Aldenderfer & Maschner 1996· Kvamme 1999· Gillings κ. α. 1999· Σαρρής κ. α. 1999). Έπειτα, ο όρος GIS καταλήγει να συμπεριλαμβάνεται ως λήμμα στην πρώτη έκδοση του Αρχαιολογικού Λεξικού των Shaw & Jameson (1999), δίνοντας, μάλιστα, μια από καθαρά τεχνικής άποψης επεξήγηση.

Παρ' όλα αυτά, δεν πρέπει να παραγνωρίζεται, ότι οι αρχαιολόγοι αυτό που πάντοτε είχαν ήταν Βάσεις Δεδομένων. Εδώ, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ικανότητα σύνδεσης των GIS με τις Βάσεις

των αρχαιολογικών τους Δεδομένων ήταν η εφαρμογή που κέντρισε το ενδιαφέρον των αρχαιολόγων. Το θέμα ήταν η αναγνώριση, από μέρους τους, των εξαιρετικών δυνατοτήτων που παρείχε η σύνδεση των αρχαιολογικών δεδομένων με ένα Σ.Γ.Π., και οπωσδήποτε των θεμελιωδών ερευνητικών ερωτήσεων χωρικής ανάλυσης που θα μπορούσαν να απευθύνουν. Κάτι που, όπως ήδη παρουσιάστηκε, δεν άργησε να γίνει.

Θα πρέπει, επίσης, να τονισθεί σχετικά με την ανάπτυξη Βάσεων Δεδομένων εντός GIS, πως ο Kvamme (1999, σ. 155), θεωρούσε, ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, ότι: «Αναπόφευκτα, κάθε περιοχή σε όλο τον κόσμο κάποια μέρα θα κινηθεί προς τα GIS ή προς τις GIS-βάσεις δεδομένων (GIS-like databases), οι οποίες συνδέουν πληροφορίες με χάρτες». Και αλλού (οπ.π. σ. 162): «η κυρίαρχη περιοχή εφαρμογών GIS στην Αρχαιολογία είναι βέβαιο ότι θα είναι η ανάπτυξη και διαχείριση Βάσεων Δεδομένων· αυτό συμβαίνει ήδη».

Βέβαια, το ενδιαφέρον για Εφαρμογές Πληροφορικής και Ποσοτικές Μεθόδους στην Αρχαιολογία αρχίζει λίγο νωρίτερα, το 1973 στο Μπέρμιγχαμ της Αγγλίας, με τη διοργάνωση του ομώνυμου συνεδρίου (αγγλ. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference-CAA) (βλ. Giligny κ. α. 2015· Campana κ. α. 2016). Πρόκειται για το ίδιο συνέδριο όπου είχε γίνει η πρώτη κοινή αναφορά GIS και Αρχαιολογίας. Το συνέδριο CAA είναι πια διεθνής οργανισμός που συγκεντρώνει μια σειρά από ειδικούς επιστήμονες και εμπειρογνώμονες στους τομείς της Αρχαιολογίας, της Ιστορίας, της Πολιτιστικής Κληρονομιάς, GIS, Μαθηματικών, σημασιολογικού ιστού και Πληροφορικής με ενδιαφέρον στην διεπιστημονική συνεργασία. Συνεχίζει να διοργανώνεται κάθε χρόνο μέχρι τις μέρες μας, με το τελευταίο συνέδριο να λαμβάνει χώρα το 2016 στο Όσλο, ενώ το επόμενο θα γίνει στην Ατλάντα της πολιτείας Τζόρτζια των Η.Π.Α. Επιπλέον, έχει δημιουργηθεί και Ελληνικό παράρτημα του διεθνούς αυτού οργανισμού, το CAA-GR, που και αυτό μετράει ήδη δύο διοργανώσεις συνεδρίων σε ελληνικό έδαφος (βλ. Papadopoulos κ. α. 2014).

Σήμερα, οι πιο διαδεδομένες αρχαιολογικές εφαρμογές μέσω Σ.Γ.Π. είναι η χαρτογράφηση, παρακολούθηση και διαχείριση των αρχαιολογικών δεδομένων μιας περιοχής, η δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης, η ανάλυση των περιβαλλοντικών δεδομένων σε σχέση με τα αρχαιολογικά κατάλοιπα μιας περιοχής, η διαχείριση των δεδομένων τηλεπισκόπησης και η εξομοίωση.

Επίσης, ενόψει του αρχαιολογικού κτηματολογίου που απαιτείται, ιδιαίτερα στον ελληνικό χώρο, διαπιστώνεται σήμερα ακόμα μεγαλύτερη αναγκαιότητα επιμόρφωσης των αρχαιολογικών υπηρεσιών στη χρήση GIS, ώστε να είναι σε θέση να διαχειριστούν τους αρχαιολογικούς χώρους, εκμεταλλεύόμενοι στο έπακρο τις δυνατότητες που τους προσφέρονται από τέτοιου είδους εφαρμογές, αλλά και για την υλοποίηση περαιτέρω επιστημονικών ερευνών.

Μετά από μια αρχική φάση, ως επί το πλείστον αφιερωμένη στη δημιουργία εφαρμογών, βιώνουμε σήμερα σε μια φάση προβληματισμού και ωρίμανσης, που απορρέει από την ανάγκη για μια βαθύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ GIS και αρχαιολογικής θεωρίας. Τα GIS είναι σίγουρα μια χωρική επιστήμη της πληροφορίας και η ευρεία χρήση τους, ακόμα και στον περιφερειακό

σχεδιασμό, επιβάλλει στους αρχαιολόγους μια νέα συνειδητοποίηση των δυνατοτήτων των εργαλείων της τεχνολογίας των πληροφοριών (Scianna & Villa 2011).

4.3 Προηγούμενη Έρευνα και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

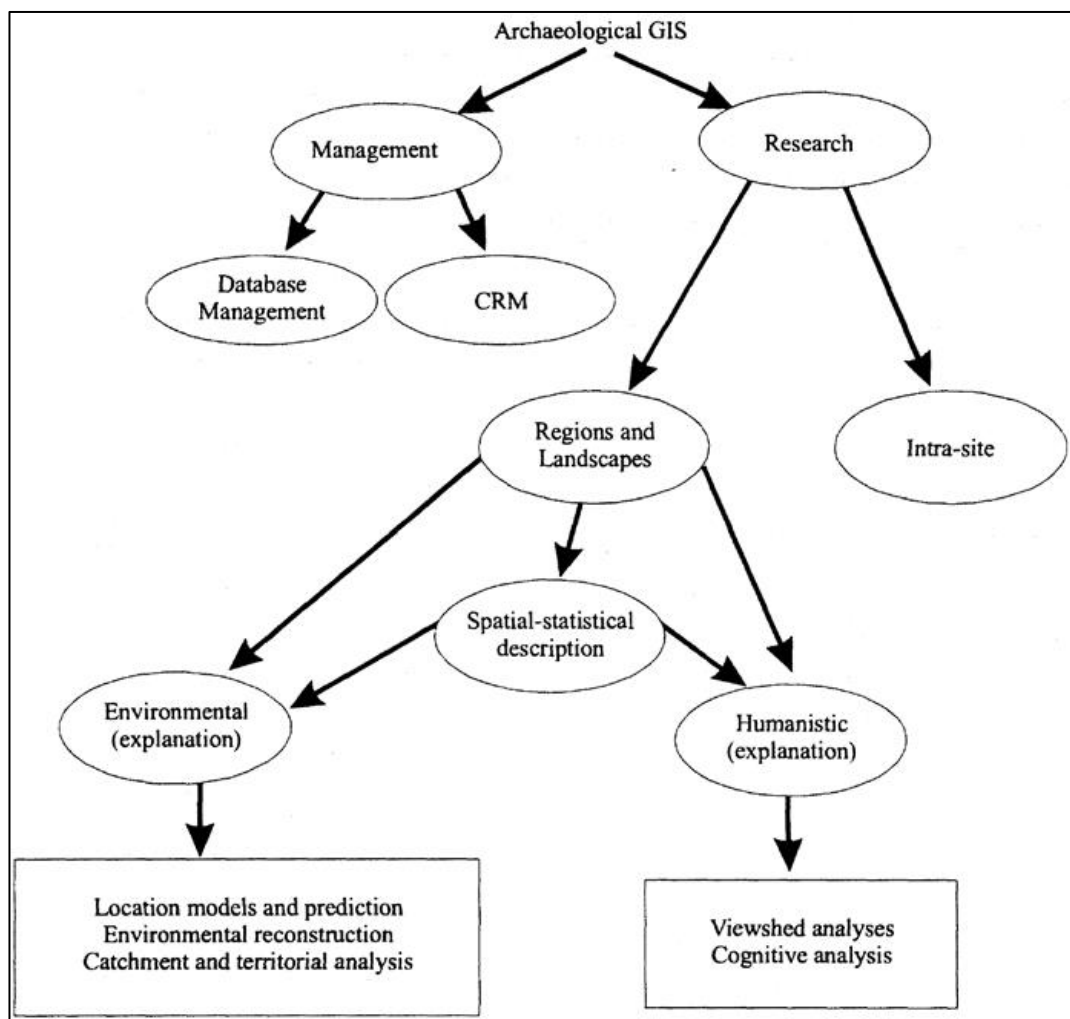
Η πληθώρα συνδυασμένων ερευνών, όπως και οι άπειρες δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά, που προέρχονται και απ' τα δύο επιστημονικά πεδία Γεωπληροφορικής και Αρχαιολογίας εκατέρωθεν, είναι πλέον ένα σημαντικό μέγεθος, ενδεικτικό της έντασης του επιστημονικού αλληλοενδιαφέροντος. Όπως γίνεται αντιληπτό, η σχέση της Αρχαιολογίας με τα Σ.Γ.Π. έχει ήδη πίσω της μια καταγραμμένη ιστορία και μέχρι σήμερα έχουν καταφέρει να δημιουργηθούν ισχυροί δεσμοί μεταξύ τους. Μάλιστα, αυτή η επιστημονική σύνδεση ολοένα και εντείνεται, όσο προχωρούν τα χρόνια και οι εξελίξεις.

Όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως, τα Σ.Γ.Π. θεωρήθηκαν από νωρίς ως τα σύγχρονα εργαλεία που θα έπρεπε να υιοθετηθούν, προς αναζήτηση αποτελεσματικών μεθόδων καταγραφής πεδίου και αρχαιολογικής ανάλυσης. Στο σημείο αυτό, κρίνεται απαραίτητο να υπογραμμιστεί η διαφορά μεταξύ των ξεχωριστών τύπων εφαρμογών στα Σ.Γ.Π, που χρησιμοποιούνται στην αρχαιολογική έρευνα, στους οποίους εντοπίζεται ένας σαφής διαχωρισμός. Οι σχετικές Σ.Γ.Π. μελέτες, που έχουν λάβει χώρα στα πλαίσια της Αρχαιολογίας μέχρι στιγμής, αποτελούνται από μια ποικιλία εφαρμογών, από αναλύσεις καταγραφής και διαχείρισης πολιτιστικών αγαθών μέχρι έρευνα, ενώ, εκτείνονται από GIS περιφερειών και τοποθεσιών (inter-site) μέχρι GIS αρχαιολογικής θέσης (intra-site) (Lock & Harris 1996).

Αυτός ο διαχωρισμός, υπάρχει μεταξύ των εφαρμογών που εστιάζουν μεταξύ των τοποθεσιών σε επίπεδο περιφερειακό, (inter-site /Regional Landscape), και των μελετών που καταπιάνονται ειδικά με μια συγκεκριμένη αρχαιολογική θέση σε επίπεδο εσωτερικό μιας ανασκαφικής (intra-site). Κατ' ακρίβειαν το inter είναι ένα πρόθεμα που χρησιμοποιείται για να σχηματιστούν λέξεις που σημαίνουν ανάμεσα, μεταξύ δύο ή περισσότερων ομάδων. Από την άλλη το πρόθεμα intra χρησιμοποιείται για να σχηματιστούν λέξεις που θέλουν να δηλώσουν το εσωτερικό, το εντός. Εδώ, ίσως ταιριάζει να γίνει υπενθύμιση της ανάλογης διάκρισης στο κεφάλαιο του εννοιολογικού πλαισίου, όπου έγινε αναφορά στη διάκριση των επιθέτων γεωγραφικός και χωρικός, τα οποία μπορεί κανείς να αντιπαραβάλλει με τις έννοιες των προθεμάτων inter και intra αντιστοίχως.

Οι Wheatley & Gillings (2002) τονίζουν, ότι στο πεδίο της έρευνας έχουν κυριαρχήσει, σχεδόν ολοκληρωτικά, οι μελέτες που εστιάζουν μεταξύ των τοποθεσιών σε περιφερειακό επίπεδο (βλ. επίσης Kvamme 1999, σ. 166). Το χαρακτηριστικό αυτό φαινόμενο των εφαρμογών αρχαιολογικού-GIS, παρατηρείται από τις πρώτες κιόλας έρευνες συνδυασμού των δύο επιστημονικών πεδίων, Αρχαιολογίας και GIS (οπ.π.). Οι ίδιοι υποστηρίζουν, ότι ίσως αυτό να οφείλεται στην έμφαση που δόθηκε από το πρώτο κύμα αρχαιολογικών δημοσιεύσεων που καταπιείστηκαν με GIS σε μελέτες τοπίου, και που οδήγησε στο σημείο αυτές να μονοπωλούν το ενδιαφέρον, κάτι που φαίνεται και σε όλα τα κεφάλαια του πρώτου και κύριου βιβλίου που επικεντρώνεται αποκλειστικά στη σχέση

GIS και Αρχαιολογίας (βλ *Interpreting Space: GIS and archaeology* Allen κ. α. 1990). Αυτό που φαίνεται ξεκάθαρα είναι, ότι στις αρχές του 1990 δημιουργήθηκε άμεση αντιστοιχία μεταξύ GIS και περιφερειακής μελέτης του τοπίου (*inter-site*). Ως εκ τούτου, θεμελιώθηκε μέσα στην αρχαιολογική πρακτική η αντίληψη που εξακολουθεί να υπάρχει εδώ και αρκετό καιρό ως μία ισχυρή προκατάληψη εντός του πεδίου έρευνας (Wheatley & Gillings 2002). Πέραν των πιο πάνω, ο μειωμένος αριθμός των εφαρμογών Σ.Γ.Π. αρχαιολογικής θέσης (*intra-site*), σύμφωνα με τους Harris & Lock (1995), εντοπίζεται στο γεγονός πως, όντως, το δυνατότερο σημείο που έχουν οι λειτουργίες του GIS, είναι η αναγνώριση των μορφών κατανομής και η διερεύνηση αφανών σχέσεων μεταξύ διαφορετικών θέσεων και των πέριξ αυτών χώρων.



Εικόνα 5: Η προτεινόμενη δομή για την εφαρμογή των Σ.Γ.Π. στο πλαίσιο της Αρχαιολογίας από τους Wheatley & Gillings (2002, σ. 208)

Αντίθετα, πραγματικές δυσκολίες συναντούνται στο εσωτερικό επίπεδο μιας ανασκαφικής θέσης, όπου η ανάγκη καταγραφής των ευρημάτων μιας ανασκαφής στον τρισδιάστατο χώρο για την ανάλυση αρχαιολογικών φαινομένων *in situ* σε τοπική κλίμακα (*intra-site*) με τη χρήση Σ.Γ.Π., γίνεται άμεσα εμφανής (Harris & Lock 1995). Ο δείκτης δυσκολίας, προφανώς, ανεβαίνει αν στην συγκεκριμένη ανασκαφική θέση υπάρχουν πολλές διαφορετικές φάσεις κατοίκησης με πολλαπλά στρωματογραφικά επίπεδα και πολυαριθμιά και ποικιλομορφία ευρημάτων.

Κατά συνέπεια, τα αρχαιολογικά GIS, εξακολουθούν να στερούνται κατασταλαγμένες μεθόδους για την αναπαράσταση αρχαιολογικών ιδιοτήτων σε ένα GIS ανασκαφικής θέσης, για το οποίο χρειάζονται συγκεκριμένοι τύποι δεδομένων: διανυσματικά δεδομένα (σημεία, γραμμές και πολύγωνα) (vector), ή κανονικοποιημένα δεδομένα (raster), είτε συνδυασμός και των δύο (Brown 2005) και το οποίο να είναι πολυεπίπεδο. Για μια εμπειριστατωμένη εισαγωγική προσέγγιση στους τύπους των δεδομένων, ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στους Burrough & McDonnell (1998).

Άλλη μια δυσκολία, συσχετιζόμενη με τα Σ.Γ.Π. θέσης, είναι το βασικό πρόβλημα της αδυναμίας παρακολούθησης των αλλαγών κατά τη χρονική διάρκεια της ανασκαφής. Η έλλειψη μιας πραγματικά χρονικής διάστασης στα Σ.Γ.Π., στερεί την δυνατότητα ανάπτυξης μιας δυναμικής εφαρμογής. Τα υπάρχοντα GIS χειρίζονται τον 2D χώρο πολύ καλά, αλλά μπορούν να χειριστούν χρονολογικές πληροφορίες, μόνο ως ένα χαρακτηριστικό. Σε συγκεκριμένες μελέτες, η χρονική δυναμική αντιμετωπίζεται με πολύ απλοϊκές στρατηγικές χρονικών απεικονιστικών στιγμιότυπων.

Εν κατακλείδι, οι αρχαιολόγοι και οι επαγγελματίες GIS συνεχίζουν να εργάζονται για την ανάπτυξη ενός προτύπου μοντέλου δεδομένων GIS για την Αρχαιολογία (Craig & Aldenderfer 2003), όμως η επίτευξη αυτού του στόχου εστιάζεται κυρίως στη διαχείριση και ανάλυση Σ.Γ.Π θέσεων περιφερειακού επιπέδου (Brown 2005). Αυτό οφείλεται στο βασικό πρόβλημα ανάπτυξης ενός Σ.Γ.Π αρχαιολογικών πληροφοριών ανασκαφικής θέσης (intra-site), που αφορά εγγενείς περιορισμούς στα μοντέλα δεδομένων που χρησιμοποιούνται, καθώς τα αρχαιολογικά δεδομένα και τα χωρικά φαινόμενα θα πρέπει να μεταφραστούν είτε σε διανυσματικά στοιχεία είτε σε κανονικοποιημένα ψηφία μέσα σε πλέγμα, αλλά και για το ότι κάθε ένα από αυτά τα μοντέλα δεδομένων είναι βαθύτατα εδραιωμένο ως δισδιάστατο (Wheatley & Gillings 2002), συνυπολογίζοντας, επίσης, τους περιορισμούς στην χρονική διάσταση.

4.3.1 Βάσεις Δεδομένων

Η συνεργασία αυτή GIS και Αρχαιολογίας, έχει φθάσει στο σημείο να γίνονται αποκλειστικές προσπάθειες ανάπτυξης Συστημάτων Αρχαιολογικών Πληροφοριών όπως το ArkeoGIS (Bernard κ. α. 2015), το οποίο μετρά κάποια χρόνια ύπαρξης, συγκεκριμένα από το 2009. Σύμφωνα με τους δημιουργούς του, αυτό βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία και έχει δημοσιευθεί η 3^η του έκδοση. Το παρόν είναι ένα webGIS, που δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του CAA 2014 και αποτελεί ένα Σ.Γ.Π δικτύου, στο οποίο έχουν προστεθεί πάνω από 20 Βάσεις Δεδομένων στα γαλλικά και στα γερμανικά, συμπεριλαμβανομένων πάνω από 10.000 αρχαιολογικών χώρων και περιβαλλοντικών οντοτήτων (οπ.π.).

Άλλη μια παρόμοια προσπάθεια είναι το Δίκτυο Μεσογειακής Αρχαιολογίας, (Mediterranean Archaeological Network (MedArchNet) (Savage & Levy 2014), το οποίο οραματίστηκε ως μια σειρά συνδεδεμένων αρχαιολογικών κόμβων πληροφοριών, ο καθένας εκ των οποίων περιέχει μια περιφερειακή Βάση Δεδομένων τοπικών αρχαιολογικών χώρων και που έχουν κοινή δομή Β.Δ., προκειμένου να διευκολυνθεί η ταχεία αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών και η οπτικοποίηση

εντός και μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Πρόκειται για πρόγραμμα με αρκετά μεγάλη χρηματοδότηση, που υποστηρίζεται από την Google Earth API και λειτουργεί μέσω αλληλεπίδρασης με το Google Maps. Ψηφιοποιημένοι παλαιοί χάρτες επικάθονται ως αλληπάλληλα επίπεδα στο εν λόγω λογισμικό και οι χρήστες μπορούν να προσθέτουν αρχαιολογικά δεδομένα και μεταδεδομένα. Δεν λειτουργεί, προς το παρόν, ακριβώς όπως ένα GIS αν και προωθεί επίσης και τη χωρική πληροφορία. Το απόλυτο όραμα της MedArchNet είναι να αναπτυχθεί ένα δίκτυο αρχαιολογικών χώρων (από την προϊστορία μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα) βασισμένο σε δύο Άτλαντες, ένας της Μέσης Ανατολής και ο άλλος του Αιγαίου, στους οποίους περιλαμβάνεται αναζήτηση βάσει χωρικών σχέσεων (οπ.π.).

Προχωρώντας, λόγω του μεγάλου αριθμού εφαρμογών GIS στην Αρχαιολογία και τη Πολιτιστική Κληρονομιά ανά το παγκόσμιο, επιλέγηκαν να παρουσιαστούν στο παρόν κεφάλαιο περιπτώσεις ερευνών από την Κύπρο, αφού σε αυτή την περιοχή εντοπίζεται και το κύριο αντικείμενο έρευνας της παρούσας εργασίας.

Ακόμη μια, λοιπόν, παρόμοια έρευνα (Αγαρίου κ. α. 2010), παρουσιάζει τα αποτελέσματα ενός διακρατικού ερευνητικού προγράμματος μεταξύ των πανεπιστημίων της Ελλάδας και Κύπρου με τη χρήση τεχνολογιών Web. Ο κύριος στόχος του ήταν η δημιουργία ενός ψηφιακού Άτλαντα ως ένα μοναδικό προϊόν οπτικοποίησης της Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Κύπρου στην περιοχή του όρους Τρόδος, η οποία χαρακτηρίζεται από μία από τις μεγαλύτερες ομάδες εκκλησιών και μοναστηριών της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας.

Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα συγκρότημα των δέκα μνημείων – εκκλησιών, καταγεγραμμένων στον κατάλογο της UNESCO σαν Μνημεία Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς, πλούσια διακοσμημένων με τοιχογραφίες, οι οποίες παρέχουν μια συνοπτική εικόνα της Βυζαντινής και Μεταβυζαντινής τέχνης (τοιχογραφιών και αγιογραφιών) στην Κύπρο. Αυτές οι εκκλησίες προσελκύουν ένα μεγάλο αριθμό τουριστών κάθε χρόνο (πάνω από 1 εκατομμύριο), στους οποίους η εφαρμογή αυτή θα είναι σε θέση να παρέχει πληροφορίες ως τελικούς χρήστες μέσω WebGIS.

Η διαφορά από τις προαναφερθείσες μελέτες είναι, ότι η παραπάνω εφαρμογή αποτελείται από ένα εργαλείο WebGIS, με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS Server. Η WebGIS περιλαμβάνει μια λεπτομερή 3D ανακατασκευή του περιβάλλοντος χώρου των μνημείων, με ορθοφωτογραφίες υψηλής ανάλυσης και 3D μοντέλα των μνημείων ψηφιακού «φωτός», κατασκευασμένα με τη βοήθεια του λογισμικού Google SketchUp, χρησιμοποιώντας μη-αυστηρή τοπομετρική μέθοδο.

Επιπλέον, η εφαρμογή περιλαμβάνει και μή-χωρικές πληροφορίες για τα μνημεία, όπως η σχετική βιβλιογραφία, φωτογραφίες του εσωτερικού και εξωτερικού των μνημείων, καθώς και οπτικοακουστικά δεδομένα, προβάλλοντας, επίσης, στους τελικούς χρήστες μια σύντομη αναδρομή στο ιστορικό υπόβαθρο με τα βυζαντινά και μεταβυζαντινά μνημεία. Για τις πιο πάνω ανάγκες, δημιουργήθηκαν δύο βάσεις δεδομένων MS Access και αναπτύχθηκε ένας σχεσιακός

πίνακας για να ανταποκρίνεται στις πολυάριθμες ανάγκες του «Ψηφιακού Άτλαντα», αναφορικά με την γεωμετρική τεκμηρίωση.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε μια Β.Δ. προκειμένου να εγγραφούν σε αυτή περισσότερες από 400 εγγραφές βιβλίων σχετικά με τα δέκα μνημεία ενδιαφέροντος. Κάποιες δυσκολίες συναντήθηκαν σχετικά με τις Β.Δ., για τις οποίες αποφασίστηκε να προσεγγίζονται μόνο από μικρή μερίδα χρηστών, λόγω του ότι: α) θεωρήθηκαν αρκετά βαριές για να εκτεθούν στο διαδίκτυο, δεδομένου του μεγάλου μεγέθους των αρχείων που απαιτούνται για τη λειτουργία τους και β) υπήρχε συνεχής αλλαγή από την προσθήκη νεοεισερχόμενων πληροφοριών. Οι Β.Δ. σχεδιάστηκαν με έναν τρόπο που να συντηρούνται και να επεκτείνονται εύκολα, αλλά και να επιτρέπουν την ευρεία διάδοση της γνώσης σχετικά με τα Βυζαντινές και Μεταβυζαντινές Εκκλησίες της Κύπρου⁴.

Εφαρμογές Σ.Γ.Π. ανασκαφικής θέσης στην Αρχαιολογία έχουν εφαρμοστεί, αν και κατά πολύ λιγότερες σε σχέση με τα Σ.Γ.Π. θέσεων. Παρόλα αυτά, αξίζει να αναφερθούν μερικές από αυτές, όπως των Gallotti κ. α.. (2011) που εφάρμοσαν GIS και intra-site χωρική ανάλυση για την καταγραφή και ανάλυση των αποθεμάτων ορυκτών σε προϊστορικές θέσεις στην Καζαμπλάνκα (Μαρόκο), ώστε η συγχώνευση των δεδομένων εντός GIS οδήγησε σε μια ψηφιακή Βάση Δεδομένων, που επιτρέπει την παραγωγή της ταυτόχρονης ή ξεχωριστής απεικόνισης και ανάλυσης απολιθωμάτων, αντικειμένων και γεωλογικών υλικών στο αρχικό χωρικό τους πλαίσιο, ενώ, επίσης, επιτρέπει μια intra-site χωρική ανάλυση για μια ολοκληρωμένη διερεύνηση των διαδικασιών σχηματισμού της θέσης.

Παρόμοια, η Borgia (2007) εξέτασε, μέσω έρευνας, τις αρχαιολογικές και μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την κατασκευή GIS στην τοποθεσία Elaiussa στην Σεβάστεια της σημερινής Τουρκίας για intra-site, αλλά και inter-site προσεγγίσεις. Πρόκειται για πληροφορίες που συλλέχθηκαν σε δύο διαφορετικές κλίμακες. Από τη μια, η περιφερειακή έρευνα και από την άλλη τα δεδομένα της ανασκαφής.

Το GIS της Elaiussa Σεβάστειας έχει σχεδιαστεί για να οργανώσει, να αναλύσει και να ανταλλάξει δεδομένα, μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών, με τον απλούστερο και καταλληλότερο τρόπο. Ο στόχος του GIS της Elaiussa Σεβαστείας είναι η διαχείριση των πληροφοριών της ανασκαφής, στην οποία περιλαμβάνονται τρεις διαφορετικές περίοδοι κατοίκησης, η Ελληνιστική, η Ρωμαϊκή και η Βυζαντινή, πράγμα που αυξάνει τα επίπεδα δυσκολίας και θα πρέπει τα δεδομένα να συλλέγονται σε ειδικές Βάσεις Δεδομένων.

Επίσης, μέσα από την μελέτη της επαλληλίας των στρωμάτων και της χρονολογίας τους, θα είναι δυνατό να απομονωθούν οι κύριες φάσεις των κτιρίων, τα οποία μπορούν έπειτα να εξεταστούν μέσα από την ιστορική και χρονολογική τους εξέλιξη.

⁴ Για άλλες αξιόλογες και εφαρμογές GIS που αφορούν την Κύπρο βλ. τους Andreou κ. α. 2017• Agariou κ. α. 2016, και άλλους.

4.3.2 GIS στην Υποβρύχια Αρχαιολογία

Σχετικά με τα Σ.Γ.Π. στην Υποβρύχια Αρχαιολογία, παρουσιάζεται σε αυτό το σημείο η έρευνα των Galili & Rosen (2010), που αφορά κύριες ενάλιες αρχαιολογικές θέσεις στους Αγίους Τόπους, οι οποίες κινδυνεύουν και πρέπει να ληφθούν για αυτές μερικές ενέργειες συντήρησης. Η αρχαία Πολιτιστική Κληρονομιά, που συναντάει κανείς κατά μήκος των ακτών στη Μεσόγειο θάλασσα, αντικατοπτρίζει σημαντικά γεγονότα της ανθρώπινης ιστορίας. Προέρχονται από σημαντικούς πολιτισμούς, θρησκείες και παραδόσεις. Πρόκειται για παράκτιες και υποβρύχιες αρχαιότητες σε κίνδυνο, λόγω της διάβρωσης που προξενείται από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Σε αυτή την έρευνα διεξήχθησαν, κυρίως, υποβρύχιες επιτόπιες έρευνες, με στόχο τη διάσωση και την τεκμηρίωση υποθαλάσσιων αρχαιολογικών θέσεων.

Ο μεγάλος αριθμός, η ποικιλία και η διαφορετικότητα όσον αφορά τον υλικό πολιτισμό και την ιστορία, την χρονική περίοδο, την τοποθεσία και τα διαφορετικά βάθη των θέσεων αυτών, πιθανόν να δημιουργούσαν αρκετές δυσκολίες. Έτσι οι υπεύθυνοι της έρευνας αυτής κατέφυγαν στη χρήση ενός Σ.Γ.Π., που σαν μέθοδος θα τους βοηθούσε να ανταπεξέλθουν στις πολλαπλές προκλήσεις στις οποίες καλούνταν να ανταποκριθούν. Περιλαμβάνοντας μια λεπτομερή χαρτογράφηση όλων των θαλάσσιων και παράκτιων αρχαιολογικών χώρων, μέσω GIS, η οποία συμπεριλαμβάνει εκτός από σημεία και πολύγωνα, κατορθώθηκε να οριοθετηθούν οι χώροι ενδιαφέροντος που τελούν υπό αξιολόγηση. Έτσι δημιουργήθηκε μια περιεκτική Βάση Δεδομένων GIS για τις παράκτιες αυτές περιοχές. Πλέον, η διάβρωση των παρακτίων περιοχών παρακολουθείται συνεχώς οπτικά, φωτογραφικά και μέσα από έρευνες πεδίου. Βεβαίως, η διαχείριση όλων αυτών γίνεται μέσω της Β.Δ. και του GIS που δημιουργήθηκαν.

Σε μια άλλη περίπτωση, οι Pollard κ. α. (2014), αντίστοιχα, προχώρησαν σε παρόμοια μελέτη λόγω απουσίας σχετικών χαρτών ακριβείας, για τις υποθαλάσσιες αρχαιολογικές θέσεις του πυκνού σε δραστηριότητα και πλούσιου σε Αρχαιολογία αρχιπελάγους των Ορκάδων στη Σκωτία. Στη μεθοδολογία τους χρησιμοποίησαν Βαθύμετρα, σαρωτές Side-Scan Sonars και Sub-bottom profilers, αεροφωτογραφίες και, επίσης, συμβουλευτήκαν παλαιούς σημαντικούς χάρτες με τοπωνύμια. Η έρευνα τους είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία 577 περιγραφών στην περιοχή Κάνμορ, περιγράφοντας 462 νέες περιοχές, ενημερώνοντας μέσα από πληροφορίες για την ακριβέστερη τοποθεσία 115 ήδη καταγεγραμμένων θέσεων. Και σε αυτή τη περίπτωση, όπου εντοπίστηκαν πληροφορίες, δημιουργήθηκαν πολύγωνα εντό του λογισμικού ArcGIS, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως βάση για χαρτογράφηση, ώστε να καθορίσουν στη συνέχεια την οργάνωση, τη θέση και την έκταση των χώρων που καταλαμβάνονται.

Για να είναι δυνατή η σύγκριση των βαθυμετρικών δεδομένων μαζί με τα δεδομένα GIS, εξήχθησαν γεωαναφερμένες εικόνες υψηλής ανάλυσης του κάθε DTM εντός του ArcGIS. Οι γεωφυσικές ανωμαλίες που παρουσιάστηκαν στα δεδομένα, χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο σπουδαιότητας και με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Κατ' αυτόν τον τρόπο, και με τη δημιουργία

αρχείων πολυγώνων GIS με βάση shapefiles, μπόρεσαν να εντοπίσουν εκτάσεις και περιοχές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, αγκυροβόλια αλιευτικών περιοχών, ναυάγια, βυθισμένα προϊστορικά τοπία και παλαιοπεριβάλλοντα. Καθώς στην περιοχή του αρχιπελάγους δραστηριοποιούνται σε μεγάλο βαθμό εταιρείες που σχετίζονται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή την πόντιση καλωδίων, το αρχείο αυτό καταχωρήθηκε στις τοπικές αρχές, οι οποίες είναι ενήμερες για την ύπαρξη σημαντικών στοιχείων Πολιτιστικής Κληρονομιάς στο βυθό της περιοχής. Αυτό, είχε ως αποτέλεσμα να αποφεύγονται οι σημαντικοί αρχαιολογικοί χώροι κατά τις κατασκευαστικές διαδικασίες των ανωτέρω εταιρειών. Όπου αυτό δεν είναι δυνατόν, τέτοιες περιοχές θα μπορούσαν να καταγραφούν πριν χαθούν⁵.

Περαιτέρω, μια πολύ αξιόλογη προσπάθεια intra-site GIS στην Ενάλια Αρχαιολογία, αποτελεί η έρευνα των Beltrame & Manfio (2014). Η μελέτη αυτή αποτελείται από μεθοδολογική πρόταση χρήσης GIS υποβρύχιας ανασκαφικής θέσης (intra-site), για καταγραφή Ναυαγίου. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε για το ναυάγιο ενός πολεμικού πλοίου, του MERCURY BRICK, στο Punta Tagliamento, στην Ιταλία.

Το ναυάγιο βυθίστηκε το 1812 και τώρα βρίσκεται στα 17μ βάθος. Ανασκαπτόταν από το 2004 έως και το 2011. Η αποτύπωση του ναυαγίου έγινε μέσω μεθόδων φωτογραμμετρίας, η οποία εκτός από το πλεονέκτημα της σύντομης χρονικά καταγραφής, παρείχε ακρίβεια στις μετρήσεις, αλλά και την δυνατότητα εξασφάλισης της 3^{ης} διάστασης του ναυαγίου και των αντικειμένων του.

Λόγω έκρηξης, κατά την βύθιση του, εκατοντάδες κομμάτια ξύλου, προερχόμενα από το εσωτερικό του πλοίου, εντοπίστηκαν διάσπαρτα μαζί με κομμάτια διαβρωμένου σιδήρου. Επίσης, αντί για φορτίο βρέθηκαν ανθρωπολογικό υλικό, στρατιωτικές στολές, προσωπικά αντικείμενα και όπλα, που όλα μαζί συνθέτουν ένα περίπλοκο και ασυνήθιστο σκηνικό, εν σχέσει με τα αρχαία ναυάγια εμπορικών πλοίων.

Οι θέσεις των καταλοίπων του ναυαγίου, και του κάθε αντικειμένου ξεχωριστά μέσα σε ένα στρώμα, δεν έχει μονάχα στρωματογραφική σημασία αλλά και τοπογραφική, όσον αφορά την πιθανότητα ανάπλασης της κατασκευής του, όπως ακριβώς συμβαίνει για ένα κτήριο. Επιπρόσθετα, η στρωματογραφία ενός ναυαγίου, κατά τους συγγραφείς, αναφέρεται σε ένα μοναδικό συμβάν, που χάνει την χρονική του σημασία, παραμένοντας μόνο το χωρικό ενδιαφέρον. Ως εκ τούτου, ορίστηκαν τοπολογικές σχέσεις, οι οποίες χρησιμεύουν στην ερμηνεία της χωρικής αλληλοσυσχέτισης μεταξύ των καταλοίπων.

Παράλληλα, για να εξασφαλιστεί, όσο το δυνατόν μεγαλύτερος αριθμός χωρικών πληροφοριών, όχι μόνο σε διασδιάστατη διάσταση (κάτοψη), αλλά και σε βάθος, αποφασίστηκε από τους συγγραφείς η διαίρεση του αρχαιολογικού χώρου σε αυθαίρετα στρώματα με αφαίρεση περίπου

⁵ Για περισσότερες εφαρμογές σχετικά με τα GIS στην υποβρύχια αρχαιολογία βλ. τους Chapman κ. α. 2006· Costa κ. α. 2016· Drap κ. α. 2008· Breman 2003, και Figueiredo & Bernardes (2010).

δεκαπέντε εκατοστών πάχους στα σημεία που δεν ήταν δυνατόν να γίνει διάκριση μεταξύ των στρωμάτων.

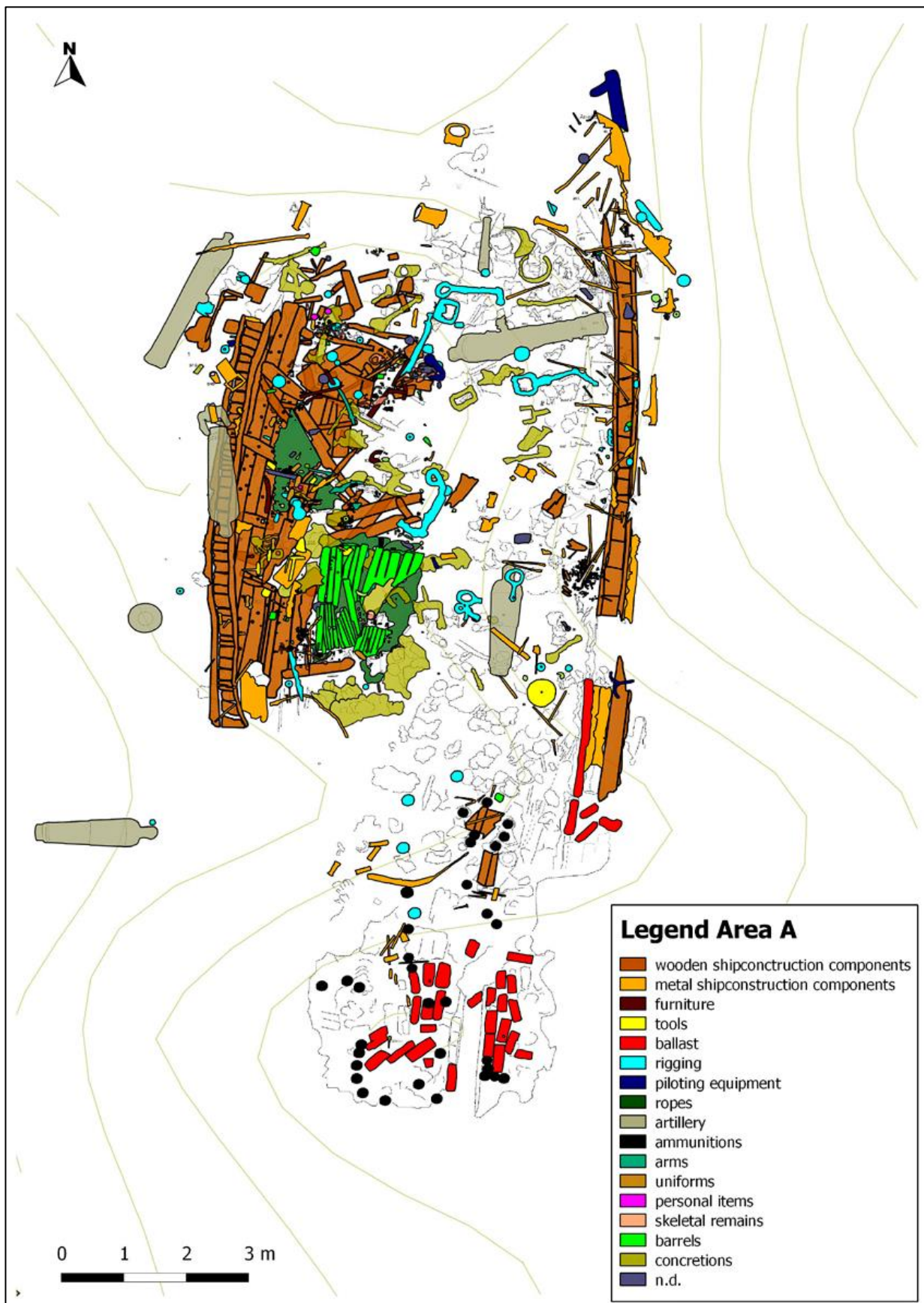
Για να διευκολυνθεί η διαχείριση του όγκου των δεδομένων, που καλύπτεται χαρτογραφικά από την φωτογραμμετρία, τόσο, λόγω της διάκρισης σχετικά με τις τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, όσο και των επιπέδων, αποφασίστηκε να δημιουργηθεί ένα GIS αφιερωμένο σε αυτό το πεδίο. Αυτό έγινε για να προσανατολιστούν οι στρατηγικές ανασκαφής, αλλά και για να επιτραπεί μια ευκολότερη ερμηνεία του πλαισίου της ανασκαφής, μέσω μιας σειράς ερωτήσεων για τον προσδιορισμό συγκεκριμένων περιοχών του πλοίου, τον συσχετισμό μεταξύ των οστεολογικών καταλοίπων, των προσωπικών αντικειμένων και των υπολειμμάτων των στολών του πληρώματος, αλλά, και για τον εντοπισμό των καλύτερα διατηρημένων μερών του πλοίου.

Συγκρίνοντας την ποσότητα και την ποικιλία των αρχαιολογικών πληροφοριών, που προέρχονται από την ανασκαφή του εν λόγω ναυαγίου, με άλλες υποθαλάσσιες έρευνες, αποφάσιστηκε από τους Beltrame & Manfio (οπ.π.) να υιοθετηθεί η τεχνολογία των Σ.Γ.Π., η οποία παρέχει εύκολη γενική και αναλυτική καθοδήγηση αναφορικά με το πλαίσιο της ανασκαφής, και εξίσου, την ευχέρεια για πολλούς διαφορετικούς υπολογισμούς και ερωτήματα. Επίσης, εξασφάλισε την ακριβή χωρική θέση των μικρών αντικειμένων και, τέλος, προσέφερε τη δημιουργία πολλών θεματικών χαρτών, όχι μόνο για τους σκοπούς της έρευνας, αλλά και ενημερωτικούς.

Οι θαλάσσιοι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν ως βάση, ήταν διανυσματικής μορφής και ήταν γεωαναφερόμενοι πριν συνδεθούν στο QGIS, το οποίο υπήρξε το λογισμικό της αποστολής αυτής. Βαθυμετρικά και φωτογραμμετρικά δεδομένα συνδέθηκαν και αυτά στο GIS, και μέσω αυτών δημιουργήθηκαν τα απαραίτητα αρχεία shpfile, τα οποία ενσωμάτωσαν τάξεις χωρικών δεδομένων, με τα πολύγωνα να είναι το κυρίαρχο είδος γεωμετρίας, σχεδόν όλων των κατηγοριών.

Επόμενο βήμα ήταν η εισαγωγή όλων των πληροφοριών που είχαν ήδη συγκεντρωθεί κατά τη διάρκεια της ανασκαφής, όμως, σε αντίθεση με άλλα GIS, στην περίπτωση του Mercury προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία, αποφασίστηκε να τεθούν όλα τα δεδομένα στον πίνακα ιδιοτήτων, χωρίς, κατά συνέπεια, να συνδεθεί μια εξωτερική Βάση Δεδομένων.

Δεδομένου, ότι πολλά αντικείμενα εξακολουθούν να βρίσκονται υπό μελέτη, η δημιουργία της Βάσης Δεδομένων επιτρέπει, πράγματι, μια μεγαλύτερη ελευθερία στην τροποποίηση ή διόρθωση πληροφοριών, όπως αυτές που αφορούν, για παράδειγμα, την περιγραφή στοιχείων. Η συμπερίληψη όλων των τιμών των αντικειμένων εντός του πίνακα ιδιοτήτων, βοήθησε τη συγκεκριμένη έρευνα να κατηγοριοποιεί τους πίνακες της Β.Δ., οπτικοποιώντας τις στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού μέσω διαφορετικών χρωμάτων, με βάση τα χαρακτηριστικά. Επιπλέον, χρησιμοποίησαν απλά ερωτήματα, μέσα από τα οποία μπορεί κανείς να μάθει για τη χωρική κατανομή των διαφόρων τύπων αντικειμένων ή άλλων συνδυασμών διαφορετικών τιμών, αποθηκεύοντας ένα νέο επίπεδο και διατηρώντας, παράλληλα, ένα αντίγραφο της νέοδημιουργηθείσας αυτής όψης του ναυαγίου.



Εικόνα 6: Χάρτης με χρήση GIS: Τα χρώματα προσδιορίζουν τα διάφορα είδη των αντικειμένων του παρόντος ναυαγίου στη θέση (Beltrame & Manfio 2014, σ. 123, εικόνα. 5)

Αφού τοποθέτησαν όλα τα αντικείμενα ενδιαφέροντος εντός του GIS, ακόμη και τα μικρά ευρήματα, ήταν, πλέον, σε θέση να ερμηνεύσουν με ένα ενδεδειγμένο και συνεκτικό τρόπο το πλαίσιο της ανασκαφής, αλλά και να εξορύξουν πληροφορίες μέσω SQL ερωτημάτων για αυτά (τα οποία σε μεταγενέστερη φάση μετατράπηκαν από πολύγωνα σε σημεία, σαν μια πιο απλοποιημένη μορφή, για ευκολότερο χειρισμό και αναζήτησή τους) από τους πίνακες πληροφοριών.

Κατά αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή GIS επέτρεψε τη διαμόρφωση ερμηνευτικών επιστημονικών υποθέσεων. Αποδείχτηκε, επίσης, χρήσιμη, αναδεικνύοντας τις μεθόδους κατασκευής του πλοίου και ανασυνθέτοντας τη ζωή μέσα σε αυτό, αφού έδωσε τη δυνατότητα να γίνουν συσχετίσεις ανάμεσα σε κάποια οστεολογικά κατάλοιπα και κάποια προσωπικά αντικείμενα, όπως κουμπιά, παπούτσια κ.λπ.

Τέλος, αναπτύσσοντας ένα GIS ανασκαφικής θέσης, τους βοήθησε στο να απαντηθούν πολλά ερωτήματα, τα οποία είχαν τεθεί εξ αρχής στην έρευνα του ναυαγίου. Η κατανομή των γεωαναφερόμενων ευρημάτων, όπως τα πυροβόλα, τους επέτρεψε να επιβεβαιώσουν αυτό που μαρτυρείται από ιστορικές πηγές, ότι δηλαδή το συγκεκριμένο πλοίο βυθίστηκε μετά από μια έκρηξη, όπως διαφαίνεται από την θέση της πρύμνης (οπ.π.).

5 Μεθοδολογία

Η Μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης για την ανάπτυξη GIS Αρχαιολογικών Πληροφοριών βασίζεται σε αρχαιολογικά δεδομένα, η συλλογή των οποίων έγινε με επιτόπια έρευνα, κατά τη διάρκεια των ανασκαφικών περιόδων στο Ναυάγιο του Μαζωτού στην Κύπρο. Ο συνολικός όγκος των δεδομένων από την εν λόγω πολυετή ανασκαφή είναι υπερμεγέθης. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε να επεξεργαστεί μέρος της ανασκαφικής Βάσης Δεδομένων για την διαδικασία ανάπτυξης του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών.

Το συγκεκριμένο μέρος τη Βάσης είναι το αρχείο που απαρτίζεται από τις δραστηριότητες της ανασκαφικής περιόδου 2015. Τα δεδομένα παραχωρήθηκαν από τον κύριο φορέα διεξαγωγής της συστηματικής ανασκαφής του Ναυαγίου του Μαζωτού, το Εργαστήριο Εναλίων Αρχαιολογικών Ερευνών (ΕΡ.ΕΝ.Α.Ε) του Πανεπιστημίου Κύπρου. Πρόκειται για δεδομένα από ευρήματα κεραμικής από το φορτίο του ναυαγίου και αποτελούνται αποκλειστικά από αμφορείς.

Πέραν των πιο πάνω περιγραφικών δεδομένων, για τους σκοπούς του παρόντος πονήματος, παραχωρήθηκαν γεωγραφικά δεδομένα του ναυαγίου, τα οποία λήφθηκαν από το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με Ψηφιακές Φωτογραμμετρικές Μεθόδους, που, ως γνωστόν, αποτελούν τεχνικές συλλογής δευτερογενών δεδομένων διανυσματικής δομής. Ως αποτέλεσμα, οι αμφορείς αποθηκεύτηκαν σαν σημειακές οντότητες και καταχωρήθηκαν σε Βάση Γεωγραφικών Δεδομένων σε τύπο αρχείου Ms Access. Η MS Access Β.Δ. θεωρείται ένας καταλληλότερος τύπος αρχείου, όσον αφορά τη διαχείριση πολλών διαφορετικών τύπων δεδομένων, τα οποία ίσως προκύψουν στο μέλλον. Η διαχείριση μιας Β.Δ. δεδομένων μέσω Σ.Γ.Π. λειτουργεί σαν ψηφιακή αποθήκη πολλών διαφορετικών δεδομένων (Αγαρίου κ. α. 2010, σ. 2).

Επιπρόσθετα, ο σκοπός της προαναφερθείσας Ψηφιακής Φωτογραμμετρικής αποστολής ήταν και η αποτύπωση ολοκλήρου του ναυαγίου, κάτι το οποίο επιτεύχθηκε κατά την ανασκαφική περίοδο του 2015. Από τη συγκεκριμένη αποτύπωση προήλθαν οι ορθοφωτογραφίες του ναυαγίου της ίδιας περιόδου, οι οποίες χορηγήθηκαν, όπως και οι σημειακές οντότητες. Οι ορθοφωτογραφίες υπήρξαν η βάση για την ανάπτυξη του GIS και εισήχθησαν εντός του υπολογιστικού περιβάλλοντος του ArcGIS.

Στόχος της μελέτης ήταν να δημιουργηθεί μια Βάση Δεδομένων συμβατή με Σ.Γ.Π, η οποία να περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα περιγραφικά και γεωγραφικά δεδομένα που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Το λογισμικό, το οποίο επιλέχθηκε για την εκπλήρωση αυτού του αντικείμενου, ήταν το ArcGIS, μέσα από το υπολογιστικό περιβάλλον του οποίου έλαβε χώρα η σύνδεση των δεδομένων.

Αναφορικά με τη Β.Δ. περιγραφικών δεδομένων, πρέπει να λεχθεί ότι αυτή παραλήφθηκε σε μορφή αρχείου MS Excel. Επιλέχθηκε η δημιουργία πίνακα εντός της ανωτέρω Β.Γ.Δ. και η μεταφορά των

δεδομένων σε αυτή. Προτιμήθηκε η εγκατάλειψη του αρχείου MS Excel, λόγω της συμβατότητας του αρχείου MS Access με το λογισμικό ArcGIS.

Περαιτέρω, έλαβε χώρα η μοντελοποίηση του Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων, το οποίο ορίστηκε σε σχεσιακό. Επίσης, όπου χρειάστηκε, έγινε επεξεργασία των περιγραφικών δεδομένων, καθώς διαχωρίστηκαν από στήλες που είχαν προηγουμένως συζευχθεί, για τους σκοπούς του πίνακα, στον οποίο ανήκαν όταν παραχωρήθηκαν. Κατά αυτό τον τρόπο καινούριες ιδιότητες περιγραφικών δεδομένων προέκυψαν στον Πίνακα της νέας Β.Δ.

Τα πιο πάνω περιγραφικά δεδομένα καταγράφονται σε Πίνακες-Αρχεία, οι οποίοι δομούνται σε γραμμές, στήλες και κελιά. Οι βασικές σχέσεις που εμφανίζονται μέσα στις Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων διακρίνονται σε τέσσερις μορφές (Τσουχλαράκη & Αχιλλέως 2015, σσ. 189-190):

- Σχέση ΕΝΑ – ΠΡΟΣ – ΕΝΑ (One – to – One)
- Σχέση ΠΟΛΛΑ – ΠΡΟΣ – ΕΝΑ (Many – to – One)
- Σχέση ΕΝΑ – ΠΡΟΣ – ΠΟΛΛΑ (One – to – Many)
- Σχέση ΠΟΛΛΑ – ΠΡΟΣ – ΠΟΛΛΑ (Many – to – Many)

Πολλές φορές, τα περιγραφικά δεδομένα (μη χωρικά) μέσα σε μια Σχεσιακή Βάση Δεδομένων βρίσκονται κατανεμημένα μέσα σε πάρα πολλούς πίνακες. Άλλες φορές, καινούργια περιγραφικά δεδομένα καταγράφονται και ενσωματώνονται υπό μορφή πίνακα μέσα σε μια Βάση Δεδομένων. Η ανάγκη για χρήση όλων αυτών των δεδομένων υπάρχει πάντοτε, και τις πλείστες φορές είναι απαραίτητη η χρήση περιγραφικών δεδομένων που να βρίσκονται σε διαφορετικούς πίνακες.

Βασική προϋπόθεση, σύμφωνα με τους Τσουχλαράκη & Αχιλλέως (οπ.π.), για να μπορέσει κανείς να χρησιμοποιήσει δεδομένα από δύο ή περισσότερους πίνακες ταυτόχρονα, είναι οι πίνακες αυτοί να έχουν ένα κοινό πεδίο, βάσει του οποίου να είναι εφικτή μια μορφή σύνδεσης τους, είτε αυτή είναι σε μόνιμη βάση, είτε σε προσωρινή, κατά τη διάρκεια της χρήσης.

Οι ίδιοι συνεχίζουν, αναφέροντας κάποιες από τις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην μεθοδολογία για τους σκοπούς του αντικείμενου αυτής της εργασίας. Σημειώνουν, λοιπόν, πως υπάρχουν δύο μορφών συνδέσεις, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν σε δύο πίνακες. Η πρώτη μορφή είναι η μόνιμη σύνδεση (JOIN), η οποία δημιουργεί ένα καινούργιο πίνακα, ο οποίος περιέχει τα πεδία και των δύο αρχικών πινάκων. Η περίπτωση αυτή εφαρμόζεται όταν τους δύο πίνακες τους διέπουν σχέσεις «ένα - προς - ένα» ή «πολλά - προς - ένα».

Στην περίπτωση, δε, που οι σχέσεις που διέπουν τους δύο πίνακες είναι «ένα – προς – πολλά», τότε η σύνδεση δεν μπορεί να είναι μόνιμη και απλώς δημιουργείται μια συσχέτιση των δύο πινάκων (RELATE). Στην περίπτωση αυτή δεν έχουμε δημιουργία καινούριου πίνακα (Τσουχλαράκη & Αχιλλέως 2015).

5.1 Σχεδιασμός και Λογική Ανάπτυξη της Βάσης Δεδομένων

Ο σχεδιασμός μιας Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων περιλαμβάνει δύο στόχους. Αρχικά, να αναπαράγει κατάλληλα τα δεδομένα της εφαρμογής, και μετέπειτα, να εξυπηρετήσει τις λειτουργικές απαιτήσεις της εφαρμογής (Στεφανάκης 2010). Επίσης, στο σχεδιασμό Β.Γ.Δ. περιλαμβάνονται τρία βασικά στάδια μοντελοποίησης: το εννοιολογικό, το λογικό και το φυσικό (Κάβουρας κ. α. 2015).

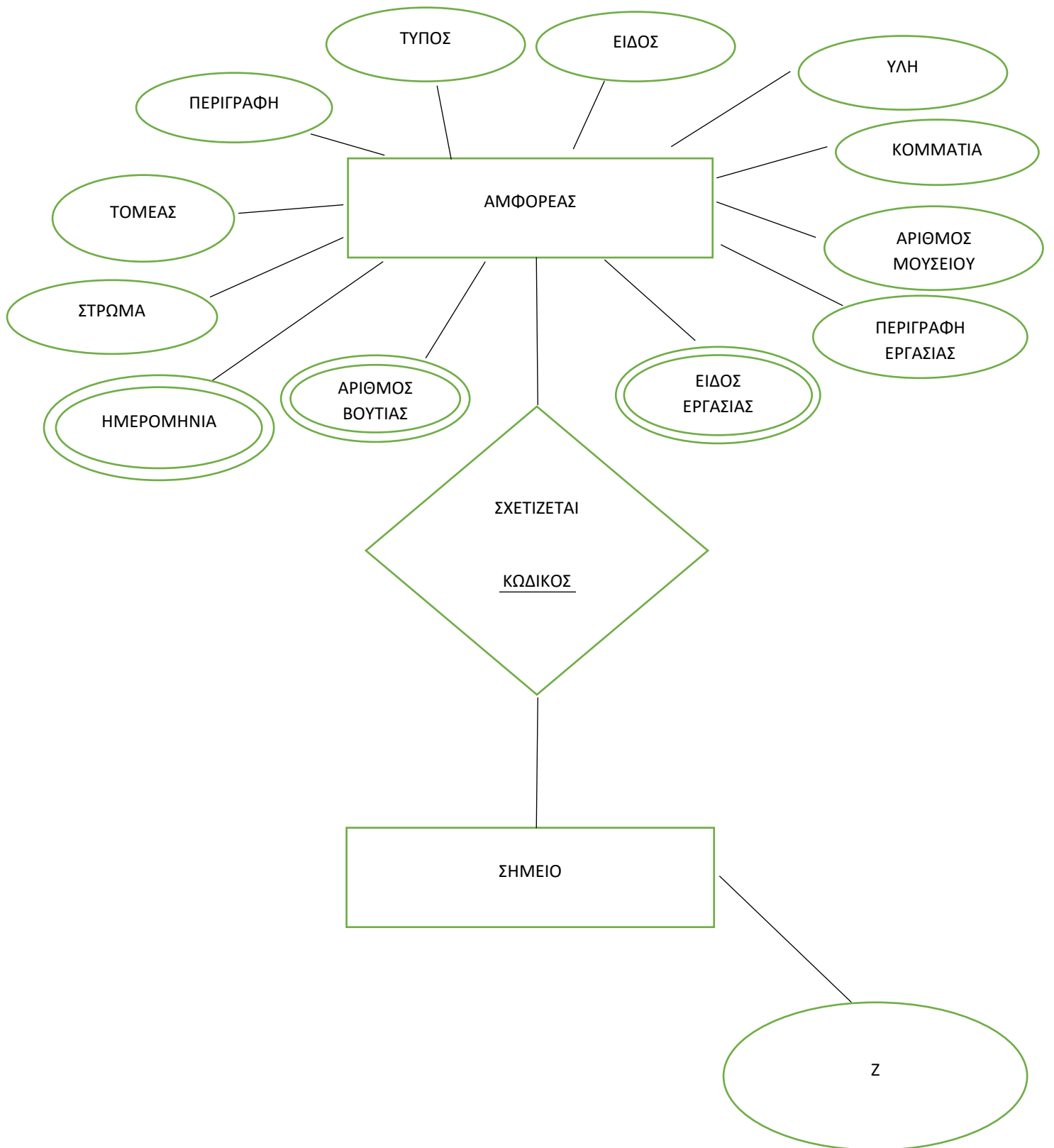
Ξεκινώντας τον σχεδιασμό μιας Β.Γ.Δ. στα πλαίσια του παρόντος θέματος, θα πρέπει, σαν πρώτο βήμα, να γίνει ορισμός του υποσυνόλου ενδιαφέροντος του πραγματικού κόσμου (οπ.π.), ή αλλιώς, συγκέντρωση και ανάλυση των απαιτήσεων του μικρόκοσμου (Στεφανάκης 2010). Στο στάδιο αυτό, θα καθοριστούν τα δεδομένα που εμπλέκονται καθώς και οι χρήστες που θα χρησιμοποιήσουν τη Β.Γ.Δ. Επίσης, καταγράφονται οι εφαρμογές και οι λειτουργίες που θα υποστηρίζονται και ο σκοπός της ανάπτυξης της Β.Γ.Δ.

Σκοπός της ανάπτυξης της Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων στη παρούσα μελέτη είναι η διαχείριση αρχαιολογικών ευρημάτων, για εξαγωγή αρχαιολογικής πληροφορίας από έναν υποθαλάσσιο αρχαιολογικό χώρο και συγκεκριμένα ένα ναυάγιο για την απαιτούμενη συνοχή στην παρακολούθηση της πορείας της ανασκαφής.

Η εν λόγω Β.Γ.Δ., οποία θα είναι προσπελάσιμη από ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, επιδιώκει τη συγκέντρωση όλων των δεδομένων, γεωγραφικών και περιγραφικών, των αρχαιολογικών οντοτήτων· εν προκειμένω των αμφορέων του ναυαγίου. Οι λειτουργίες του συστήματος αφορούν καταγραφή της θέσης, παρακολούθηση και διαχείριση της εκτέλεσης αρχαιολογικών εργασιών για την κάθε δραστηριότητα σε κάποιο αμφορέα. Στα δεδομένα συμπεριλαμβάνονται και οι υψηλής ανάλυσης ορθοφωτογραφίες, που θα εισάγονται στο Σ.Γ.Π. και που αποτελούν τη βάση του τοπικού συστήματος αναφοράς.

Θα πρέπει να υπάρχουν ικανοποιητικές προδιαγραφές λειτουργικού συστήματος, ώστε να υποστηρίζει τον όγκο των δεδομένων σε περίπτωση που το αρχείο επεκταθεί και σε άλλες οντότητες, αρχαιολογικές και μη, και να μπορεί να εξυπηρετεί τους χρήστες με ταχεία απόκριση και ικανοποιητική μνήμη. Οι χρήστες του συστήματος είναι οι υπεύθυνοι και συνεργάτες της ομάδας του Ναυαγίου του Μαζωτού, και γενικά το προσωπικό έρευνας του ναυαγίου.

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των οντοτήτων και των αναμεταξύ τους συσχετίσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με την σχεδίαση ενός εννοιολογικού σχήματος. Ο σχεδιασμός του εννοιολογικού σχήματος της παρούσας εργασίας ακολουθεί στην Εικόνα 7:

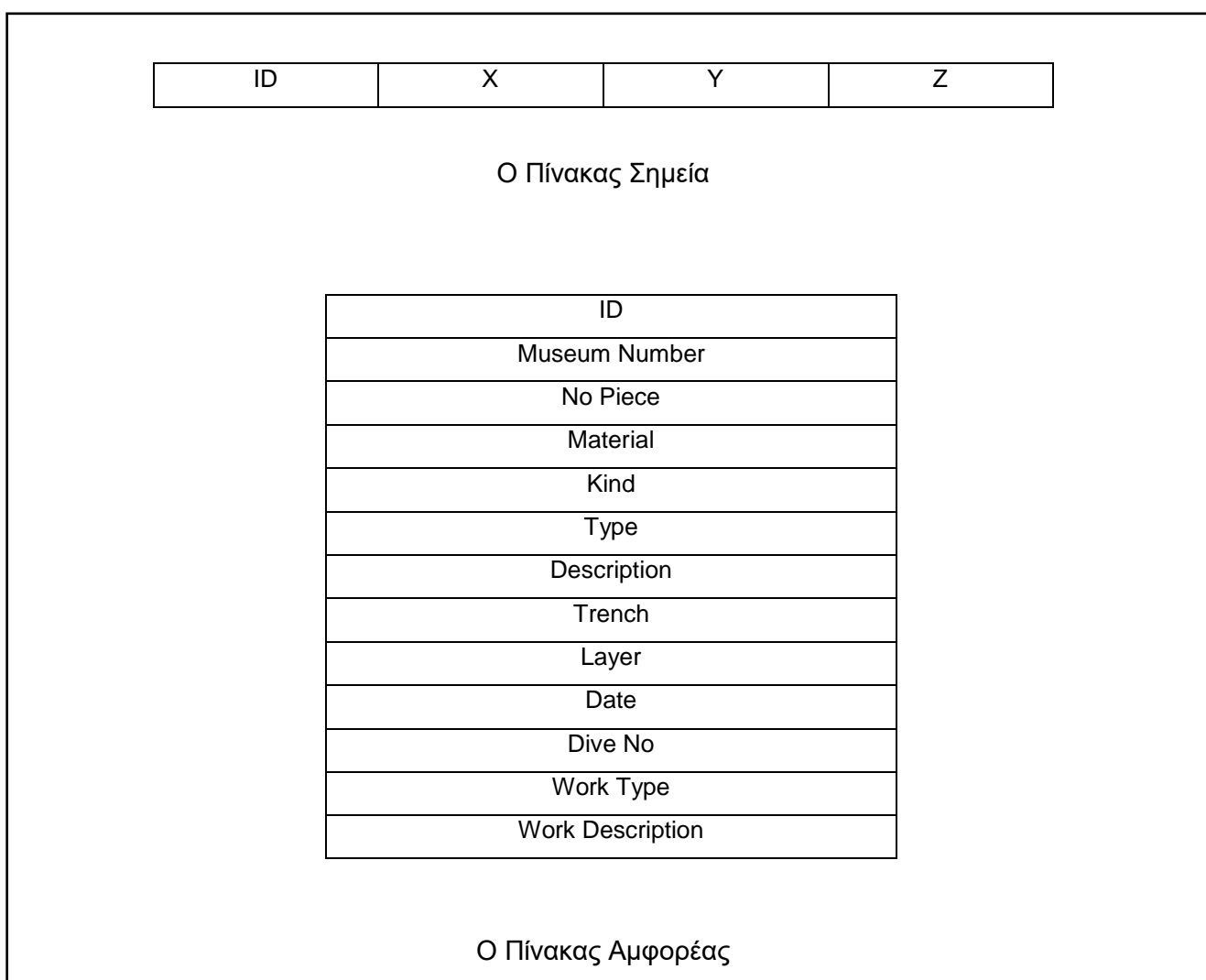


Εικόνα 7: Εννοιολογικό Σχήμα Β.Γ.Δ. της παρούσας εργασίας

Στη συνέχεια έγινε επιλογή του Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων, που, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο σημείο της εργασίας αυτής, ορίστηκε σε Σχεσιακό Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων.

Έπειτα, το επόμενο στάδιο είναι η σχεδίαση του λογικού μοντέλου, η οποία βασίζεται άμεσα στο εννοιολογικό μοντέλο, οι οντότητες του οποίου μοντελοποιούνται ως πίνακες. Τα πεδία αντιστοιχούν στα χαρακτηριστικά τους και στις συσχετίσεις τους με τις άλλες κατηγορίες.

Τελευταίο βήμα είναι η σχεδίαση του φυσικού μοντέλου, που παρέχεται από το λογισμικό του Σ.Δ.Β.Δ., το οποίο, συνήθως, αποτελεί κάποια εμπλουτισμένη μορφή της SQL με χωρικούς τύπους δεδομένων και συναρτήσεις υποστήριξης χωρικών ερωτημάτων (Κάβουρας κ. α. 2015), ανάλυση του οποίου δεν περιλαμβάνεται στο παρόν.



Εικόνα 8: Το λογικό μοντέλο που προκύπτει από το εννοιολογικό μοντέλο της Εικόνα 7

6 Εφαρμογή: Ανάπτυξη GIS με Βάση Ορθοφωτογραφίες

Η ανάπτυξη της εφαρμογής GIS αρχαιολογικών δεδομένων, με βάση ορθοφωτογραφίες υψηλής ανάλυσης του Ναυαγίου του Μαζωτού, πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS, έκδοση 10.4.1, της ESRI. Το λογισμικό περιβάλλον του ArcGIS είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού GIS και θεωρήθηκε ως το καταλληλότερο για αυτό το σκοπό.

Στόχος της ανάπτυξης του Σ.Γ.Π. είναι, μέσω αυτού, να μπορούν να εξαχθούν αρχαιολογικές πληροφορίες, που θα προκύψουν από χωρικά και περιγραφικά ερωτήματα, σχετικά με το φορτίο του ναυαγίου. Αυτό προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση του χαρτογραφικού υποβάθρου, δηλαδή τις ορθοφωτογραφίες-ορθοφωτοχάρτες που λήφθηκαν υποβρυχίως, τα γεωγραφικά δεδομένα, αλλά και τα δεδομένα από το αρχείο της επί καθημερινής βάσης διαδικασίας καταγραφής δραστηριοτήτων της ανασκαφής του ναυαγίου.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά η επεξεργασία των δεδομένων και τα διάφορα βήματα που ακολουθήθηκαν, αφού πρώτα γίνει σύντομη ανασκόπηση της περιοχής του Ναυαγίου του Μαζωτού.

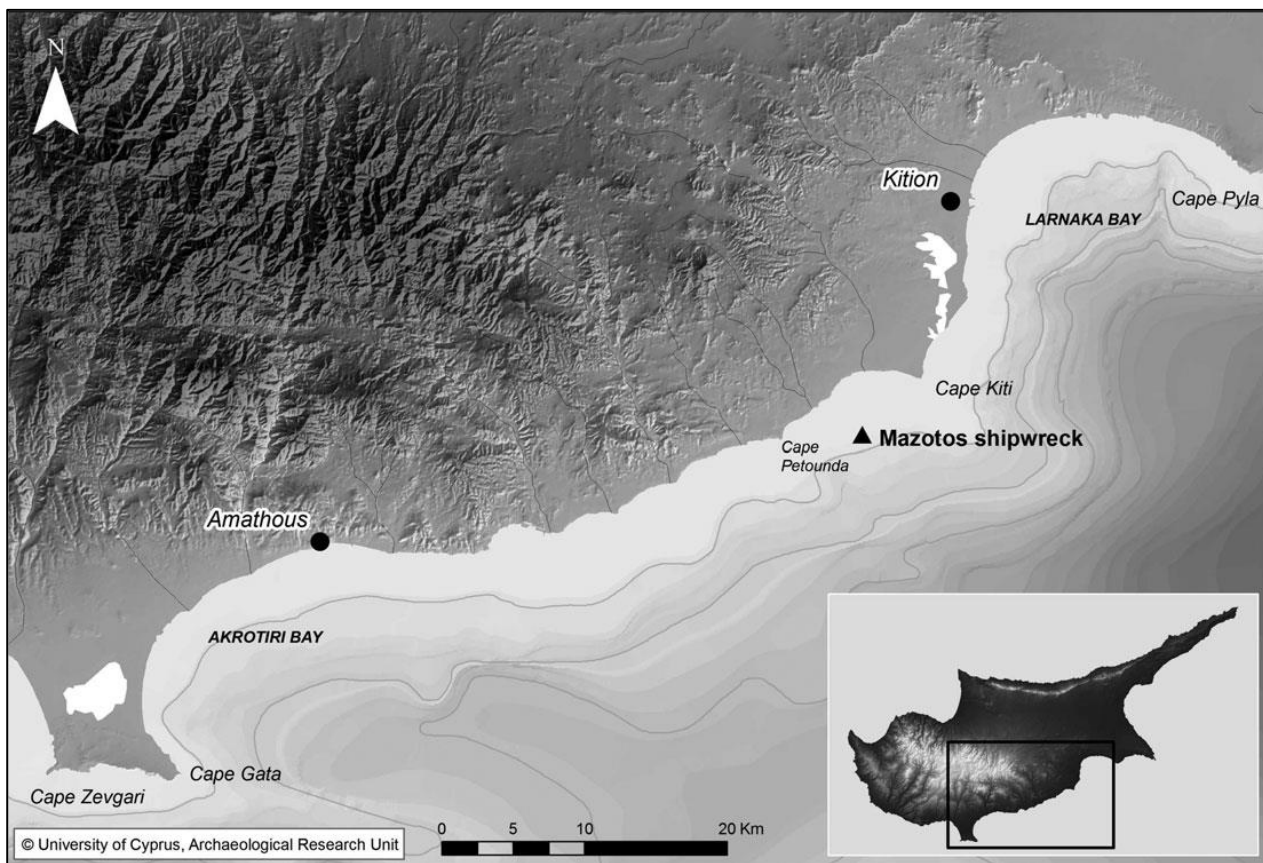
6.1 Περιοχή Ενδιαφέροντος Μελέτης

Το Ναυάγιο του Μαζωτού βρίσκεται βυθισμένο από τον 4^ο αιώνα μέχρι σήμερα στα -44 μ βάθος, στη θαλάσσια περιοχή νότια της Κύπρου. Στην απέναντι ακτή, 14 ναυτικά μίλια απόσταση, βρίσκεται το χωριό Μαζωτός, εξού και η ονομασία του ναυαγίου. Είναι το πρώτο ναυάγιο της κλασικής περιόδου που εντοπίστηκε στη Ν.Α Μεσόγειο να μεταφέρει Χιακούς αμφορείς, σε προσιτό προς τους δύτες βάθος. Εντοπίστηκε τυχαία και δηλώθηκε στις Αρχές το 2006 (Demesticha 2011).

Έκτοτε, το μεγάλο φορτίο του ναυαγίου, το οποίο αποτελείται από τουλάχιστον 500 ολοκληρωτικά ή μερικώς αποκαλυμμένους αμφορείς (οπ.π.), ανασκάπτεται από το Πανεπιστήμιο Κύπρου και συγκεκριμένα το Εργαστήριο Εναλίων Αρχαιολογικών Ερευνών, τον μόνο φορέα στην Κύπρο που διεξάγει συστηματικές υποβρυχίες αρχαιολογικές έρευνες.

Υπεύθυνο για την γενική αποτύπωση του Ναυαγίου του Μαζωτού και την καθημερινή αποτύπωση του σκάμματος είναι το Εργαστήριο Φωτογραμμετρικής Ενόρασης του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Αναμφίβολα, το υποβρύχιο περιβάλλον, κατά τη διαδικασία αποτύπωσης της θέσης, δημιουργεί αρκετά προβλήματα (βλ. σχετικά Muckelroy 1978, σσ. 36 - 48). Ο περιορισμένος φωτισμός και ο σύντομος χρόνος παραμονής στο βυθό, λόγω βάθους, είναι τα σημαντικότερα από αυτά. Για να αντιμετωπιστούν οι ιδιαίτερες αυτές συνθήκες, χρησιμοποιείται η μέθοδος της Υποβρυχίας Ψηφιακής Φωτογραμμετρίας. Πρόκειται για μέθοδο χρήσιμη στην

Αρχαιολογία, τόσο για την ταχύτερη λήψη μετρήσεων, όσο και για τις αποτυπώσεις με μεγάλη ακρίβεια, από την οποία παρήχθησαν και οι ορθοφωτοχάρτες, που χρησιμοποιούνται ως βάση στα πλαίσια της παρούσας εφαρμογής Σ.Γ.Π.



Εικόνα 9: Χάρτης της Κύπρου: Ναυάγιο του Μαζωτού (Α. Αγαρίου, [© Πανεπιστήμιο Κύπρου, EMA] στο Demesticha 2010, σ. 2, εικόνα. 1)

Η μοναδικότητα του Ναυαγίου του Μαζωτού δεν οφείλεται μόνο στην μεγάλη ανακάλυψη, την αρχαιολογική σημασία ή τον μεγάλο όγκο του φορτίου του, αλλά και στις πρωτοπόρες ανασκαφικές διαδικασίες που ακολουθούνται, οι οποίες συνδυάζουν καινοτόμες διεπιστημονικές μεθόδους έρευνας. Περισσότερες πληροφορίες για το ναυάγιο μπορεί να κανείς να βρει σε επιστημονικές δημοσιεύσεις (βλ. Demesticha 2010; Skarlatos & Rova 2010; Skarlatos κ. α. 2010; Skarlatos κ. α. 2012; Demesticha κ. α. 2014; Katsouri κ. α. 2015), πτυχιακές εργασίες (Γρηγορίου 2012; Katsouri 2013), καθώς και στον έντυπο και ηλεκτρονικό τύπο (βλ. Δεμέστιχα 2011; Ίδρυμα Θέτις 2012).

6.2 Δεδομένα

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής GIS αρχαιολογικών δεδομένων με βάση ορθοφωτογραφίες χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι δεδομένα:

- Αρχείο με τα γεωγραφικά δεδομένα των αμφορέων του Ναυαγίου του Μαζωτού. Η μορφή του αρχείου ήταν TXT «2015-10-25-08-Current-Control_NEW», το οποίο περιλαμβάνει κωδικό ευρήματος και τις συντεταγμένες X, Y, Z που το αφορούν, 148 ευρημάτων, όχι όλων. Η επιλογή των συγκεκριμένων αμφορέων έγινε λόγω του ότι ο αριθμός των ευρημάτων ξεπερνά τα 500 αντικείμενα, και θα έπρεπε να περιοριστεί για τους σκοπούς της εργασίας. Όσοι από τους αμφορείς επιλέγηκαν, είχαν ήδη σημειωθεί και γεωαναφερθεί κατά την ανασκαφική περίοδο του 2015. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε μια νέα Βάση Γεωγραφικών Δεδομένων που συσχετίστηκε με Βάση Αρχαιολογικών Δεδομένων.
- Αρχείο σε μορφή λογιστικού φύλλου MS Excel (xls) «Pottery finds 2015», στο οποίο αναφέρονται σχετικές ιδιότητες, δηλαδή τα περιγραφικά δεδομένα, περίπου 738 εγγραφών συνολικά, για 145 αμφορείς. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε Βάση Αρχαιολογικών Δεδομένων. Για το κάθε ένα από τα 145 ευρήματα αντιστοιχεί ένας αριθμός εγγραφών, αναλόγως των εργασιών που έγιναν και σχετίζονται με αυτό. Όσον αφορά την σύνδεση της πληροφορίας από τη Βάση Αρχαιολογικών Δεδομένων που δημιουργήθηκε, με την ανωτέρω Βάση Γεωγραφικών Δεδομένων ήταν στη βάση της σχέσης ένα – προς – πολλά, πράγμα που δεν υποστηρίζεται στο γραφικό περιβάλλον του ArcGIS. Αυτό μπορούσε να επιτευχθεί μόνο μέσω της εντολής Relate, αφού πρώτα εντός της MS Access γίνει εσωτερική συσχέτιση των πινάκων με ένα κοινό πεδίο κλειδί. Έγιναν προσπάθειες προς αυτή τη κατεύθυνση, όμως, δεν κατέστη δυνατόν, και, τελικά, η μελέτη δεν προχώρησε προς αυτή την κατεύθυνση. Έτσι, σε αυτό το στάδιο συνδέθηκαν μόνο οι 145 αντίστοιχες αρχαιολογικές πληροφορίες.
- Αρχεία tif & tfw, τα οποία περιλαμβάνουν 19 ορθοφωτογραφίες διαφορετικών ημερομηνιών φωτοληψίας.



Εικόνα 10: Φωτομωσαϊκό ναυαγίου (Bruce Hartzler, [© Πανεπιστήμιο Κύπρου, ΕΜΑ] στο Demesticha 2010, σ. 4, fig. 2)

6.3 Βήματα Επιτέλεσης Μελέτης

Στο υποκεφάλαιο της εργασίας αυτής εμφανίζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της μελέτης. Το ίδιο αυτό υποκεφάλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός σε περίπτωση περαιτέρω επέκτασης της Β.Γ.Δ. και ενδεχόμενη εισαγωγή ή συσχέτιση νέων πινάκων και αντικειμένων.

Για την εκτέλεση του αντικειμένου της εργασίας, ως πρώτο βήμα μετά τη συγκέντρωση των γεωγραφικών και περιγραφικών δεδομένων, ήταν να πραγματοποιηθεί μια προεπεξεργασία των αρχείων, τόσο των γεωγραφικών, όσο και των περιγραφικών δεδομένων, τα οποία υπέστησαν μετατροπές του αρχικού τους τύπου, ώστε να καταστούν κατάλληλα για την εργασία και συμβατά με το λογισμικό ArcGIS.

Στα γεωγραφικά δεδομένα, τα οποία ήταν σε ένα txt αρχείο, έγινε επεξεργασία, μεταφέροντάς τα, αρχικά, εντός ενός MS Excel αρχείου (xls). Σε αυτό το xls αρχείο, έγινε δημιουργία 4 στηλών, στις οποίες δόθηκαν οι αντίστοιχες ονομασίες ID, X, Y, Z. στα απαραίτητα πεδία, καταχωρώντας παράλληλα τις ιδιότητες στα αντίστοιχα κελιά της κάθε στήλης (Εικόνα 11). Αυτό έγινε για σκοπούς οργάνωσης και καταμέτρησης των δεδομένων, πράγμα που επετεύχθη, καθώς εντοπίστηκαν οι διαφορές των 3 αρχείων στον αριθμό των αμφορέων, οι οποίες στην συνέχεια, όπως αποδείχτηκε, δικαιολογούνταν απόλυτα, λόγω αλλαγής στον κωδικό του ονόματος.

Στο νεοδημιουργηθέν xls αρχείο παρέμεινε το ίδιο όνομα, απλά με την διαφορετική κατάληξη λόγω του διαφορετικού τύπου του (2015-10-25-08-Current-Control.xls). Εδώ, θα πρέπει να τονιστεί, ότι πρέπει να αποθηκευτεί σε αρχείο MS Excel 1997-2003, ώστε να είναι συμβατό με την συγκεκριμένη έκδοση του ArcGIS. Οι πιο πρόσφατες εκδόσεις xls, δεν εντοπίζονται από το λογισμικό στην τρέχουσα έκδοση.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η δημιουργία ενός shapfile (shp) αρχείου μέσα από τον ArcCatalog, το οποίο περιγράφει χωρικά τα διανυσματικά χαρακτηριστικά, όπως σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Σε αυτή την περίπτωση δημιουργήθηκε ένα σημειακό shp με ακριβώς ίδια πεδία ID,X,Y,Z. Μετέπειτα έγινε εισαγωγή και των δύο αρχείων, του xls και shp, εντός του περιβάλλοντος του ArcMap.

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε συνδυασμός της χωρικής πληροφορίας των γεωγραφικών δεδομένων του αρχείου excel με το νέο αρχείο shapfile μέσω της εντολής JOIN. Τα δύο αυτά αρχεία μέσα από την λογική των Β.Δ. συσχετίστηκαν στον ειδικό αυτοματισμό για την πραγματοποίηση αυτού του είδους συσχετίσεων που παρέχεται από το λογισμικό ArcGIS.

2015-10-25-08-Current-Control_NEW.TXT - Notepad

File Edit Format View Help

ID	X	Y	Z
P0001	0.683900	17.699000	0.009400
P0002	-0.296500	16.026000	0.234100
P0003	-0.476656	15.280594	0.256028
P0004	-0.036100	14.687000	0.307500
P0005	-0.799400	14.146000	0.315300
P0006	-0.749362	13.448526	0.559225
P0007	-0.325183	14.190162	0.321126
P0008	0.471000	13.927000	0.393600
P0009	0.808200	13.617000	0.415500
P0010	1.981600	13.250000	0.416500
P0011	2.898600	13.691000	0.200400
P0014	1.233823	12.668945	0.639575
P0015	1.061406	12.164440	0.663464
P0016	-0.999700	11.299000	0.539900
P0017	0.185800	11.686000	0.646400
P0018	0.502885	12.277545	0.597423
P0019	0.723798	12.191931	0.652680
P0020	0.551929	11.562048	0.940530
P0021	0.954328	11.714215	0.649524
P0022	-1.436400	11.453000	0.411500
P0023	-1.075700	10.905000	0.632400
P0024	-1.187172	7.031694	0.209630
P0025	-1.991700	10.239600	0.564700
P0026	-1.878597	9.970322	0.710226
P0027	-1.649100	10.296700	0.443000
P0028	0.151400	10.110000	1.136800
P0029	1.064800	10.543000	0.627000
P0030	1.030800	10.877000	0.465800
P0031	-0.988726	10.420391	0.745640
P0032	1.002200	10.226000	0.576500
P0033	2.253400	10.538000	0.543000

2015-10-25-08-Current-Control.xls... Εισαδος

Αρχείο Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελ Τύποι Δεδομένα Αναθεώρησι Προβολή Πείτε μοι

Μορφοποίηση υπό όρους Μορφοποίηση ως πίνακα Στυλ κελιών

Πρόχειρο Γραμματοσειρά Στοιχισι Αριθμός Κελιά Επεξεργασια

Στυλ

E1

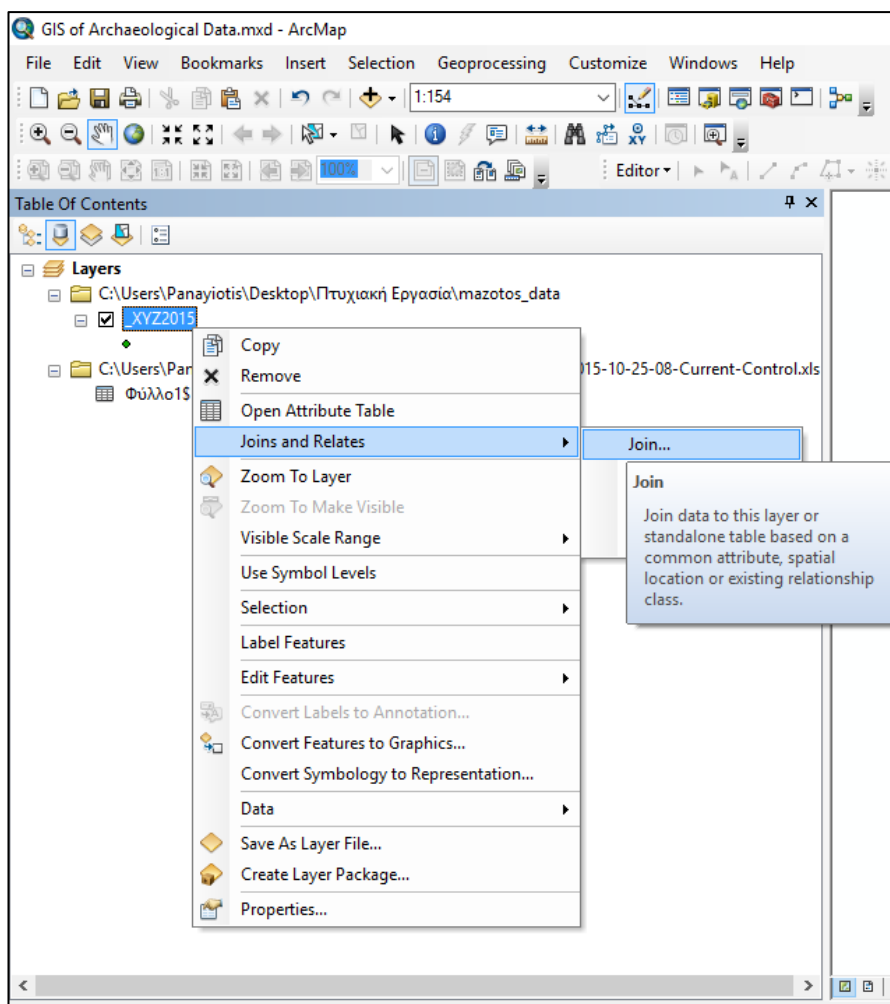
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ID	X	Y	Z					
2	P0001	0.6839	17.699	0.0094					
3	P0002	-0.2965	16.026	0.2341					
4	P0003	-0.47666	15.28059	0.256028					
5	P0004	-0.0361	14.687	0.3075					
6	P0005	-0.7994	14.146	0.3153					
7	P0006	-0.74936	13.44853	0.559225					
8	P0007	-0.32518	14.19016	0.321126					
9	P0008	0.471	13.927	0.3936					
10	P0009	0.8082	13.617	0.4155					
11	P0010	1.9816	13.25	0.4165					
12	P0011	2.8986	13.691	0.2004					
13	P0014	1.233823	12.66895	0.639575					
14	P0015	1.061406	12.16444	0.663464					
15	P0016	-0.9997	11.299	0.5399					
16	P0017	0.1858	11.686	0.6464					
17	P0018	0.502885	12.27755	0.597423					
18	P0019	0.723798	12.19193	0.65268					
19	P0020	0.551929	11.56205	0.94053					
20	P0021	0.954328	11.71422	0.649524					
21	P0022	-1.4364	11.453	0.4115					

Φύλλο1

Ετοιμο 100%

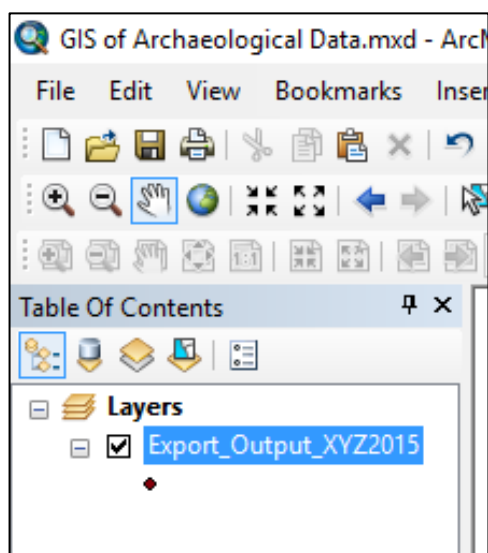
Εικόνα 11: Μεταφορά γεωγραφικών δεδομένων από το TXT αρχείο σε MS Excel

Ο συσχετισμός πραγματοποιείται στη βάση ενός κοινού πεδίου «κλειδιού», μέσω του οποίου το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων «προσανατολίζει» την μεταφορά των εγγραφών από τον ένα πίνακα στον άλλο. Είναι πολύ σημαντικό, οι εγγραφές στο πεδίο κλειδί να είναι ακριβείς, ώστε να ταιριάζουν απόλυτα και στους δύο πίνακες. Εκτελώντας τη συσχέτιση μεταξύ του shaperefile και του xls, με πρωτεύον κλειδί το πεδίο ID, επιτυγχάνεται η αυτόματη εισαγωγή των ιδιοτήτων, δηλαδή των συντεταγμένων, στον πίνακα του shaperefile.



Εικόνα 12: Πλαίσιο διαλόγου Join Data της επιλογής Joins and Relates εντός του ArcMap

Επόμενο βήμα, μετά τη συσχέτιση, ήταν η εξαγωγή ενός νέου shp με τη βοήθεια της επιλογής Export data εντός ArcMap, από το ήδη υπάρχον, το οποίο μόλις απέκτησε τις επιπρόσθετες ιδιότητες. Αυτό έγινε, έτσι ώστε να δημιουργηθεί νέα σημειακή οντότητα shp, η οποία θα περιέχει ενσωματωμένα, πια, τα δεδομένα εντός της. Το αρχείο που προέκυψε αποθηκεύεται με το τελικό όνομα Export_Output_XYZ2015.shp και εισάγεται, έπειτα, και πάλι εντός του ArcMap.

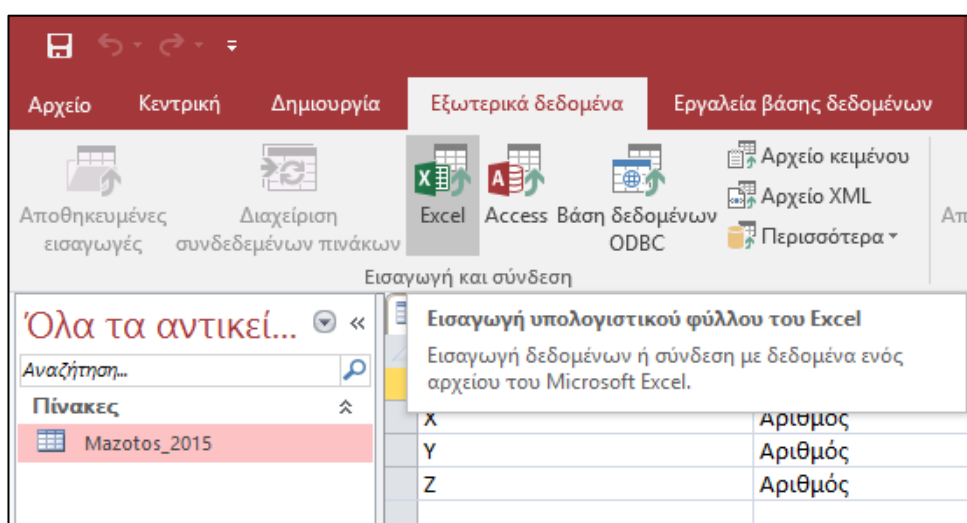


Εικόνα 13: Το αρχείο Export_Output_XYZ2015.shp. εισάγεται εντός του ArcMap

Έπειτα, το 2015-10-25-08-Current-Control.xls μεταφέρθηκε εντός του λογισμικού MS Access ως το κατεχοχρήν λογισμικό δημιουργίας Βάσεων Δεδομένων, ώστε να μετατραπεί σε mdb αρχείο με το όνομα Mazotos 2015. Αυτό πραγματοποιήθηκε από το εργαλείο εξωτερικά δεδομένα.

Το μεγάλο πλεονέκτημα ενός αρχείου mdb έναντι του εν λόγω xls και ο λόγος μετατροπής του τελευταίου σε Β.Δ., έγκειται, κυρίως, στην ικανότητα αλληλεπίδρασης της Β.Δ. μέσα σε πραγματικό χρόνο, όταν εκτελούνται αλλαγές ή προσθήκες σε αυτό, δηλαδή στα πεδία και τις ιδιότητες που φιλοξενεί. Αυτό δεν μπορεί να υποστηρίζεται κατά αυτό τον τρόπο, δηλαδή σε πραγματικό χρόνο, από ένα αρχείο τύπου MS Excel.

Μετά, έλαβε χώρα η εισαγωγή των περιγραφικών δεδομένων MS Excel (xls) «Pottery finds 2015» ως πίνακα εντός της πιο πάνω Β.Δ. Mazotos 2015. Αυτό πραγματοποιήθηκε με το ίδιο εργαλείο, όπως και πριν, κερδίζοντας, εξίσου, τα ίδια πλεονεκτήματα με την πιο πάνω περίπτωση.



Εικόνα 14: Εισαγωγή περιγραφικών δεδομένων στη Βάση Δεδομένων

Στη συνέχεια, αφού ο νέος Πίνακας πήρε την ονομασία «potteryfinds2015.mdb», ακολούθησε η επεξεργασία των περιγραφικών δεδομένων με τη δημιουργία δύο νέων στηλών Date και Dive, οι οποίες, για σκοπούς παρακολούθησης της ανασκαφής σε καθημερινή βάση, είχαν μια ενοποιημένη μορφή.

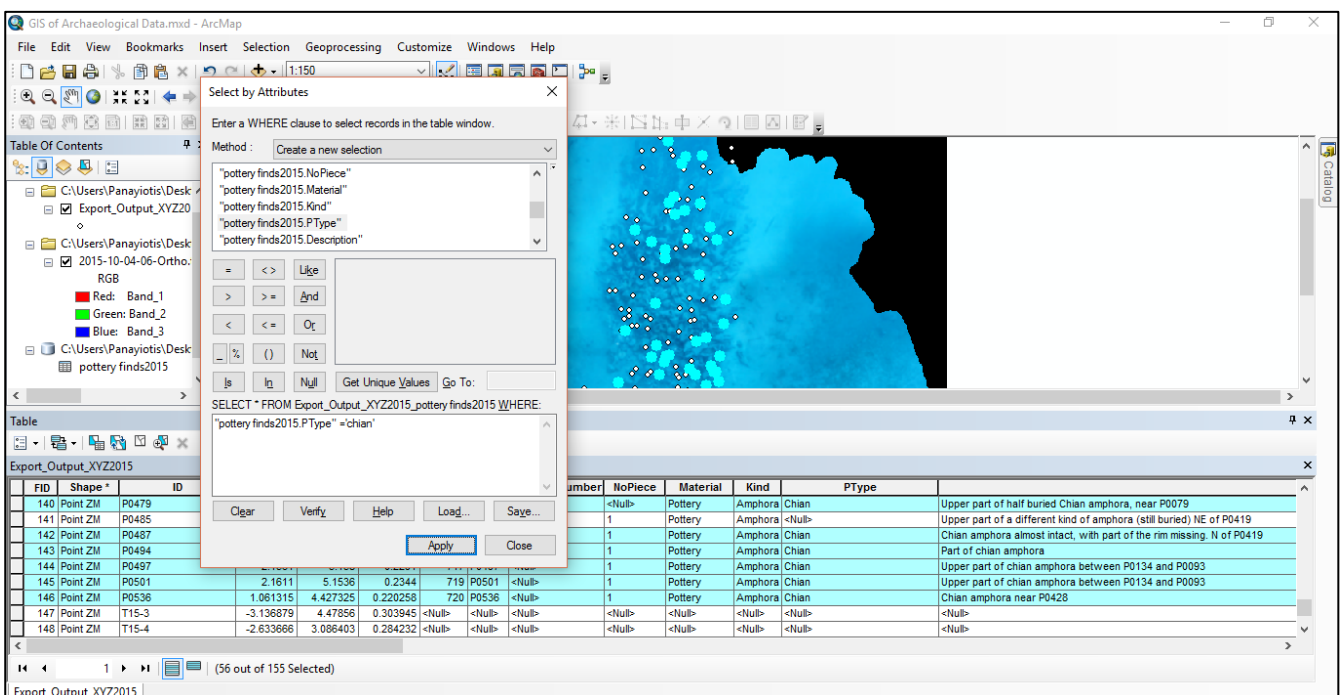
Επιπλέον, η στήλη Date ορίστηκε ως ειδικό πεδίο ημερομηνίας, το οποίο προσφέρεται από το MS Access. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορεί να το κατανοήσει η Β.Δ. ως τέτοιο, και ακολούθως να πραγματοποιηθούν σχετικά ερωτήματα, που αφορούν συγκεκριμένες ενέργειες σε συγκεκριμένες ημερομηνίες. Επίσης, όλες οι στήλες, που είχαν ονομαστεί στα Ελληνικά, μετονομάστηκαν στα Αγγλικά, για λόγους καλύτερης συμβατότητας και αποφυγής ενδεχόμενων επιπλοκών.

Μετά το πέρας όλων των πιο πάνω ενεργειών, εισήχθησαν όλα τα τελικά δεδομένα στο GIS, συμπεριλαμβανομένων των αρχείων tif και tfw ορθοφωτογραφιών/ ορθοφωτοχαρτών, και μέσω της επιλογής JOIN, έγινε η επιθυμητή σύνδεση του τελικού πίνακα «potteryfinds2015.mdb» της Β.Δ. με όλες τις αρχαιολογικές πληροφορίες, μαζί με το τελικό shapefile «Export_Output_XYZ2015.shp», το οποίο, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, περιέχει τις σημειακές οντότητες.

7 Συμπεράσματα: Αποτελέσματα και Κριτική Αξιολόγηση

Μετά από τις απαραίτητες δοκιμές και ελέγχους στην τελική φάση ανάπτυξης του Σ.Γ.Π, η σύνδεση έγινε και λειτουργεί σωστά. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι, ότι πια θα μπορούν να γίνουν ερωτήματα, αρχαιολογικής και χωρικής φύσεως στη Β.Δ., ενώ, παράλληλα, θα υπάρχει η ευχέρεια οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων με βάση τις ορθοφωτογραφίες μέσα στο γραφικό περιβάλλον του Σ.Γ.Π. Κατά αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης θα μπορεί να θέτει αρχαιολογικά και χωρικά ερωτήματα και τα αποτελέσματα να εμφανίζονται στην Β.Δ. και να παρουσιάζονται στον Η/Υ. Ακόμη, μπορούν να τεθούν και σύνθετα ερωτήματα, που, μάλλον, πρέπει να γίνουν σε δύο βήματα. Μερικά από τα ερωτήματα θα μπορούσαν να είναι τα εξής:

- Ποιοι από τους αμφορείς είναι Χιακοί;
- Ποιοι αμφορείς έχουν ανελκυστεί και δεν είναι στην θέση τους;
- Πότε ανελκύστηκε ο αμφορέας P00...;
- Ποιες ενέργειες ή/και εργασίες έγιναν κατά τη 2^η βουτιά της 31/05/2011;
- Ποιοι αμφορείς βρίσκονται σε απόσταση 1.5 μέτρο από τον P0023;
- Ποιοι αμφορείς βρίσκονται κοντά (πχ <1.5μ) σε με αμφορείς που δεν είναι Χιακοί;



Εικόνα 15: Εκτέλεση SQL ερωτημάτων ενός Σ.Γ.Π. και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων εντός του γραφικού περιβάλλοντος του ArcGIS.

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι στις μέρες μας αρκετά διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλούς και διάφορους επιστημονικούς τομείς και εφαρμογές, όμως

φαντάζουν ακόμη πιο χρήσιμα στον τομέα της Αρχαιολογίας, όπως παρουσιάζεται μέσα από την εκπόνηση της εργασίας αυτής. Χάρη στις ικανότητες και τα χαρακτηριστικά των GIS, αυτά έχουν κατακτήσει σημαντική θέση ανάμεσα σε άλλα μεθοδολογικά εργαλεία, και, πλέον, θεωρούνται ως ένα από τα καταλληλότερα εργαλεία για τις ανάγκες των διαφόρων πολύπλοκων αναπαραστάσεων επιγείων, αλλά και υποβρυχίων ανασκαφών. Καθόσον δύνανται να χρησιμοποιούνται με συστηματικό τρόπο κατά τα στάδια συλλογής, διαχείρισης και επεξεργασίας των αρχαιολογικών δεδομένων. Μέσα σε όλα αυτά, προστίθεται και το πλεονέκτημα της γεωαναφοράς των δεδομένων, που επιτρέπει την ακριβή τοπογραφική θέση αντικειμένων εντός και εκτός του υδάτινου περιβάλλοντος.

Αποτελούν, επιπρόσθετα, ένα μοναδικό μέσο, το οποίο πληροί τις απαιτούμενες, από αρχαιολογικής άποψης, προϋποθέσεις, καθώς υποστηρίζει τη διαχείριση μιας ανασκαφής, βοηθώντας ταυτόχρονα στην παρακολούθηση της διεξαγωγής της ανασκαφής μιας αρχαιολογικής θέσης. Στη συγκεκριμένη μελέτη αναδεικνύεται η σημασία των Σ.Γ.Π. στην αρχαιολογική πράξη, καθώς παρέχουν τη δυνατότητα οργάνωσης, ανάκτησης, αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάλυσης διαφόρων στοιχείων ψηφιακής μορφής, τα οποία συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της ανασκαφής.

Η δυσχερής τοποθεσία και το υποβρύχιο περιβάλλον του αντικειμένου αυξάνουν το βαθμό δυσκολίας σε κάθε ερευνητική δραστηριότητα, από την αποτύπωση, διαχείριση, παρακολούθηση, ανασκαφή, φωτογράφιση, αποθήκευση, συντήρηση και σε όλες τις λειτουργίες, που υπό κανονικές συνθήκες και σε άλλα περιβάλλοντα θα διεξάγονταν χωρίς τόσο κόπο και έξοδα. Τα Σ.Γ.Π. δίνουν λύσεις στην αντιμετώπιση των προκλήσεων, ιδιαίτερα, μέσα σε αυτό το τόσο απαιτητικό περιβάλλον του βυθού. Προφανώς, αυτός είναι και ο λόγος που υπάρχει και συντηρείται εδώ και χρόνια, από τη δεκαετία του 1980, μια μακροχρόνια σχέση Αρχαιολογίας και GIS, και που στις μέρες μας κατευθύνεται όλο και πιο πολύ προς το υποβρύχιο πεδίο της.

Συνεπώς, παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες των Σ.Γ.Π., αρχαιολόγους και μη, να διαχειριστούν μια αρχαιολογική έρευνα, μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο και το κόστος παρακολούθησης, ενώ, ταυτόχρονα, αυξάνουν, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους και τη μείωση σφαλμάτων, ώστε να ξεπεραστούν εμπόδια που παλαιότερα φάνταζαν ανυπέρβλητα. Μια τέτοια επιστημονική μέθοδος, κατά την άποψη του συγγραφέα είναι πολύ σημαντική έως απαραίτητη, ιδιαίτερα στην υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα. Βέβαια, σε άλλες περιπτώσεις, τέτοιου είδους εφαρμογές μπορεί να αφορούν λόγους προβολής και ανάδειξης ενός μνημείου ή ναυαγίου.

Ας σημειωθεί εδώ, η συμβολή των νέων τεχνολογιών και της Φωτογραμμετρίας, που παρέχουν περιορισμό σφάλματος στη δισδιάστατη απεικόνιση (ορθοφωτογραφίας), εν συγκρίσει με την παραδοσιακή φωτογράφιση. Η δύσκολη πρόσβαση, λόγω του υγρού στοιχείου, αλλά και άλλων εμποδίων πολύ πιθανόν να επιφέρει σφάλματα στις μετρήσεις, αν αυτές γίνουν με παραδοσιακά σχέδια στο χέρι. Οι παραδοσιακές μέθοδοι αποτύπωσης μιας ανασκαφής λόγω δυσκολίας στην

πρόσβαση στο θαλάσσιο περιβάλλον, οδηγούνται σε έλλειψη ακρίβειας στις μετρήσεις, σε μειονεκτήματα στη ρεαλιστικότητα, στην απόδοση και σε απουσία λεπτομερειών στην προβολή. Επιπλέον, υποστηρίζεται ευχερώς, εντός των Σ.Γ.Π. η εισαγωγή δεδομένων από αποτυπώσεις ακόμη μεγαλύτερης κλίμακας, όπως για παράδειγμα επεξεργασία δεδομένων από γεωφυσικές μεθόδους, Σαρωτές και Βαθύμετρα, όπου μπορούν να χαρτογραφηθούν πολύ μεγάλες εκτάσεις, υποθαλάσσια αρχαιολογικά πάρκα και ναυάγια κ.λπ.

Περαιτέρω, η χρήση Βάσεων Γεωγραφικών Δεδομένων αρχαιολογικών πληροφοριών, μπορεί να αφορά ένα μεμονωμένο σύνολο αντικειμένων, όπως στην περίπτωση αυτής της εργασίας ως προς τους αμφορείς ενός ναυαγίου, εντούτοις, είναι εφικτή η επέκταση της, ώστε να εξυπηρετεί μια συνολική διαχείριση του συνόλου των ευρημάτων μιας ανασκαφής ή ακόμη και ενός συνόλου διαφορετικών θέσεων.

Συνοψίζοντας, τα πλεονεκτήματα της χρήσης των Σ.Γ.Π. στην παρούσα εργασία παρατίθενται ως ακολούθως:

- ✓ Ευχέρεια ερωτημάτων μορφής αρχαιολογικής φύσεως
- ✓ Ευχέρεια ερωτημάτων μορφής χωρικής φύσεως και δυνατότητα εκτίμησης θέσης
- ✓ Σύνθετα ερωτήματα
- ✓ Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων με βάση τις ορθοφωτογραφίες εντός Σ.Γ.Π
- ✓ Αύξηση παρατήρησης μέσω ρεαλιστικότητας και λεπτομερειών στην απόδοση
- ✓ Υποστήριξη διαχείρισης ανασκαφής, όγκου δεδομένων και πλήθους ενεργειών
- ✓ Βοήθεια στην παρακολούθηση εξέλιξης και ροής της ανασκαφής κατά τη διεξαγωγή
- ✓ Ανάδειξη και προβολή νέας αρχαιολογικής πληροφορίας
- ✓ Μείωση απαιτούμενου χρόνου και κόστους παρακολούθησης στην έρευνα
- ✓ Ακρίβεια αποτελεσμάτων και μείωση σφαλμάτων εντός δυσχερούς περιβάλλοντος
- ✓ Εισαγωγή διαφορετικού τύπου δεδομένων από διαφορετικές μεθόδους
- ✓ Ανάκτηση παλαιότερης πληροφορίας σχετικής με ένα συμβάν του παρελθόντος
- ✓ Εκτέλεση αλλαγών και εισαγωγή αρχαιολογικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από Β.Δ.

Η σημασία των GIS στην Αρχαιολογία και περισσότερο σε ένα ναυάγιο υπό ανασκαφή, μπορεί να έχει πολλές χρήσεις και εφαρμογές, όπως παρουσιάστηκε στα πια πάνω κεφάλαια. Με την παρακολούθηση των ευρημάτων και των ενεργειών που λαμβάνουν χώρα σε αυτά, της εξέλιξης και της ροής της ανασκαφής, τη δυνατότητα εκτίμησης και εντοπισμού της θέσης, την ανάκτηση παλαιότερης πληροφορίας σχετικής με ένα συμβάν του σήμερα, και τη διαχείριση τυχόν φθοράς, που μπορεί να έχει υποστεί το αρχαιολογικό υλικό κατά τη διάρκεια ή την παύση μιας ανασκαφής, γίνεται ξεκάθαρο πως πρόκειται για ένα εξαιρετικό εργαλείο.

Με βάση αυτά τα δεδομένα, μπορούν να δρομολογηθούν οι απαραίτητες διαδικασίες, να προβλεφθούν καταστάσεις και, γενικότερα, μέσω της παρεχόμενης γνώσης να παρθούν σημαντικές αποφάσεις. Τέλος, μέσα από την ικανότητα αλληλεπίδρασης της Β.Δ. σε πραγματικό

χρόνο, όταν εκτελούνται αλλαγές ή προσθήκες, δίνεται η ευχέρεια για επιτόπου πλήρη εποπτεία του αρχαιολογικού χώρου, γενικότερα. Εν κατακλείδι, τα Σ.Γ.Π., μπορούν να επιτύχουν υψηλά επίπεδα λειτουργίας και δύνανται να ενισχύσουν δυναμικά την πληροφόρηση, ώστε να επιτραπεί η ευκολότερη διάδοση της αρχαιολογικής πληροφορίας.

Βιβλιογραφία

1. Στα Αγγλικά:

- Agapiou, A. et al., 2010. A Digital Atlas for the Byzantine and Post Byzantine Churches of Troodos Region (Central Cyprus). *Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010 (BAR International Series 2494)*. Available at: <http://caaconference.org/proceedings/published/> [Accessed December 4, 2016].
- Agapiou, A. et al., 2016. Risk assessment of cultural heritage sites clusters using satellite imagery and GIS: the case study of Paphos District, Cyprus. *Natural Hazards*, 83(1), pp.5–20.
- Aldenderfer, M. & Maschner, H.D.G., 1996. *Anthropology, Space, and Geographic Information Systems*, Available at: http://books.google.com/books?id=SKIYyUNcGysC&printsec=frontcover&hl=fr&cd=1&source=gbs_ViewAPI#v=onepage&q=&f=false.
- Allen, K.M.S., Green, S.W. & Zubrow, E.B.W., 1990. *Interpreting space: GIS and archaeology*, London: Taylor and Francis.
- Andreou, G.M. et al., 2017. Integrated methods for understanding and monitoring the loss of coastal archaeological sites: The case of Tochni-Lakkia, south-central Cyprus. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, pp.197–208. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.01.025>.
- Beltrame, C. & Manfio, S., 2014. Alcune Proposte Metodologiche Per L'Impiego Di Un Gis Intra-Site Nella Documentazione Di Un Relitto: L'Applicazione Sul Brick Mercurio (Punta Tagliamento, Italia). *Archeologia e Calcolatori*, 25, pp.113–129.
- Bernard, L., Ertien, D. & Schwartz, D., 2015. ArkeoGIS, merging geographical and archaeological datas online. In F. Giligny et al., eds. *Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA 2014 - 21st Century Archaeology*. Oxford: Archeopress. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Damien_Ertlen/publication/286890690_ArkeoGIS_Merging_geographical_and_archaeological_datas_online/links/566eefd208ae52dd6c12186a.pdf [Accessed February 20, 2017].
- Borgia, E., 2007. Archaeological and methodological approaches for the construction of an intrasite and intersite GIS of Elaiussa Sebaste (Turkey). In *Proceedings XXI International CIPA Symposium, 01-06 October, Athens, Greece*. Athens,. Available at: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-C53/papers/FP033.pdf> [Accessed March 5, 2017].
- Breman, J., 2003. Marine Archaeology Goes Underwater with GIS. *Journal of GIS in Archaeology New York*, 1, pp.23–32. Available at: https://www.esri.com/library/journals/archaeology/volume_1/marine.pdf [Accessed February 20, 2017].
- Brown, F., 2005. Developing an Archaeological GIS for the “Lost City of the Pyramids”: An Interim Report, January – August 2005. *Institute of Archaeology*, 16(16), pp.88–94.
- Bunch, M., Kumaran, T. & Joseph, R., 2012. Using Geographic Information Systems (GIS) For Spatial Planning and Environmental Management in India: Critical Considerations. *International Journal of Applied*, 2(2), pp.40–54. Available at: http://www.ijastnet.com/journals/Vol_2_No_2_February_2012/5.pdf [Accessed February 20, 2017].
- Burrough, P.A., 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assessment.*, Oxford: Clarendon Press.

- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A., 1998. Principles of Geographical Information Systems. Available at: [http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo-IV/Burrough Peter A y McDonnell Rachael A \(1998\) Principles of geographical information systems.pdf](http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo-IV/Burrough%20Peter%20A%20y%20McDonnell%20Rachael%20A%20(1998)%20Principles%20of%20geographical%20information%20systems.pdf) [Accessed March 2, 2017].
- Campana, S. et al., 2016. CAA2015: Keep the Revolution Going: Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. In Oxford: Archeopress Archaeology. Available at: <http://archaeopress.com/ArchaeopressShop/Public/download.asp?id=%7B77DEDD4E-DE8F-43A4-B115-ABE0BB038DA7%7D>.
- Chadwick, A.J., 1979. Settlement simulation. In C. Renfrew & D. Cooke, eds. *Transformations: Mathematical approaches to culture change*. New York: Academic Press, pp. 237–255.
- Chadwick, A.J., 1978. A computer simulation of Mycenaean settlement. In H. I., ed. *Simulation studies in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 47–57.
- Chapman, P., Conte, G. & Drap, P., 2006. VENUS: Virtual Exploration of Underwater Sites. *International Symposium on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage*, 1(10 March), p. Brief summary of the ongoing project VENUS, lists. Available at: http://welcome.isr.ist.utl.pt/project/index.asp?acc=showproject&id_project=105 [Accessed December 6, 2016].
- Coppock, J.T. & Rhind, D.W., 1991. The History of GIS. In *Geographical information systems: Principles and applications*. pp. 21–43. Available at: http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/ilw/generic_resources/books_and_papers/Thx1ARTICLE.pdf [Accessed February 5, 2017].
- Costa, E. et al., 2016. Digital survey techniques for the documentation of wooden shipwrecks. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. pp. 237–242.
- Craig, N. & Aldenderfer, M., 2003. Preliminary Stages in the Development of a Real-Time Digital Data Recording System for Archaeological Excavation Using ArcView GIS 3.1. *Journal of GIS in Archaeology*, 1, pp.11–22.
- Demesticha, S., 2011. The 4th-Century-BC Mazotos Shipwreck, Cyprus: A preliminary report. *International Journal of Nautical Archaeology*, 40(1), pp.39–59.
- Demesticha, S., Skarlatos, D. & Neophytou, A., 2014. The 4th-century B.C. shipwreck at Mazotos, Cyprus: New techniques and methodologies in the 3D mapping of shipwreck excavations. *Journal of Field Archaeology*, 39(2,2014), pp.134–150.
- Drap, P. et al., 2008. Underwater cartography for archaeology in the VENUS project. *Geomatica*, pp.419–427. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Pierre_Drap/publication/230856593_Underwater_cartography_for_archaeology_in_the_VENUS_project/links/57358dde08ae298602e05a73.pdf [Accessed February 11, 2017].
- Figueiredo, A. & Bernardes, I., 2010. The Importance of Gis In Underwater Archaeology. In A. Figueiredo, F. Calippo, & G. Rambelli, eds. *Underwater Archaeology, Coastal and Lakeside, Proceedings of the XVI IUPPS World Congress (Florianopolis, 4-10 September 2011)*. Tomar: BAR – International Series.
- Galili, E. & Rosen, B., 2010. Preserving the maritime cultural heritage of the mediterranean, a cradle of cultures, religions and civilizations-the holy land perspective. *Journal of Coastal Conservation*, 14(4), pp.303–315.
- Gallotti, R. et al., 2011. GIS and Intra-Site Spatial Analyses: An Integrated Approach for Recording and Analyzing the Fossil Deposits at Casablanca Prehistoric Sites (Morocco). *Journal of Geographic Information System*, 3, pp.373–381. Available at: <http://www.scirp.org/journal/jgis> [Accessed March 6, 2017].
- Georgiou, A. & Skarlatos, D., 2016. Optimal Site Selection for Sitinga Solar Park using Multi-

- Criteria Decision Analysis and Geographical Information Systems (GIS). *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems Discussions*, (March), pp.1–19. Available at: <http://www.geosci-instrum-method-data-syst-discuss.net/gi-2016-4/>.
- Giligny, F. et al., 2015. *CAA2014. 21st Century Archaeology. Concepts, Methods, and Tools. Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications in Archaeology*,
- Gillings, M., Mattingly, D. & Dalen, J. van, 1999. *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*,
- Harris, T., 1988. Digital terrain modelling and three-dimensional surface graphics for landscape and site analysis in archaeology and regional planning. In *CAA1987. Computer and Quantitative Methods in Archaeology 1987 (BAR International Series 393)*. pp. 161–170.
- Harris, T.M., 1986. Geographic Information System design for archaeological site information retrieval. In *CAA1986. Computer Applications in Archaeology 1986. Conference Proceedings*. University of Birmingham, pp. 148–161. Available at: http://proceedings.caaconference.org/files/1986/11_Harris_CAA_1986.pdf [Accessed February 20, 2017].
- Harris, T.M. & Lock, G.R., 1995. Toward an evaluation of GIS in European archaeology: the past, present and future of theory and applications. In G. R. Lock & Z. Stancic, eds. *Archaeology and geographical information systems: a European perspective*. London: Taylor & Francis.
- Johnston, C., 2005. *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στην Οικολογία Εκδόσεις*., Duluth, Minnesota, USA.
- Katsouri, I. et al., 2015. Visualizing and Assessing Hypotheses for Marine Archaeology in a VR CAVE Environment. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 8(2), pp.1–18. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84924931525&partnerID=tZOtx3y1>.
- Katsouri, I., 2013. *Visualizing and Assessing Hypotheses for Marine Archaeology in a VR CAVE Environment*. Cyprus University of Technology.
- Kvamme, K.L., 1999. Recent Directions and Developments in Geographical Information Systems. *Journal of Archaeological Research*, 7(2), pp.153–201.
- Laboury, D. et al., 2002. The OSIRIS Project (Optical Systems for Interferometric - Photogrammetric Relief Investigation and Scanning). Development of a device for 3D numerical recording of archaeological and epigraphic documents by optoelectronic processes. In W. Boehler, ed. *Proceedings of the CIPA WG 6 International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording-?-Complementing or Replacing Photogrammetry (September, 1-?-2, 2002, Corfu, Greece)*. Corfou, pp. 139–142. Available at: [http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/25033/1/Article OSIRIS Corfou 2002.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/25033/1/Article%20OSIRIS%20Corfou%202002.pdf) [Accessed February 15, 2017].
- Lock, G.R. & Harris, T.M., 1996. Danebury Revisited: An English Iron Age Hillfort in a Digital Landscape. In M. Aldenderfer & H. D. G. Maschner, eds. *Anthropology, Space, and Geographic Information Systems*. New York: OXFORD UNIVERSITY PRESS, pp. 214–240.
- Lock, G.R. & Harris, T.M., 1991. Integrating spatial information in computerised Sites and Monuments Records: meeting archaeological requirements in the 1990s. In K. Lockyear & S. Rahtz, eds. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 1990, British Archaeological Reports (International Series) 565*. Oxford,: Tempus Reparatum, p. 165—173. Available at: http://proceedings.caaconference.org/files/1990/25_Lock_Harris_CAA_1990.pdf [Accessed January 28, 2017].
- Lock, G.R. & Stancic, G., 1995. *Archaeology and geographic information systems: A European perspective* G. R. Lock & G. Stancic, eds., CRC Press.
- Maguire, D.J., 1991. An overview and definition of GIS. In *Geographical information systems: Principles and applications*. pp. 9–20.
- Matthews, N.A., 2008. *Aerial and Close-Range Photogrammetric Technology: Providing*

- Resource Documentation, Interpretation, and Preservation. Technical Note 428.*
- Muckelroy, K., 1978. *Maritime Archaeology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Papadopoulos, C. et al., 2014. *Archaeological Research in the Digital Age C*. Papadopoulos et al., eds., Rethymno: Institute for Mediterranean Studies – Foundation of Research and Technology (IMS-FORTH).
- Pollard, E. et al., 2014. Insights from archaeological analysis and interpretation of marine data sets to inform marine cultural heritage management and planning of wave and tidal energy development for Orkney Waters and the Pentland Firth, NE Scotland. *Ocean & Coastal Management*, 99, pp.39–51. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569114001604>.
- Savage, S.H. & Levy, T., 2014. the Mediterranean Archaeological Network - a Cyberinfrastructure for Archaeological Heritage Management. *Mediterranean Archaeology & Archaeometry*, 14(4), pp.135–141.
- Scarlato, D., Agapiou, A. & Rova, M., 2010. Photogrammetric support on an underwater archaeological excavation site: The Mazotos shipwreck case. *Euromed 2010*, pp.8–11. Available at: [http://my.primehome.com/dimitriosk258741/articles/euromed2010.pdf%5Cnfiles/653/Scarlato et al. - 2010 - Photogrammetric support on an underwater archaeolo.pdf](http://my.primehome.com/dimitriosk258741/articles/euromed2010.pdf%5Cnfiles/653/Scarlato%20et%20al.%20-%202010%20-%20Photogrammetric%20support%20on%20an%20underwater%20archaeolo.pdf) [Accessed December 12, 2016].
- Schlader, R., 2002. Archaeological databases: what are they and what do they mean? In *CAA2001. Archaeological Informatics: Pushing The Envelope. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 29th Conference, Gotland, April 2001 (BAR International Series 1016)*. pp. 517–520. Available at: http://proceedings.caaconference.org/files/2001/65_Schlader_CAA_2001.pdf [Accessed February 21, 2017].
- Scianna, A. & Villa, B., 2011. GIS APPLICATIONS IN ARCHAEOLOGY. *Archeologia e Calcolatori*, 22, pp.337–363. Available at: http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF22/AC_22_Scianna_Villa.pdf [Accessed January 27, 2017].
- Shaw, I. & Jameson, R., 1999. *A Dictionary of Archaeology* 1st ed., Oxford: Blackwell Publishers.
- Skarlatos, D., Demestiha, S. & Kiparissi, S., 2012. An “Open” Method for 3D Modelling and Mapping in Underwater Archaeological Sites.
- Skarlatos, D. & Rova, M., 2010. Photogrammetric Approaches for the Archaeological Mapping of. In *7th International Conference on Science and Technology In Archaeology and Conservation*.
- Tomlinson, R.F., 1968. A Geographic Information System for Regional Planning. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, 78(1), pp.200–210. Available at: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/jgeography1889/78.45?from=CrossRef> [Accessed February 10, 2017].
- Tomlinson, R.F., 1967. *An introduction to the Geo-Information System of the Canada Land Inventory*, Available at: <https://gisandscience.files.wordpress.com/2012/08/3-an-introduction-to-the-geo-information-system-of-the-canada-land-inventory.pdf> [Accessed February 4, 2017].
- Tomlinson, R.F., 1962. *Computer Mapping: An Introduction to the Use of Electronic Computers In the Storage, Compilation and Assessment of Natural and Economic Data for the Evaluation of Marginal Lands*,
- Wheatley, D. & Gillings, M., 2002. *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*, London and New York: Taylor & Francis.

2. Στα Ελληνικά:

- Βακάλη, Α. et al., 2010. *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*. Έκδ. ΙΑ. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, εκδ., Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος».
- Γρηγορίου, Μ., 2012. *Ταχεία Τρισδιάστατη Αποτύπωση Ενάλιας Αρχαιολογικής Τομής : Η Περίπτωση Του Μαζωτού (Διπλωματική Εργασία)*. Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου. Διαθέσιμο στο: http://photogrammetric-vision.weebly.com/uploads/8/7/4/5/8745932/marina_gregoriou.pdf.
- Δεμέστιχα, Σ., 2011. Η ενάλια αρχαιολογία στην Κύπρο. "Χρονικόν" (Εφημερίδα Πολίτης), σσ. 1–24.
- Επίκτητος, 1916. *Διατριβαί (Epictetus: Epicteti Dissertationes ab Arriano digestae)* Η. Schenkl, ed., Leipzig: Teubner, Β. G. Διαθέσιμο στο: <http://data.perseus.org/citations/urn:cts:greekLit:tlg0557.tlg001.perseus-grc1:0.0>.
- Θέμελης, Ν., 2011. Πολιτισμός και κρίση, υπάρχει διέξοδος; *Η Καθημερινή*. Διαθέσιμο στο: <http://www.kathimerini.gr/415240/article/epikairothta/politikh/politismos-kai-krish-yparchei-die3odos> [Ανακτήθηκε 18 Ιανουαρίου 2017].
- Θεοδοσοπούλου, Μ., 1999. Εμπειρίες (Επισημάνσεις), Κριτική Βιβλίου "Λόγια από χώμα", Γ. Χουρμουζιάδη. *Το Βήμα*. Διαθέσιμο στο: <http://www.tovima.gr/relatedarticles/article/?aid=116874>.
- Ίδρυμα Θέτις, 2012. Το Ναυάγιο του Μαζωτού. *ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ 2*, σσ. 1–8.
- Κάβουρας, Μ. et al., 2015. *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας: Αρχές και Τεχνολογίες* ΕΜΠ, εκδ., Αθήνα: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ.
- Λιάκος, Λ. & Βασιλειάδης, Σ., 2009. Προσδιορισμός της περιοχής εκμετάλλευσης και των διαδρομών μετακίνησης των αρχαίων οικισμών της Θεσπρωτίας και της Νότιας Αλβανίας χρησιμοποιώντας την ανάλυση επιφανείας κόστους και το μοντέλο Xtent. Διαθέσιμο στο: <http://www.geographer.gr/xtent-model/#more-5> [Ανακτήθηκε 1 Φεβρουαρίου, 2017].
- Μαζαράκης - Αινιάν, Α., 2015. "Εισαγωγή στην Ανασκαφική". Σημειώσεις Προπτυχιακού Μαθήματος Ανασκαφική. Διαθέσιμο στο: <http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/index.php?course=SEAD101&openDir=/5572d198nrak/5572de37uVKq>.
- Μπαμπινιώτης, Δ.Γ., 2002. *Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας* 2η Έκδοση., Αθήνα: Κέντρο Λεξικολογίας.
- Παυλίδης, Γ., Σεβελίδης, Β. & Χαραλαμπίδου, Μ., 2014. *ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ Βελτίωση τεχνικών ψηφιοποίησης και μοντελοποίησης*, Αθήνα. Διαθέσιμο στο: http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf.
- Ποντίκας, Η.Γ., 2016. *Χαρτογράφηση Παράκτιας Περιοχής με Μη Επανδρωμένα Εναέρια Μέσα (Διπλωματική Εργασία)*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στο: <http://ikee.lib.auth.gr/record/282818/files/GRI-2016-16480.pdf>.
- Σακελλαράκης, Γ., 2006. *Ανασκάπτοντας το παρελθόν*, Αθήνα: Ίκαρος.
- Σαρρής, Α. et al., 1999. Εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης στην Αρχαιολογία: Μία Νέα Προσέγγιση στην Αρχαιολογική Έρευνα και Διαχείριση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Στο *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Δυνατότητες και Εφαρμογές. Προοπτικές και Προκλήσεις"*.
- Σιμώνη, Ε., 2013. *Συμβολή στη Διαχείριση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς με τη Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών : Αρχαιολογική Πληροφορία και Πολεοδομικός Σχεδιασμός : Η περίπτωση του Σχεδίου Πόλεως Πατρών*. Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο στο: <http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/7294>.

- Στεφανάκης, Ε., 2010. *Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων & Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών* 2η Έκδοση., Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Τσουχλαράκη, Α. & Αχιλλέως, Γ., 2015. *Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη: το ArcGIS 9.3 (2η ανανεωμένη έκδοση)*, Εκδόσεις: Δίσιγμα.
- Χουρμουζιάδης, Γ., 1999. *Λόγια από χώμα*, Σκόπελος: Νησίδες.
- Longley, P. et al., 2010. *ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)*, (2η Αμερικανική έκδοση), Αθήνα: Εκδόσεις: Κλειδάριθμος.

Ηλεκτρονικές Πηγές

https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system#cite_note-5

<http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Tomlinson

<http://www.philenews.com/el-gr/top-stories/885/299121/to-navagio-tou-mazotou-tarazei-ta-nera-eikones>

<http://cyprus-mail.com/2016/02/07/a-wreck-of-historic-importance/>

<https://archaeologynewsnetwork.blogspot.com.cy/2010/08/excavations-at-mazotos-shipwreck.html#.UFmwo7LiZD0#hk4YYU8sKWKaUWzD.97>

<https://www.ucy.ac.cy/marelab/el/research/mazotos-shipwreck>

<http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/All/6D0C3F0DFC1CC4AD422577AB0038CEEB?OpenDocument>

<http://www.kathimerini.com.cy/index.php?pageaction=kat&modid=1&artid=107798>

http://diaviou.auth.gr/gis_archeology_b

<http://caa-international.org/>

<http://www.caa-gr.org/?q=el/%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CE%BA%CE%AE>

<https://www.ucy.ac.cy/marelab/el/research/mazotos-shipwreck>