



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΙΕΡΑΣ ΜΟΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ
& ΑΓΙΟΥ ΕΦΡΑΙΜ ΚΑΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
AUTOCAD**



Μελέτη

Ασημοκύτης Δημήτριος
Μοναστήρογλου Αναστασία
Μάρκου Ιωάννης

Επιβλέπων

Σιορικής Βασίλης

Ιούνιος 2012



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΙΕΡΑΣ ΜΟΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ
ΘΕΟΤΟΚΟΥ & ΑΓΙΟΥ ΕΦΡΑΙΜ ΚΑΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ AUTOCAD

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η τοπογραφική αποτύπωση και η τρισδιάστατη απεικόνιση της Ιεράς Μονής του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου που βρίσκεται στην Ανατολική Αττική, στο όρος Αμώμων στη περιοχή της Νέας Μάκρης. Η μονή είναι από τις παλαιότερες στον Ελλαδικό χώρο (10^{ος} αιώνας μ.Χ.) και έχει ταυτιστεί με τον νεοφανή άγιο Εφραίμ ο οποίος μαρτύρησε το 1426 στο προαύλιο της, από τους Τούρκους.

Η εργασία αναπτύσσεται σε τρία κεφάλαια. Συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης και η ιστορία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονής, (υλικά δόμησης, τεχνικές κατασκευής). Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση των βασικών αρχών της επιστήμης της τοπογραφίας, των εφαρμογών της και των σύγχρονων μεθόδων που ακολουθούνται (GPS). Τέλος στο τρίτο κεφάλαιο της μελέτης αναλύεται η μεθοδολογία εργασιών τοπογραφικής αποτύπωσης του εν λόγω χώρου και παρουσιάζονται τα σχέδια αποτύπωσης του.

Abstract

Object of study of this thesis is the topographic mapping and three-dimensional imaging of the Monastery of the Annunciation located in eastern Attica in Nea Makri. The monastery is one of the oldest in Greece and has been identified with the novelty of St. Ephraim who murdered in 1426 in the courtyard, by the Turks.

The work will be developed in three chapters. Specifically in the first chapter will present the study area and its history and features of the abbey (building materials, construction techniques). The second chapter will be presenting the basic principles of the science of surveying, and applications of modern methods used (GPS). Finally in the third chapter of the study will analyzed the methodology of topographic surveying of the specific area and the topographic drawings.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	13
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΗΣ.....	13
Εισαγωγή	13
1.1 Η Ευρύτερη Περιοχή.....	14
1.1.1 Νέα Μάκρη.....	14
1.1.2 Όρος Αμώμων.....	18
1.2 Η Ιερά Μονή Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ.....	19
1.2.1 Γεωγραφικά Όρια.....	23
1.2.2 Η Ιστορία της Ιεράς Μονής	24
1.2.3 Διοίκηση της Ιεράς Μονής.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	26
Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	26
Εισαγωγή	26
2.1 Ιστορική Ανασκόπηση	26
2.1.1 Ελλαδικός Κόσμος – Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία 480π.Χ. - 476μ.Χ.....	28
2.1.2 Βυζαντινή Αυτοκρατορία - Αναγέννηση 640μ.Χ. – 1670μ.Χ.....	32
2.1.3 Πρώτη και Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση 1789 - 1880	34
2.1.4 Σύγχρονος Δυτικός Πολιτισμός.....	37
2.2 Αντικείμενο Έρευνας της Τοπογραφίας.....	39

2.3	Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GPS.....	41
2.3.1	Πλεονεκτήματα Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού Θέσης.....	42
2.3.2	Μειονεκτήματα Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού Θέσης.....	42
2.3.3	Τεχνικά Χαρακτηριστικά GPS	43
2.3.4	Αρχή Λειτουργίας GPS	45
2.3.5	Σφάλμα Λειτουργίας GPS	45
2.4	Εφαρμογές Δορυφορικών Συστημάτων Εντοπισμού Θέσης	47
2.4.1	Γεωδαιτικές – Τοπογραφικές εφαρμογές.....	47
2.4.2	Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών	48
2.4.3	Ναυσιπλοΐα.....	48
2.4.4	Οδικές Μεταφορές.....	49
2.5	Ανάλυση Δέκτη GPS.....	50
2.5.1	Κεραία Δέκτη.....	50
2.5.2	Κυρίως Δέκτης.....	52
2.5.3	Όργανο Μετρήσεων Topcon Hiper GL.....	52
2.5	Μεθοδολογία Εργασιών	53
2.5.1	Σχεδίαση με Χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο		55
ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΗΣ		55
Εισαγωγή		55
Αποτελέσματα Μελέτης		56

Βιβλιογραφία	57
--------------------	----

Εικόνες

Εικόνα 1 Η πόλη της Νέας Μάκρης στη βορειοανατολική Αττική.....	14
Εικόνα 2 Τα όρια της δημοτικής ενότητας της Νέας Μάκρης, η οποία ανατολικά βρέχεται από Νότιο Ευβοϊκό σε μήκος ακτών 10 χιλιομέτρων. Συνορεύει νοτίως με την Ραφήνα και βόρεια της βρίσκεται ο Μαραθώνας.....	15
Εικόνα 3 Καταυλισμός προσφύγων σε σκηνές το 1922.....	16

Εικόνα 4 Η πόλη της Νέας Μάκρης όπως φαίνεται από τους πρόποδες του όρους Αμώμων	17
Εικόνα 5 Η θέα προς τη θάλασσα της Νέας Μάκρης από τη θέση της Ιεράς Μονής.	17
Εικόνα 6 Στους πρόποδες της ανατολικής πλαγιάς του Πεντελικού όρους βρίσκεται η Ι.Μ. του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ	18
Εικόνα 8 Η τοποθεσία της Ι.Μ. Αγίου Εφραίμ στην Νέα Μάκρη (2)	19
Εικόνα 7 Ι.Μ. Παντοκράτορος Ταώ.....	19
Εικόνα 9 Η θέση της Ι.Μ. στους πρόποδες του όρους Αμώμων	20
Εικόνα 10 Η μονή χρονολογείται από τον 10 ^ο αιώνα μ.Χ. και για περισσότερους από 9 αιώνες λειτουργούσε ως αντρικό μοναστήρι με το όνομα Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και αργότερα Γέννησης της Θεοτόκου	20
Εικόνα 11 Κύριο υλικό κατασκευής του ναού είναι ο λίθος και το ξύλο	21
Εικόνα 12 Στην είσοδο του ναού της Ιεράς Μονής	21
Εικόνα 13 Κάτοψη ναού ρυθμού εγγεγραμμένου σταυροειδή με τρούλο	22
Εικόνα 15 Πανοραμική φωτογραφία της μονής (7).....	23
Εικόνα 14 Στην κεντρική είσοδο της μονής.....	23
Εικόνα 16 Τα διοικητικά όρια της Ι.Μ. όπως αυτά ορίζονται σήμερα (2).....	24
Εικόνα 17 Τοιχογραφία εντός της Ιεράς Μονής που απεικονίζει τον Άγιο να μαρτυρεί	25
Εικόνα 18 Δημοσίευμα του έτους 1940 στην οποία καταγράφονται οι κοινωνικά και οικονομικά σημαντικές επινοήσεις και εφευρέσεις από το 5500π.Χ. μέχρι τον 20 ^ο αιώνα μ.Χ.....	27
Εικόνα 19 Ο χάρτης του κόσμου όπως τον συνέταξε ο Εκαταίος ο Μιλήσιος	31
Εικόνα 20 Η γεωδαιτική διόπτρα του Ήρωνα (1ος αι. μ.Χ.) είναι ένα φορητό εργαλείο που επιτρέπει γεωδαιτικές μετρήσεις επί της επιφάνειας της Γης.....	31

Εικόνα 21 Τοπογραφικό σχέδιο της Ρωμαϊκής αγοράς και των μνημείων της.....	31
Εικόνα 22 Το Ευπαλίνειο Όρυγμα που έχει χαρακτηριστεί ως η μητέρα όλων των σηράγγων.....	31
Εικόνα 23 Θεοδόλιχοι κατασκευής 1820 1905 και 1958 αντίστοιχα από τα αριστερά προς τα δεξιά (6).....	33
Εικόνα 24 Ο χαρτογράφος του πρωσικού στρατού Ντένεκε εν ώρα εργασίας σε αρχαίο οχυρό στο ύψωμα Πλακωτό της περιοχής των Δερβενοχωρίων (8).....	35
Εικόνα 25 Σύγχρονος γεωδαιτικός σταθμός.....	38
Εικόνα 26Τυπικά σφάλματα που επηρεάζουν τις μετρήσεις GPS	46
Εικόνα 27 Τυπική διάκριση των ατμοσφαιρικών επιδράσεων (25).....	46
Εικόνα 28 Δέκτης GPS TOPCON, μοντέλο GR-3	51

Ευχαριστίες

Μέσα από τα φύλλα της εργασίας μας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερω κάποιους ανθρώπους που μας βοήθησαν στην ολοκλήρωσή της εργασίας και τη συνταξή της.

Καταρχάς τους δασκάλους μας, κο Σιορική Βασίλειο, κο Ελμαλή Ευθύμιο, καθηγητές τεχνολογικών εφαρμογών του ιδρύματος Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά, για τη συνεργασία και την επικοινωνία την οποία είχαμε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Τη μοναχή Μακαρία, υπεύθυνη της Ιεράς Μονής, για την άδεια εισόδου και εργασίας στο χώρο, στα πλαίσια ολοκλήρωσης της πτυχιακής μας εργασίας.

Επίσης τον κο Καλλιάνη Χρήστο πολιτικό μηχανικό για την παραχώρηση των οργάνων και του GPS Topcon Hyper GL και των παρελκόμενων του για την έναρξη των εργασιών μας.

Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε στα πλαίσια απόκτησης του πτυχίο «Μηχανικός Πολιτικός Δομικών Έργων» και έχει ως αντικείμενο μελέτης την τοπογραφική αποτύπωση και τρισδιάστατη απεικόνιση της Ιεράς Μονής του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και του Αγίου Εφραίμ. Δεδομένου ότι έως σήμερα δεν έχουν εκπονηθεί αντίστοιχες μελέτες για αυτό το θρησκευτικό μνημείο του 10^{ου} αιώνα,

η χρησιμότητα της αποτύπωσης και γενικότερα της σύνταξης αυτής της μελέτης, η δημιουργία μιας τοπογραφικής αποτύπωσης της περιοχής της μονής η οποία με την παραχώρηση της στους αρμόδιους με στόχο την μελλοντική αξιοποίηση.

Η μονή συνδέεται στενά με τον Άγιο Εφραίμ και την καθιστά ως ένα μνημείο ιδιαίτερα σημαντικής πολιτιστικής σημασίας, με έντονη επισκεψιμότητα. Η προστασία των μνημείων είναι συνταγματικά κατοχυρωμένη, όπως ορίζεται στο άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975 στο οποίο καθορίζεται η ανάμειξη και αποδοχή ευθύνης από το κράτος για την προστασία του πολιτιστικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα ισχύει από το 1981 και έχει συνυπογραφεί από την Ελλάδα η Συνθήκη της *UNESCO* για την προστασία των μνημείων και περιοχών παγκόσμιας κληρονομιάς. Στόχος λοιπόν της ισχύουσας νομοθεσίας είναι η προφύλαξη των μνημείων από κάθε είδους φθορά και καταστροφή, προκειμένου αυτά μέσα από την αειφόρο διαχείριση τους να κληροδοτηθούν στις επόμενες γενιές. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση των ιστορικών μνημείων απαιτείται η πλήρης γνώση της κατάστασης τους σε δεδομένη χρονική στιγμή, συνυπολογίζοντας ότι στις περισσότερες των περιπτώσεων, δεν υπάρχουν πληροφορίες, καθώς δεν έχουν συνταχθεί ή δεν έχουν διασωθεί σχέδια της αρχικής κατασκευής. Ενδεχομένως ακόμα και υφιστάμενα σχέδια και μελέτες να μην επαληθεύονται από τα πραγματικά σημερινά στοιχεία του μνημείου με αποτέλεσμα η υλοποίηση των τεχνικών έργων να εμπεριέχει αβεβαιότητα και επιπλέον, κάθε τεχνικό έργο είναι εκτεθειμένο σε κινδύνους όπως λανθασμένη μελέτη, κακοτεχνία, ελαττωματικό υλικό, ανθρώπινη αμέλεια, φυσικά φαινόμενα αστοχίες κατασκευής, κατολισθήσεις πρανών κ.ά. Πρώτο στάδιο εφαρμογής αυτής της αειφόρου διαχείρισης αποτελεί η εκ νέου καταγραφή των μνημείων και με βάση αυτό το στόχο κινείται η παρούσα εργασία

Η εργασία αποτελείται από δύο ενότητες. Η πρώτη ενότητα συστήνεται από το πρώτο και δεύτερο κεφάλαιο στα οποία παραθέτονται βιβλιογραφικές πληροφορίες σχετικά με την περιοχή μελέτης και τα χαρακτηριστικά της επιστήμης της τοπογραφίας,

αντίστοιχα. Η δεύτερη ενότητα της εργασίας αποτελεί η παρουσίαση της τοπογραφικής αποτύπωσης. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε και τελικώς τα σχέδια της μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΗΣ

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο:

- ✓ Παρουσιάζονται τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής της Νέας Μάκρης, Ανατολικής Αττικής
- ✓ Καταγράφεται η ιστορική ανασκόπηση της Ιεράς μονής Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ
- ✓ Ορίζονται τα γεωγραφικά όρια της μονής
- ✓ Προσδιορίζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κτιριοδομικών εγκαταστάσεων
- ✓ Εξετάζεται η τεχνοτροπία οι τεχνικές και τα υλικά δόμησης που συναντώνται στα κτίσματα της μονής

1.1 Η Ευρύτερη Περιοχή

Η Ιερά μονή του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου βρίσκεται στα διοικητικά όρια του Δήμου Μαραθώνα στην περιοχή της Νέας Μάκρης σε απόσταση τριών χιλιομέτρων από το κέντρο της πόλης. (1)

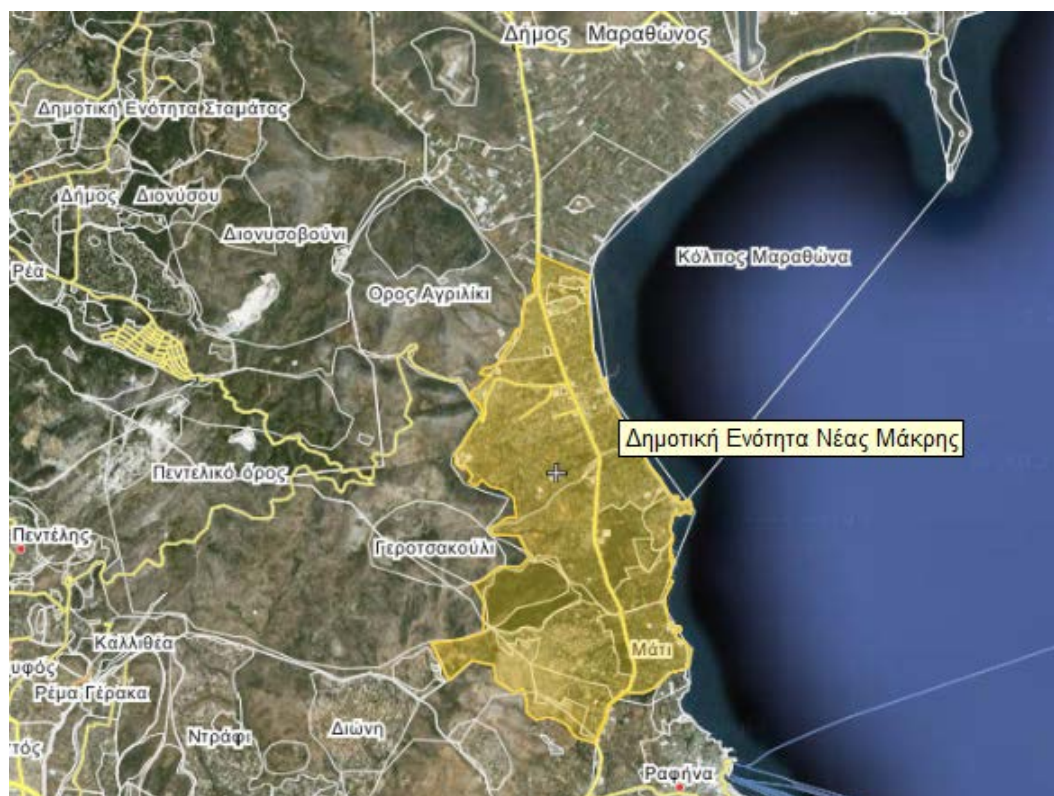


Εικόνα 1 Η πόλη της Νέας Μάκρης στη βορειοανατολική Αττική

1.1.1 Νέα Μάκρη

Η Νέα Μάκρη είναι παραλιακή πόλη της βορειοανατολικής Αττικής, η οποία ανήκει στα διοικητικά όρια του Δήμου Μαραθώνα. Μέχρι και το 2011 αποτελούσε ανεξάρτητο δήμο όμως λόγω της ενοποίησης, σύμφωνα με το πρόγραμμα «Καλλικράτης» (νόμος 3852/2010), ανήκει πλέον στο Δήμο Μαραθώνα, μαζί με τον πρώην Δήμο Μαραθώνα και τις Κοινότητες Βαρνάβα και Γραμματικού. Ιδρύθηκε το

1924, από τον Αντώνιο Τζιζή, με την έλευση των πρώτων προσφύγων από τις ιωνικές κωμοπόλεις Μάρκη και Λιβύσι. Την εποχή εκείνη η περιοχή ήταν ένας τόπος ελώδης, ακατοίκητος, χωρίς ενδείξεις ότι θα μπορούσε να φιλοξενήσει ανθρώπους, ζωή και δράση. Υπήρχαν μόνο λίγοι Σαρακατσάνοι βοσκοί όπου ζούσαν σε κονάκια (σκηνές) στους πρόποδες της Πεντέλης, στις σημερινές περιοχές της Αγίας Μαρίνας και της Ανατολής. (1)



Εικόνα 2 Τα όρια της δημοτικής ενότητας της Νέας Μάρκρης, η οποία ανατολικά βρέχεται από Νότιο Ευβοϊκό σε μήκος ακτών 10 χιλιομέτρων. Συνορεύει νοτιώς με την Ραφήνα και βόρεια της βρίσκεται ο Μαραθώνας.

Οι πρόσφυγες από τη Μικρά Ασία μένανε σε σκηνές μέχρι το 1927, οπότε ολοκληρώθηκε η κατασκευή πλινθόκτιστων σπιτιών. Κατέβασαν το νερό από το μοναστήρι της Αγίας Παρασκευής, το οποίο βρισκόταν στα βόρεια της περιοχής, και η πρώτη βρύση φτιάχτηκε κάτω από το μεγάλο πεύκο της κεντρικής πλατείας (σημερινή κεντρική πλατεία της Ν. Μάρκρης). Έτσι ο πρώτος σύγχρονος οικισμός της Ν. Μάρκρης δημιουργήθηκε για την εγκατάσταση των Μακρητών και Λιβισιανών προσφύγων, υπό την αιγίδα του Ελληνικού Κράτους.



Εικόνα 3 Καταυλισμός προσφύγων σε σκηνές το 1922

Σχεδόν από την αρχή της ίδρυσής της η Νέα Μάκρη αποτέλεσε έδρα οργανισμού τοπικής αυτοδιοίκησης. Το 1926 συστάθηκε η κοινότητα Νέας Μάκρης, η οποία αποσπάστηκε από την κοινότητα Μαραθώνα στην οποία ανήκε μέχρι τότε. Έδρα της ορίστηκε η Νέα Μάκρη και μέσα στα όριά της συμπεριέλαβε τους οικισμούς Μάτι Αττικής, Αγία Μαρίνα (πρώην Γεροσακούλι), Ανατολή (πρώην Ραπεντόσα), Άγιος Ανδρέας, Ζούμπερι, Ξυλοκέρizza και Βάλτος ενώ αργότερα εντάχθηκε στην κοινότητα ο Νέος Βουτζάς. Το 1990 η κοινότητα αναγνωρίστηκε σε δήμο ο οποίος παρέμεινε αμετάβλητος μέχρι την εφαρμογή του προγράμματος «Καλλικράτης» (1)

Σύμφωνα με την απογραφή του 2001 καθώς τα αποτελέσματα της απογραφής του 2011 δεν έχουν ανακοινωθεί ο μόνιμος πληθυσμός¹ της περιοχής ανερχόταν στους 14.809 κατοίκους. Να τονισθεί ότι την τελευταία δεκαετία η περιοχή έχει αναπτυχθεί ραγδαία και ο μόνιμος της πληθυσμός έχει μεταβληθεί ανοδικά.

¹ Ο όρος «μόνιμος πληθυσμός» κατά την ΕΣΥΕ δηλώνει τα άτομα που διαμένουν συνήθως τον περισσότερο καιρό στην εν λόγω περιοχή



Εικόνα 4 Η πόλη της Νέας Μάκρης όπως φαίνεται από τους πρόποδες του όρους Αμώμων

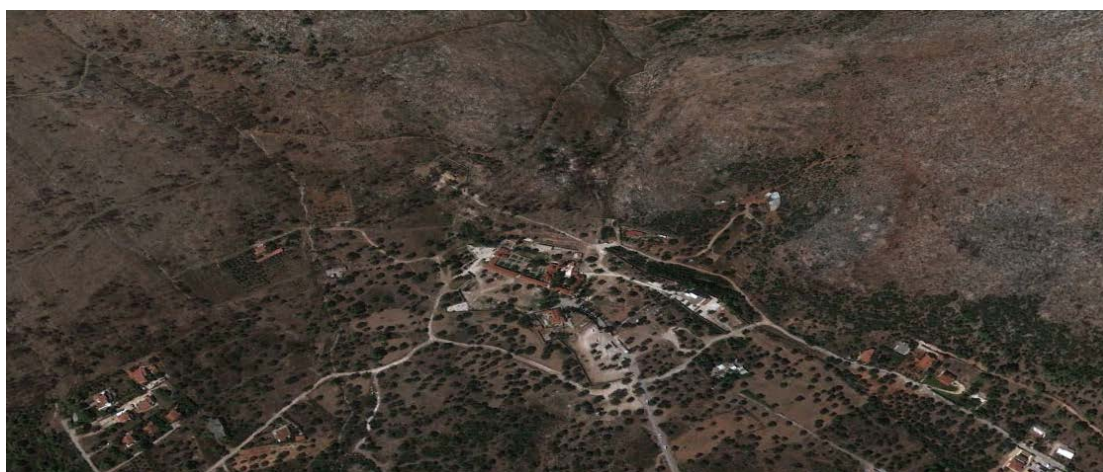


Εικόνα 5 Η θέα προς τη θάλασσα της Νέας Μάκρης από τη θέση της Ιεράς Μονής

1.1.2 Όρος Αμώμων

Το όρος Αμώμων, υψώνεται σε σχήμα πυραμίδας, στα βορειοανατολικά του λεκανοπεδίου των Αθηνών και κορυφώνεται στα 1.109 μ. Το πρώτο του όνομα ήταν Βριλησσός, κατόπιν ονομάστηκε Πεντέλη από τον αρχαίο δήμο που βρισκόταν περίπου στην θέση όπου σήμερα είναι η Ι.Μ. Κοιμήσεως Θεοτόκου. Η κορυφή και το ανώτερο τμήμα του βουνού είναι σχεδόν γυμνά από βλάστηση. Χαμηλότερα όμως, και μέχρι τις μεγάλες πυρκαγιές των δεκαετιών 1980 και 1990, καθώς και πριν από την ανοικοδόμηση της περιοχής καλυπτόταν από πυκνά πευκοδάση. Είχε επίσης πολλές πηγές με άφθονο και καθαρό νερό.

Μετά το τέλος της αρχαιότητας, χάρη στην εξάπλωση του μοναχισμού, το Πεντελικό όρος γίνεται καταφύγιο ασκητών, που φωλιάζουν στα σπήλαιά του ή εγκαθίστανται σε καλύβες μέσα στα δάση του. Λόγω της μαζικής παρουσίας ασκητών, το βουνό θα αποκληθεί και Όρος των Αμώμων.



Εικόνα 6 Στους πρόποδες της ανατολικής πλαγιάς του Πεντελικού όρους βρίσκεται η Ι.Μ. του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ

Τον 10^ο αιώνα, κατά την παράδοση, το Όρος των Αμώμων βρισκόταν σε μεγάλη ακμή απο πλήθος ασκητήρια, που ήταν σκορπισμένα σε όλη την έκταση του βουνού, που, όπως φαίνεται, ήταν κατάφυτο απο πεύκα, ελιές, χαρουπιές και διάφορα άλλα θαμνώδη.

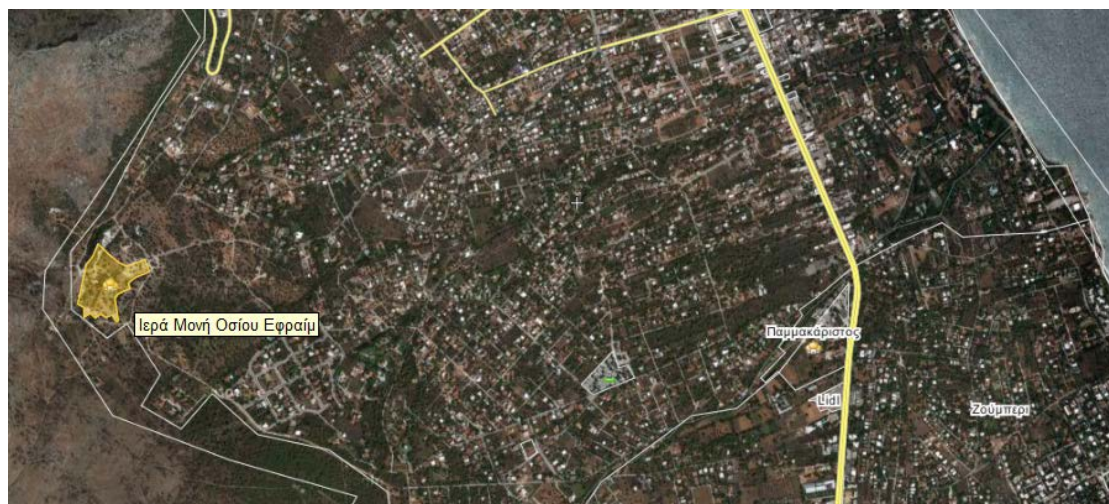
Τον 12^ο μ.Χ. αιώνα, ιδρύεται στην νοτιοανατολική κλιτύ του βουνού, κρυμμένη από την θάλασσα που δεν απέχει πολύ, η Ι.Μ. Παντοκράτορος Ταώ η οποία θα γνωρίσει περιπετειώδη ύπαρξη και η οποία επί Φραγκοκρατίας θα μετατραπεί σε ρωμαιοκαθολικό μοναστήρι. Η ύπαρξή της δεν εμποδίζει την συνύπαρξη ορθοδόξων καθισμάτων και ασκηταριών στο Πεντελικό, στο οποίο κτίζονται τον 14ο και 15ο μ.Χ. αιώνα εξωκκλήσια, αριστοτεχνικά κτίσματα, τα οποία αγιογραφούνται με τοιχογραφίες υψηλής ποιότητας. Παράδειγμα αποτελούν, τόσο η Αγία Τριάδα «του Νερού» (ή «της Πηγής»), όσο και ο Ταξιάρχης (ή *Άγιοι Ασώματοι*) στο Καμάρι.



Εικόνα 7 Ι.Μ. Παντοκράτορος Ταώ

1.2 Η Ιερά Μονή Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ

Για την ίδρυση του δεν υπάρχουν σημαντικές πληροφορίες, υπολογίζεται όμως πως το καθολικό του μοναστηριού χτίστηκε τη βυζαντινή εποχή, και συγκεκριμένα στην μεσοβυζαντινή περίοδο (843 -1204μ.Χ.)



Εικόνα 8 Η τοποθεσία της Ι.Μ. Αγίου Εφραίμ στην Νέα Μάκρη (2)



Εικόνα 9 Η θέση της Ι.Μ. στους πρόποδες του όρους Αμώμων



Εικόνα 10 Η μονή χρονολογείται από τον 10^ο αιώνα μ.Χ. και για περισσότερους από 9 αιώνες λειτούργησε ως αντρικό μοναστήρι με το όνομα Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και αργότερα Γέννησης της Θεοτόκου

Η μονή έχει κατασκευαστεί σταδιακά και έχει δεχτεί πολλές επεμβάσεις. Όσον αφορά το υλικό δόμησης χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον πέτρα και ξύλο. Συγκεκριμένα οι τοιχοποιίες κατασκευάστηκαν από λαξευτή λιθοδομή, ένα από τα αρχαιότερα συστήματα λιθοδομών, με το οποίο έχουν κτιστεί σημαντικά μνημεία, αλλά σήμερα σπάνια εμφανίζεται ως τοιχοποιία, λόγω κυρίως του μεγάλου κόστους της. (2)

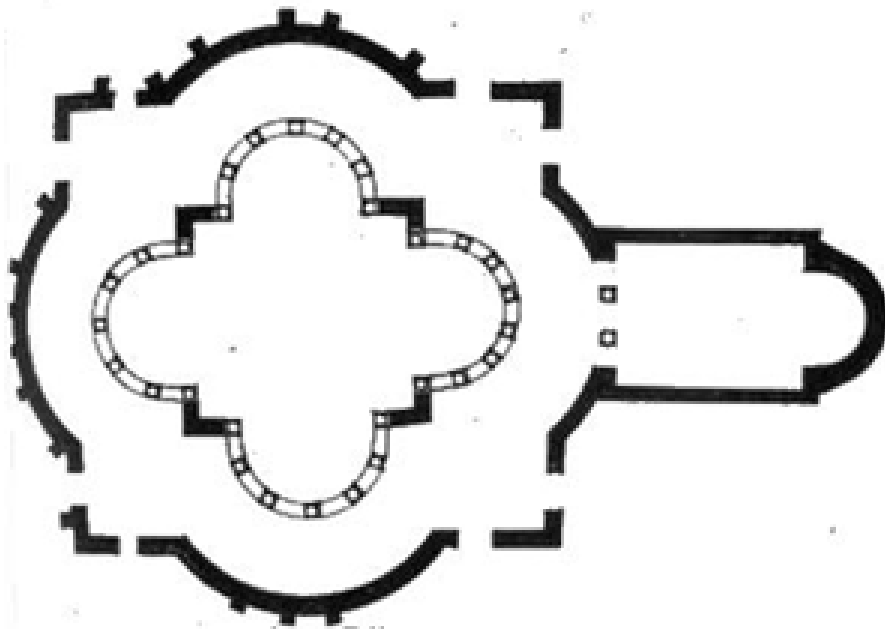


Εικόνα 11 Κύριο υλικό κατασκευής του ναού είναι ο λίθος και το ξύλο



Εικόνα 12 Στην είσοδο του ναού της Ιεράς Μονής

Σε όλη τη περίοδο της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας² αναπτύσσεται η τέχνη του ελληνορωμαϊκού κόσμου, του οποίου οι μνημειακές μορφές χρησιμοποιούνται πλέον για να ανταποκριθούν στις ανάγκες της νέας επίσημης θρησκείας. Τότε καθορίζονται οι κυριότεροι τύποι εκκλησιαστικών κτιρίων ανάλογα με τον προορισμό τους και καταστρώνεται η συγκρότηση του χριστιανικού ναού, η λειτουργία του κάθε τμήματός του δημιουργούνται νέα αρχιτεκτονικά μέλη, που αποτελούν και τα κύρια χαρακτηριστικά της βυζαντινής αρχιτεκτονικής. (4)



Εικόνα 13 Κάτοψη ναού ρυθμού εγγεγραμμένου σταυροειδή με τρούλο

Η κάτοψη του ναού ακολουθεί τον βυζαντινό ρυθμό «εγγεγραμένος σταυροειδής με τρούλο» Χαρακτηριστικό στοιχείο αυτού του ρυθμού είναι ο σχηματισμός σταυρού εσωτερικά και εξωτερικά στο σχεδόν τετράγωνο κτίσμα, με πέντε τρούλους. Η δημιουργία κογχών στη βόρεια και νότια πλευρά όχι μόνο αυξάνουν τον εσωτερικό χώρο, αλλά χαρίζουν παράλληλα ομορφιά και χάρη. (5)

² Η Βυζαντινή περίοδος, διάστημα κατά το οποίο ήκμασε η Βυζαντινή Αυτοκρατορία διακρίνεται σε τρεις χρονικές περιόδους.

- Η Πρωτοβυζαντινή Περίοδος (640-843μ.Χ.)
- Η Μεσοβυζαντινή Περίοδος (843-1204 μ.Χ.)
- Η Υστεροβυζαντινή Περίοδος (1204-1453 μ.Χ.)

Γενικά στην βυζαντινή αρχιτεκτονική αναπτύσσεται η τεχνοτροπία των τόξων. Τα τόξα ήταν ήδη γνωστά απο τον 3^ο αιώνα π.Χ. οι Ετρούσκοι τα χρησιμοποιούσαν στις κατασκευές τους. Οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τόξα που αρχικά δήλωναν την ετρουστική επιρροή, γιατί δημιουργούνταν με χρήση τετραγωνισμένων λίθων, αλλά στη συνέχεια δημιούργησαν πενταγωνικούς ογκόλιθους μορφής σφηνοειδούς που εφάπτονταν με τους τοίχους. Η σφηνοειδής μορφή ήταν απαραίτητη για να εξασφαλίσει την κατασκευή απο πιθανή αποκόλληση του υλικού υπο την επίδραση της βαρυτικής δύναμης και επιβάλλει την μεταφορά των ωθήσεων στο παρακείμενο στοιχείο.

(4)



Εικόνα 14 Στην κεντρική είσοδο της μονής

1.2.1 Γεωγραφικά Όρια

Η Ιερά μονή του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου βρίσκεται στους πρόποδες του Όρος των Αμώμων (βουνό των καθαρών) στην περιοχή της Ξυλοκέριζας στην ανατολική πλευρά του Πεντελικού όρους. (6)



Εικόνα 15 Πανοραμική φωτογραφία της μονής (7)



Εικόνα 16 Τα διοικητικά όρια της Ι.Μ. όπως αυτά ορίζονται σήμερα (2)

1.2.2 Η Ιστορία της Ιεράς Μονής

Η κατασκευή της μονής τοποθετείται στον 10^ο αιώνα μ.Χ. Πληροφορίες για την κατασκευή της δεν υπάρχουν πέραν του ότι καταστράφηκε την περίοδο της τουρκοκρατίας τον 15^ο αιώνα. Πληροφορίες σχετικά με την ονομασία της Μονής αναφέρουν ότι στις 10 Μαΐου του 1611 στη συνέλευση του Οικουμενικού Πατριαρχείου αποδόθηκε στη μονή η ονομασία *Γενέσιον της Θεοτόκου* ενώ το κείμενο της συνέλευσης φυλάσσεται σήμερα στην Εθνική βιβλιοθήκη της Αθήνας. (7) Το 1576 επί Οικουμενικού Πατριάρχη Ιερεμίου Β' η μονή αυθαιρέτως μετονομάστηκε σε Αγία Παράσκευη, χωρίς να δίνονται περισσότερες πληροφορίες για το γεγονός. Τελικώς το έτος 1945 ανασυστάθηκε σε γυναικεία μονή από την Καθηγούμενη και Κτιρόρισα Μοναχή Μακάρια Δεσύπρη χωρίς μεταβολή του ονόματος της μονής. Το 1975 με υπουργική απόφαση μετονομάστηκε σε Ιερά Μονή Ευαγγελισμού της Θεοτόκου. (8)

Ο Άγιος Εφραίμ ο Μεγαλομάρτυς (κατά κόσμον Κωνσταντίνος Μόρφης) γεννήθηκε την 14 Σεπτεμβρίου 1384. Το 1402 επέλεξε τον μοναχισμό με το όνομα Εφραίμ. Το 1424 οι Τούρκοι, μετά από μια σειρά βιαιοτήτων και λεηλασιών έφτασαν και στη Νέα Μάκρη. Ανέβηκαν στο Όρος των Αμώμων, πιστεύοντας ότι οι Χριστιανοί κρύβουν τους πολύτιμους θησαυρούς τους στα Μοναστήρια. Αφού λεηλάτησαν όλα τα κελιά και τα ασκητήρια έφτασαν στην Ιερά Μονή του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου. Ο μόνος που γλίτωσε από τη Μοναστική κοινότητα ήταν ο Ιερομόναχος Εφραίμ, που έλειπε εκείνη την ημέρα στη σπηλιά του. Στις 14 Σεπτεμβρίου 1425, ο Μοναχός Εφραίμ κατέβηκε από τη σπηλιά του στο Μοναστήρι για να τελέσει τη Λειτουργία στη μεγάλη εορτή της Ύψωσης του Τιμίου Σταυρού. Οι Τούρκοι, μόλις τον βρήκαν, τον κτύπησαν και τον βασάνισαν. (9)

Χρειάστηκαν 524 ολόκληρα χρόνια από το μαρτυρικό του θάνατο μέχρι να φανερωθεί. Με μια σειρά γεγονότων όπως οράματα, σημάδια του Θεού και εμφανίσεις του ίδιου του Αγίου, βρέθηκαν στις 3 Ιανουαρίου 1950 τα Ιερά του Λείψανα και έγινε σταδιακά γνωστή η ζωή του.

1.2.3 Διοίκηση της Ιεράς Μονής

Η μονή βρίσκεται εντός των διοικητικών και γεωγραφικών ορίων της Ιεράς Αρχιεπισκοπής Αθηνών. Σήμερα στη μονή σύμφωνα με την ηγουμένη κυρία Θεοδοσία Μαθιουδάκη ζουν 8 μοναχές, ενώ μέσα στην μονή λειτουργεί και ησυχαστήριο στο οποίο ζουν 7 ακόμα μοναχές. (7)



Εικόνα 17 Τοιχογραφία εντός της Ιεράς Μονής που απεικονίζει τον Άγιο να μαρτυρεί

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο:

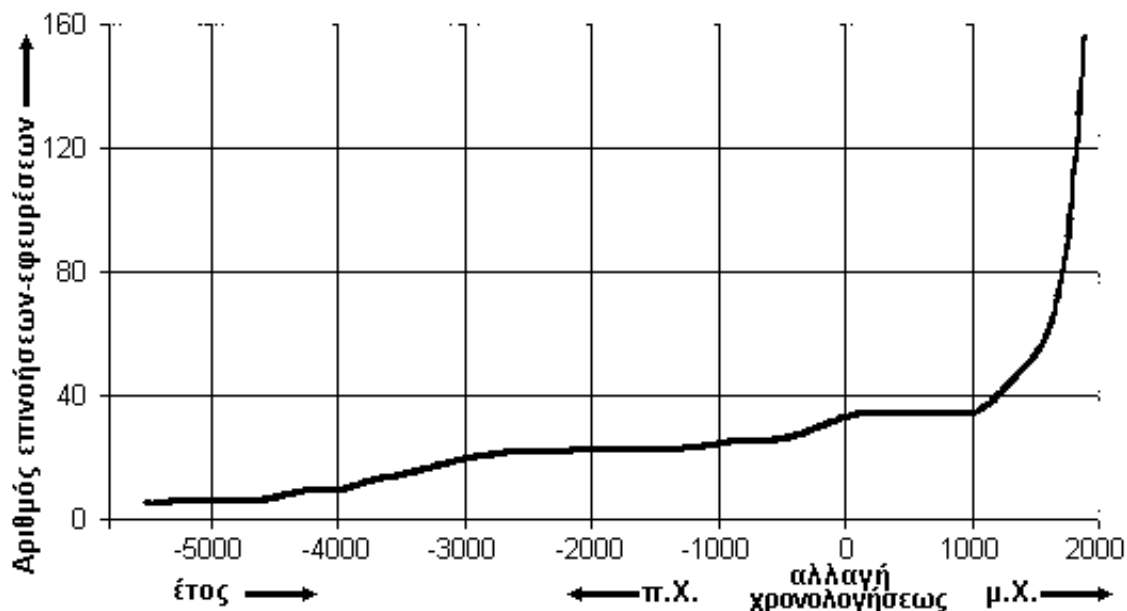
- ✓ Καταγράφεται η ιστορική εξέλιξη της επιστήμης της τοπογραφίας
- ✓ Αποσαφηνίζονται οι βασικές έννοιες της σύγχρονης τοπογραφίας και ορίζονται οι βασικές της αρχές λειτουργίας των γεωδαιτικών GPS
- ✓ Παρουσιάζονται οι σύγχρονες μέθοδοι υπολογισμού τοπογραφικής αποτύπωσης
- ✓ Εξετάζεται τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα σύγχρονα εργαλεία αποτύπωσης (GPS) και σχεδιασμού (AutoCAD) μιας τοπογραφικής μελέτης

2.1 Ιστορική Ανασκόπηση

Στην προσπάθεια αποσαφήνισης και διάκρισης της κάθε χρονικής περιόδου σύμφωνα με την εξέλιξη της τοπογραφίας και τις τάσεις που ακολουθηθήκαν διαμορφώθηκαν οι εξής ιστορικές περίοδοι :

Ελλαδικός Κόσμος – Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία 480π.Χ. - 476 μ.Χ.	Αρχίζει από το Θαλή το Μιλήσιο και τελειώνει με το τέλος της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας.
Βυζαντινή Αυτοκρατορία – Αναγέννηση 640μ.Χ. – 1670μ.Χ.	Καλύπτει το Μεσαίωνα, την Αναγέννηση και φτάνει μέχρι τα τέλη του 17ου αιώνα.
1^η - 2^η Βιομηχανική Επανάσταση	Καλύπτει τα χρόνια από τις αρχές του 18ου αιώνα μέχρι το πέρας του Δεύτερου Παγκόσμιου πολέμου.
Σύγχρονος Δυτικός Κόσμος	Καλύπτει τα τελευταία περίπου 50 χρόνια, μέχρι το τέλος του 20ού αιώνα.

Ο διαχωρισμός ενός ιστορικού αντικειμένου με την τεράστια κοινωνική και οικονομική σημασία της τεχνικής σε περιόδους, είναι απαραίτητος για μεθοδολογικούς λόγους. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται με μεικτά κριτήρια, άλλοτε ιστορικά και άλλοτε τεχνοκρατικά.



Εικόνα 18 Δημοσίευμα³ του έτους 1940 στην οποία καταγράφονται οι κοινωνικά και οικονομικά σημαντικές επινοήσεις και εφευρέσεις από το 5500π.Χ. μέχρι τον 20^ο αιώνα μ.Χ.

Μια σημαντική υπηρεσία που μας παρέχει το διάγραμμα της εικόνας είναι η δυνατότητα να υποδιαιρέσουμε χρονικά το διάστημα από την 6η χιλιετία π.Χ. μέχρι τη σύγχρονη εποχή. Η καμπύλη του Lilley και οι ακριβέστερες γνώσεις μας για τις εξελίξεις στον τομέα της τεχνικής και της τεχνολογίας των τελευταίων τριών αιώνων μάς επιτρέπουν λοιπόν να υποδιαιρέσουμε την ιστορία της Τεχνικής σε οκτώ (8) εποχές⁴:

- *Λίθινη εποχή*, περίπου μέχρι το 5000 π.Χ.

³ Του Βρετανού Μαθηματικού Samuel Lilley

⁴ Οι συγκεκριμένες χρονολογίες που επιλέγονται κάθε φορά ως όρια μεταξύ των διαφόρων εποχών, φαίνεται να είναι συμβατικές. Οι κάθε είδους και μορφής ιστορικές μεταβολές δεν συμβαίνουν προφανώς σε «στρογγυλές» χρονολογίες και οι διάφορες ιστορικές περίοδοι δεν διαρκούν ακέραιο αριθμό δεκαετιών ή αιώνων. Η επιλογή διαχωριστικών χρονολογιών και υποδιαιρέσεων σε εποχές δεν είναι λοιπόν ουδέτερη διεργασία, αλλά υποκρύπτει ερμηνευτικές προθέσεις.

- *Εποχή της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου και η προκλασική ελληνική εποχή*, περίπου από το 5000 μέχρι το 750 π.Χ.
- *Ελληνορωμαϊκή εποχή*, περίπου από το 750 π.Χ. μέχρι το 476 μ.Χ.
- *Μεσαίωνας*, από το 476 μ.Χ. μέχρι το έτος 1492.
- *Αναγέννηση και Διαφωτισμός*, με σημαντικότερο παράγοντα εξέλιξης την τυπογραφία, από το 1492 μέχρι το 1789.
- *Πρώτη βιομηχανική επανάσταση* με τη συστηματική χρήση της ατμοκίνησης, από το 1789 μέχρι το 1864.
- *Δεύτερη βιομηχανική επανάσταση* με την εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης και των μηχανών εσωτερικής καύσης, από το 1864 μέχρι το 1948.
- *Τρίτη βιομηχανική επανάσταση* με την εφεύρεση και χρήση του τρανζίστορ και με τις εξελίξεις στη βιοτεχνολογία, από το 1948 μέχρι σήμερα.

2.1.1 Ελλαδικός Κόσμος – Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία 480π.Χ. - 476μ.Χ.

Αρχαίος Ελλαδικός Κόσμος είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον ελληνόφωνο κόσμο κατά την περίοδο της Αρχαιότητας. Αναφέρεται όχι μόνο στο έδαφος του σύγχρονου ελληνικού κράτους, αλλά και σε εκείνες τις περιοχές που εγκαταστάθηκαν στους αρχαίους χρόνους ελληνόφωνοι πληθυσμοί, όπως η Κύπρος, η Ιωνία, η Σικελία και η νότια Ιταλία (γνωστή ως Μεγάλη Ελλάδα), και των διεσπαρμένων ελληνικών εγκαταστάσεων στις ακτές όλης της Μεσογείου. Η διάκριση των περιόδων γίνεται σύμφωνα με τον πολιτισμό που ήκμασε την εκάστοτε περίοδο. Ως εκ τούτου προκύπτουν οι εξής περίοδοι. (2)

- 2000-1400π.Χ. Μινωικός Πολιτισμός
- 1580-1100π.Χ. Μυκηναϊκός Πολιτισμός
- 1100-480π.Χ. Αρχαϊκή Εποχή
- 480-323π.Χ. Κλασική Εποχή
- 323-86π.Χ. Ελληνιστική Εποχή

Κατά την κλασική και την ελληνοιστική περίοδο οι θετικές επιστήμες προήχθησαν σημαντικά συν τοις άλλοις, η Χαρτογραφία και η Γεωδαισία. Η ανάπτυξη των δύο αυτών επιστημών στηρίχτηκε σε απλά τοπογραφικά όργανα

- Τον αστέρα για τη χάραξη ορθών γωνιών,
- Σχοινιά για τη μέτρηση μηκών
- Σταδίες για τη διευκόλυνση προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών.

Αν οι αρχαίοι Έλληνες αντιμετώπισαν με πνευματική οξύτητα την τοπογραφική αποτύπωση οι Ρωμαίοι δεν προσέθεσαν σημαντικά στοιχεία στο θεωρητικό υπόβαθρο της Τοπογραφίας, αλλά αντ' αυτού συντέλεσαν στην καθιέρωση και συστηματοποίηση των γεωδαιτικών μετρήσεων. Οι γεωδαιτικές μετρήσεις αποτέλεσαν μέρος της ρωμαϊκής πρακτικής για στρατιωτικούς και πολιτικούς σκοπούς, αλλά και για την καλύτερη οργάνωση της Αυτοκρατορίας.

Η τοπογραφία κατά την Ρωμαϊκή περίοδο βρήκε εφαρμογή στο Κτηματολόγιο (Cadastrum, κατά κεφαλή φόρος) για τη φορολογία των κτημάτων. Επίσης συναντάται η έννοια των Αγρομέτρων (agrimensores), οι οποίοι είναι μηχανικοί μετρήσεων⁵

Η Επιστήμη της Γεωδαισίας προσέλκυσε πολλούς από τους πλέον ευφυείς επιστήμονες της αρχαιότητας, οι οποίοι διατύπωσαν απόψεις σχετικά με τη Γη και το σχήμα της. Οι κυριότεροι από αυτούς ήταν:

Θαλής ο Μιλήσιος (625-547 π.Χ.), Ο Θαλής θεώρησε ότι η Γη ήταν ένα σώμα σαν δίσκος, το οποίο επέπλεε σε έναν "άπειρο" ωκεανό

Αναξίμανδρος ο Μιλήσιος (611-545 π.Χ.), σύγχρονος του Θαλή και θεμελιωτής της επιστημονικής Γεωγραφίας. Ο Αναξίμανδρος έφερε στους Έλληνες το γνώμονα, εγκατέστησε στη Σπάρτη το πρώτο ηλιακό ωρολόγιο (9)

⁵ Οι μηχανικοί αυτοί ήταν ακόμη συμβολιογράφοι, εφοριακοί και δικαστές στις περιπτώσεις συνοριακών διαφορών.

- Εκαταίος ο Μιλήσιος** (560-480 π.Χ.), συνέταξε έναν από τους γνωστούς χάρτες του κόσμου
- Αριστοτέλης ο Σταγειρίτης** (388-315 π.Χ.), ήταν υπεύθυνος για την πιο τεκμηριωμένη και ολοκληρωμένη άποψη περί σφαιρικότητας της Γης. Μας πληροφορεί επίσης ότι οι Έλληνες πήραν πολλές αστρονομικές γνώσεις από τους Βαβυλώνιους.
- Ερατοσθένης** (276-194 π.Χ.) θεωρείται ο πρώτος Γεωδαίτης και θεμελιωτής της Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, έκανε την πρώτη γεωδαιτική εργασία με επιστημονική μέθοδο. Η εργασία αυτή ήταν ο προσδιορισμός της περιμέτρου της Γης με τη μέτρηση του πλάτους μεταξύ Αλεξάνδρειας και Ασσουάν.⁶
- Ηρων ο Αλεξανδρεύς** (1ος αιώνας μ.Χ.) συνέγραψε το τοπογραφικό σύγγραμμα του αρχαίου κόσμου που περιγράφει διάφορα τοπογραφικά όργανα μεταξύ των οποίων τη **Διόπτρα** - πρόδρομο των σημερινών θεοδολίχων, ένα όργανο προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, το Οδόμετρο και το Δρομόμετρο για μετρήσεις μεγάλων αποστάσεων σε ξηρά και θάλασσα αντίστοιχα και μεθόδους μετρήσεων και υπολογισμών.
- Κλαύδιος ο Πτολεμαίος** (100-178μ.Χ.), εμφανίζεται με το κλείσιμο της Ελληνικής εποχής της Τοπογραφίας. Ο Πτολεμαίος θεωρεί τη Γη σφαιρική και ασχολείται με τις μεθόδους της κατά προσέγγιση παράστασης τμημάτων της γήινης επιφάνειας επάνω σε επίπεδο. Είναι γνωστός για τα δύο έργα του "Αλμαγέστη" και "Γεωγραφική Υφήγηση". Ο Πτολεμαίος φέρεται να συνέταξε χάρτες του τότε γνωστού κόσμου οι οποίοι παρέμειναν ως χάρτες αναφοράς για περίπου 14 αιώνες.

⁶ Ο Ερατοσθένης πίστευε στην ύπαρξη της σύνδεσης των ωκεανών σε "μια θάλασσα", κάτι που επιβεβαιώθηκε μετά από 17 αιώνες.

Αδιάψευστος μάρτυρας της ακμής της Τοπογραφίας κατά την περίοδο των ελληνοιστικών χρόνων αποτελούν το πλήθος των οικοδομημάτων, των μνημειακών κτιρίων, των δρόμων, των καναλιών, των υδραγωγείων και του πλήθους των τεχνικών έργων που διατηρήθηκαν μέχρι σήμερα ή τμήματά τους ανακαλύφθηκαν από την ανασκαφική σκαπάνη.



Hecataeus' map of the world. (After *Grosser historischer Weltatlas* 1 (ed. H. Bengtson, et al., 1972) 12c.)

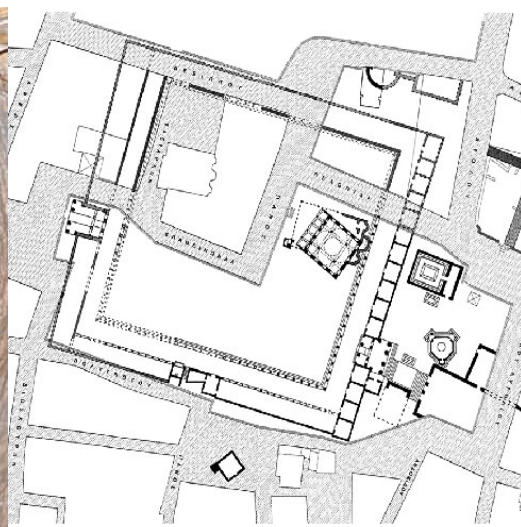


Εικόνα 20 Η γεωδαιτική δίοπτρα του Ήρωνα (1ος αι. μ.Χ.) είναι ένα φορητό εργαλείο που επιτρέπει γεωδαιτικές μετρήσεις επί της επιφάνειας της Γης

Εικόνα 19 Ο χάρτης του κόσμου όπως τον συνέταξε ο Εκαταίος ο Μιλήσιος



Εικόνα 22 Το Ευπαλίνειο Όρυγμα που έχει χαρακτηριστεί ως η μητέρα όλων των σηράγγων



Εικόνα 21 Τοπογραφικό σχέδιο της Ρωμαϊκής αγοράς και των μνημείων της

2.1.2 Βυζαντινή Αυτοκρατορία - Αναγέννηση 640μ.Χ. – 1670μ.Χ.

Μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας και την παρέλαση της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας κατά την περίοδο της οποίας δεν διαπιστώνονται καινοτομίες η περίοδος του Μεσαίωνα χαρακτηρίζεται για την Γεωδαισία, όπως και για όλες τις επιστήμες, από την παρεμβατικότητα της Θεολογίας.

Στον υπόλοιπο κόσμο ο κινέζικος πολιτισμός εφαρμόζει τις γεωδαιτικές μεθόδους μέτρησης από την αρχή της δυναστείας των Χαν (202π.Χ.). Στα κατασκευαστικά τους επιτεύγματα περιέχονται οι μαγνητικές πυξίδες για τον προσδιορισμό διευθύνσεων και γωνιών, κλίμακες ορισμένου μεγέθους για την ακριβή μέτρηση μηκών, σταδίες για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών και ένα είδος τηλεσκοπίου από τα τέλη του 10^{ου} αιώνα.

Παράλληλα σημειώνεται ανάπτυξη των Θετικών Επιστημών από τους Αραβες κατά την ίδια χρονική περίοδο. Η εξάπλωση των Αράβων και οι αραβικές μεταφράσεις διέσωσαν τα ελληνικά επιστημονικά επιτεύγματα, ενώ με την σειρά τους οι αραβικές εκδόσεις μεταφρασμένες στα Λατινικά βοήθησαν στην εισβολή, μέσω της Ισπανίας, επιστημονικών γνώσεων στον ευρωπαϊκό χώρο.

Από τα μέσα του 14^{ου} αιώνα, αφότου παρήκμασε το φεουδαρχικό σύστημα που ίσχυε στην Ευρώπη και το οποίο δε απαιτούσε ιδιαίτερες τοπογραφικές μετρήσεις και δεν έδινε κίνητρα για ανάπτυξη της Γεωδαισίας, παρατηρούνται νέες τεχνολογίες στο τομέα της τοπογραφίας. Η ανάπτυξη όλων των επιστητών άρχισε να γίνεται μμεγαλύτερη κατά την περίοδο της Αναγέννησης στα πλαίσια της οποίας δημιουργήθηκε και ένα νέο πλαίσιο στο τομέα της Τοπογραφίας. Κύριοι παράγοντες ανάπτυξης της επιστήμης αποτέλεσαν τα εξής:

- Ο περιορισμός της φεουδαρχίας
- Η ανακάλυψη νέων τόπων απαιτούσε την επιστημονική καταγραφή τους και τη σύνταξη χαρτών, ενώ παράλληλα
- Οι αυξημένες οι ανάγκες για νέες μεθόδους προσανατολισμού και ναυσιπλοΐας
- Η καλύτερη αξιοποίηση του πυροβολικού στον πόλεμο, ήταν αναγκαία η μέτρηση διευθύνσεων, κατακόρυφων γωνιών και αποστάσεων.
- Η επιβεβαίωση του ηλιοκεντρικού συστήματος του Κοπέρνικου απαιτούσε όργανα μετρήσεων υψηλής ακριβείας

Κάτω από αυτές τις συνθήκες την περίοδο της Αναγέννησης κατασκευάστηκε ένα γωνιομετρικό όργανο το οποίο χρησιμοποιείται με τις ίδιες αρχές λειτουργίας μέχρι σήμερα. Πρόκειται για τον θεοδόλιχο το οποίο πρώτος εμπνεύστηκε και κατασκεύασε ο Άγγλος L. Digges το 1571.⁷



Εικόνα 23 Θεοδόλιχοι κατασκευής 1820 1905 και 1958 αντίστοιχα από τα αριστερά προς τα δεξιά (6)

Κατά τον 17^ο αιώνα η κατασκευή τοπογραφικών οργάνων συστηματοποιείται καθώς

- Κατασκευάζονται γωνιομετρικά όργανα σε συνδυασμό με μαγνητικές πυξίδες
- Κλισίμετρα για τον ακριβή προσδιορισμό των θέσεων.
- Εφευρίσκεται το τηλεσκόπιο του βερνιέρου ως σύστημα ανάγνωσης ενδείξεων
- Εφευρίσκεται το σταυρόνημά ως σύστημα σκόπευσης με μεγάλη ακρίβεια.
- Κατασκευάζεται ο χωροβάτης, η οριζοντίωση γίνεται με σφαιρική αεροστάθμη

⁷ Ωστόσο γωνιομετρικά όργανα με σκοπευτική διάταξη κάποιας μορφής είχαν ήδη κατασκευαστεί πριν από 500 περίπου χρόνια από Αραβες και Κινέζους, χωρίς να παραλείψετε η Διόπτρα του Ηρώνα.

Πλέον ανάμεσα στους διάφορους επιστήμονες υπάρχουν Γεωδαίτες και Τοπογράφοι με επιστημονική κατάρτιση και ερευνητικές δραστηριότητες. Πολλά βιβλία με σχετικά θέματα τυπώνονται και κυκλοφορούν. Στα Πανεπιστήμια συστηματοποιείται η διδασκαλία των Μαθηματικών, ενώ η εισαγωγή των λογαρίθμων διευκολύνει και επιταχύνει την εκτέλεση των τοπογραφικών υπολογισμών. Το 1794, για πρώτη φορά εφαρμόζεται στο Γαλλικό κτηματολόγιο η διαίρεση του κύκλου σε 400 gon, σημαντικό γεγονός στην εξέλιξη της Γεωδαισίας. (7)

2.1.3 Πρώτη και Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση 1789 - 1880

Στο Ευρωπαϊκό χώρο Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα, συντελείτε εκρηκτική ανάπτυξη στις βιομηχανικές τεχνικές, με την εφεύρεση μηχανών κυρίως κλωστικών και υφαντικών, που βοήθησαν στην μηχανοποίηση πολλών χειρονακτικών εργασιών. Η παραγωγή σιδήρου γινόταν σε μεγάλες ποσότητες και η βασική κινητήρια δύναμη ήταν οι νερόμυλοι. (3)

Η ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας έφεραν πρώτα στην Αγγλία την λεγόμενη πρώτη βιομηχανική επανάσταση⁸, μια περίοδος η οποία χαρακτηρίζεται από την μαζική παραγωγή προϊόντων. Η μηχανή που προώθησε δραστικά την πρώτη βιομηχανική επανάσταση ήταν η ατμομηχανή, που εφευρέθηκε από τον James Watt (1736-1819) το 1765⁹. Στον τομέα της τοπογραφίας καταγράφονται οι εξής εξελίξεις :

- εξάπλωση των τριγωνομετρικών δικτύων σε όλη την Ευρώπη για διάφορες χαρτογραφικές εργασίες
- ο εκβιομηχανισμός και η δημιουργία ποικίλων τεχνικών έργων, αύξησαν τις απαιτήσεις τεχνικών μετρήσεων και οδήγησαν στην κατασκευή οργάνων μέτρησης γωνιών και μηκών καθώς και στην εισαγωγή και αξιοποίηση νέων μεθόδων.

⁸ Ο όρος «βιομηχανική επανάσταση» καθιερώθηκε από τον Άγγλο ιστορικό Arnold Toynbee (1852-1883) για να περιγράψει την οικονομική ανάπτυξη της Αγγλίας από το 1760 μέχρι το 1840.

⁹ Η πρώτη βιομηχανική επανάσταση δεν περιορίστηκε στην Αγγλία. Εκδηλώθηκε επίσης στο Βέλγιο και στην βόρεια Γαλλία και βαθμιαία απλώθηκε προς τα ανατολικά στην Γερμανία. Αργότερα, βιομηχανοποίησαν την οικονομία τους και οι πρώην ΕΣΣΔ και η Ισπανία. Η Αμερική ήταν από τις πρώτες χώρες που ακολούθησαν.

Κατά τον 18^ο αιώνα το μαθηματικό υπόβαθρο του Τοπογράφου γίνεται ακόμη καλύτερο. Οι πανεπιστημιακές σχολές εκπαιδεύουν συνεχώς και περισσότερους Τοπογράφους, για τους οποίους υπάρχει ζήτηση λόγω διανομών της γης και αλλαγών στον τρόπο των καλλιεργειών. Παράλληλα σε διάφορα κράτη ιδρύονται τοπογραφικές υπηρεσίες, ώστε να υλοποιούνται μετρήσεις τριγωνομετρικών δικτύων και άλλες τοπογραφικές εργασίες μεγάλης κλίμακας. Τα παλαιά απλά γωνιομετρικά όργανα δίνουν την θέση τους στους θεοδόλιχους με τηλεσκόπιο οι οποίοι χρησιμοποιούνται πλέον ευρύτατα. Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα οι θεοδόλιχοι ήταν όργανα εύχρηστα, μετρούσαν οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες και χρησιμοποιούσαν αεροστάθμες για την οριζοντίωσή τους. Η χρησιμοποίηση σταδιομετρικών νημάτων και σταδίας οδηγεί στην οπτική μέτρηση αποστάσεων με ικανοποιητική ακρίβεια. Με αποτέλεσμα η ποιότητα και η ακρίβεια των χαρτών βελτιώνονται σημαντικά. (7)



Εικόνα 24 Ο χαρτογράφος του πρωσικού στρατού Ντένεκε εν ώρα εργασίας σε αρχαίο οχυρό στο ύψωμα Πλακατό της περιοχής των Δερβενοχωρίων (8)

Από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα η ανάπτυξη στο τομέα της τοπογραφίας είναι ακόμα πιο ραγδαία. Κατασκευάζονται θεοδόλιχοι και χωροβάτες υψηλής ακριβείας, λινές και μεταλλικές μετροταινίες, κανόνες και ειδικά σύρματα για τη μέτρηση μηκών.

Σημαντικές προσωπικότητες που εξελίσσουν την επιστήμη της Τοπογραφίας την περίοδο αυτή είναι :

- Ο Σκωτσέζος φυσικός Maxwell (1831-1879) θέτει τις θεωρητικές βάσεις της μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Σημαντικές είναι οι μελέτες που γίνονται επάνω σε διάφορα χαρακτηριστικά της Γης
- Ο Γερμανο-Αμερικανός Michelson (1852-1931) χρησιμοποιεί για πρώτη φορά ηλεκτρομαγνητικά κύματα για μέτρηση αποστάσεων. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα
- Ο Heinrich Wild σχεδιάζει και κατασκευάζει θεοδολίχους με πολλές καινοτομίες συνεργαζόμενος με τα μεγαλύτερα εργοστάσια κατασκευής τοπογραφικών οργάνων της εποχής. Κατασκευάζονται επίσης νέοι τύποι χωροβατών και γυροσκοπικοί θεοδολίχοι για τον προσδιορισμό της διεύθυνσης του μαγνητικού βορρά.

Δεδομένου των εξελίξεων τα τοπογραφικά όργανα εκσυγχρονίζονται και πλέον τα χαρακτηριστικά που φέρουν είναι:

- το μικρό μέγεθος
- το μικρό βάρος,
- η υψηλή ακρίβεια μετρήσεων

Ο 1^{ος} Παγκόσμιος Πόλεμος και οι ανάγκες του ώθησαν την επιστήμη της Γεωδαισίας, αλλά και της Φωτογραμμετρίας¹⁰. Μετά τον πόλεμο πληθαίνουν οι ερευνητικές δραστηριότητες σε σχετικά με τη Γεωδαισία θέματα. Η έκδοση σχετικών βιβλίων πληθαίνει, ωστόσο δεν επιτυγχάνεται συνεργασία μεταξύ των διαφόρων κρατών σε γεωδαιτικά θέματα δεν είναι η καλύτερη κατά το διάστημα του μεσοπολέμου. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα ευρωπαϊκά κατά κύριο λόγο

¹⁰ **φωτογραμμετρία** ονομάζεται μια ιδιαίτερη μέθοδος - τεχνική προσδιορισμού διαστάσεων αντικειμένων με χρήση φωτογραφιών. Στη μέθοδο αυτή ακολουθείται ιδιαίτερος τρόπος φωτογράφισης

εργοστάσια κατασκευής τοπογραφικών οργάνων συνεχίζουν να βελτιώνουν τα προϊόντα τους και να εξελίσσουν την τεχνολογία θεοδολίχων και χωροβατών, όπως θεοδολίχους κατάλληλους για αστρονομικούς προσδιορισμούς και χωροβάτες αυτόματης οριζοντίωσης.

Η μαζική παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα, που επιτεύχθηκε με την πρώτη βιομηχανική επανάσταση κυρίως στην Αγγλία απαιτούσε ένα συντονισμένο σύστημα μαζικής διανομής προϊόντων. Το σύστημα αυτό ήρθε με την λεγόμενη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση που χαρακτηρίστηκε από σημαντικές καινοτομίες στις μεταφορές και στις επικοινωνίες (σιδηρόδρομος, ατμόπλοια, τηλέγραφος), οι οποίες πραγματοποιήθηκαν μεταξύ του 1850 και του 1880.¹¹

Ο 2^{ος} Παγκόσμιος Πόλεμος έδωσε και πάλι μια νέα τεράστια ώθηση σε διάφορες επιστήμες. Σημείο σταθμός αποτελεί η ηλεκτρομαγνητική μέτρηση των αποστάσεων, η μέτρηση δηλαδή μηκών με τη βοήθεια οργάνων που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Μια από τις πρώτες εφαρμογές της χρήσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ήταν το radar, για τον εντοπισμό πλοίων και αεροπλάνων.

2.1.4 Σύγχρονος Δυτικός Πολιτισμός

Το χρονικό διάστημα που αναπτύσσεται ο δυτικός πολιτισμός τοποθετείται από τα τέλη του δεύτερου παγκοσμίου πόλεμου μέχρι και τις μέρες μας. Μετά τον πόλεμο δημιουργήθηκαν διάφορα συστήματα ναυσιπλοΐας με τη χρήση ραδιοκυμάτων, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 1950 κατασκευάστηκε το πρώτο όργανο μέτρησης αποστάσεων με ορατό φως από τον Bergstrand στη Σουηδία. Η συνέχεια στην παραγωγή τέτοιων οργάνων ήταν ραγδαία: Κατασκευάζονται ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης μεγάλων αποστάσεων με τη χρήση μικροκυμάτων, ακτίνων laser και υπέρυθρης ακτινοβολίας. Επίσης από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 κατασκευάζονται ηλεκτρονικοί θεοδολίχοι, όπου η μέτρηση των οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο.

¹¹ Την περίοδο αυτή και μετέπειτα η Αμερική έπαιξε πρωταγωνιστικό ρόλο στις καινοτομίες που επήλθαν στην μαζική παραγωγή και διανομή προϊόντων, με αποτέλεσμα μέχρι τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο να έχει περισσότερες επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας από ότι το σύνολο του υπόλοιπου κόσμου.

Η Τοπογραφία είναι ωφελήθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη της Ηλεκτρονικής δεδομένου ότι σαν επιστήμη χρησιμοποίησε τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών, κυρίως λόγω της γρήγορης εκτέλεσης υπολογισμών, όσο και για την πλήρως αυτοματοποιημένη παραγωγή σχεδίων και χαρτών με τη βοήθεια κατάλληλων προγραμμάτων (CAD) και περιφερειακών συσκευών.

Άλλος ένας σταθμός στην εξέλιξη της τοπογραφίας είναι η ανάπτυξη του Γεωδαιτικού σταθμού. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 όλες οι μετρήσεις γωνιών και μηκών πλέον γίνονται από ένα και μόνο πλήρες ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό όργανο. Οι γεωδαιτικοί σταθμοί εξελίσσονται με προσθήκες, όπως επεξεργαστές και λειτουργικό σύστημα παρόμοιο και συμβατό με των υπολογιστών, προγράμματα, αυτόματης κίνηση του οργάνου αυτόματη αναζήτηση στόχου για μέτρηση, κ.ά.



Εικόνα 25 Σύγχρονος γεωδαιτικός σταθμός

Στη σύγχρονη εποχή η Τοπογραφία κάνει εκτεταμένη χρήση δορυφορικών συστημάτων για τον εντοπισμό θέσης πάνω στη Γη. Μετά το 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο οι Η.Π.Α. δημιούργησαν συστήματα για τον έλεγχο της ναυσιπλοΐας για στρατιωτικούς σκοπούς. Το σύστημα GPS, πέρα από τη χρησιμοποίησή του για τον έλεγχο της κίνησης πλοίων, αεροπλάνων και οχημάτων, αποδείχτηκε ένα εξαιρετικό, εύχρηστο και υψηλής ακριβείας σύστημα μετρήσεων για τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές που κυριολεκτικά θέτει τη Γεωδαισία σε νέες βάσεις και αναθεωρεί ένα πλήθος μεθόδων μέτρησης και υπολογισμών. Με τη χρήση ενός μόνο δέκτη GPS είναι δυνατός ο εντοπισμός της θέσης οποιουδήποτε σημείου πάνω στη Γη με ακρίβεια λίγων μέτρων. Με τη συνδυασμένη χρήση δύο ή περισσότερων δεκτών όμως, είναι δυνατός ο προσδιορισμός αποστάσεων στο χώρο μεταξύ των δεκτών με ακρίβεια εκατοστού.

2.2 Αντικείμενο Έρευνας της Τοπογραφίας

Η Τοπογραφία ως επιστήμη μελετάει τη θεωρητική και πρακτική σπουδή οργάνων και μεθόδων για την εκτέλεση μετρήσεων, υπολογισμών και απεικονίσεων που με τελικό στόχο τον προσδιορισμό της μορφής και του μεγέθους τμημάτων της γήινης επιφάνειας. (10) Με βάση όλες τις σύγχρονες εξελίξεις της Τοπογραφίας, οι στόχοι της είναι :

- Η εγκατάσταση και συντήρηση γεωδαιτικών δικτύων στην επιφάνεια της Γης
- Οι αποτυπώσεις της επιφάνειας της Γης
- Η παροχή δεδομένων για τη σύνταξη χαρτών
- Η σύνταξη κτηματολογικών διαγραμμάτων
- Η χάραξη και ο έλεγχος των τεχνικών έργων

Στα αποτελέσματα των Γεωδαιτικών μετρήσεων, υπολογισμών και απεικονίσεων στηρίζονται: (12)

Δημόσια Έργα	Η μελέτη και η εκτέλεση κάθε τεχνικού δημόσιου έργου, η κατασκευή συγκοινωνιακών έργων, η κατασκευή λιμενικών και υδραυλικών έργων και η εκτέλεση εποικιστικών έργων
Ιδιωτικά Έργα	Η επίσημη αναγνώριση και η εξασφάλιση της ακίνητης ιδιοκτησίας
Επενδυτικά Έργα	Η βελτίωση της ακίνητης ιδιοκτησίας και η συστηματική της εκμετάλλευση διευθέτηση εκμετάλλευση λατομείων, ορυχείων μεταλλοφόρων κοιτασμάτων

Ο κύριος σκοπός του εφαρμοσμένου μέρους της Γεωδαισίας είναι ο προσδιορισμός θέσεων στη φυσική γήινη επιφάνεια και εν συνεχεία η ένταξή τους σε ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς είναι. (10) Οι παραδοσιακές τεχνικές που εφαρμόζονται είναι :

- ο τριγωνισμός
- ο τριπλευρισμός
- ο συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων

οι μέθοδοι παρέχουν τις επιφανειακές ελλειψοειδείς συντεταγμένες και σε συνδυασμό με την μέθοδο της υψομετρίας, παρέχονται τα υψόμετρα και ολοκληρώνεται ο προσδιορισμός της θέσης του οικοπέδου. Οι παραδοσιακές τεχνικές αξιοποιήθηκαν και εξελίχθησαν με την χρήση των τεχνητών δορυφόρων σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν βελτιστοποίηση την μεθοδολογία, σε σημείο που ο τρισδιάστατος εντοπισμός μεγάλης ακρίβειας να είναι ένα εύκολο αποτέλεσμα με σύντομες εργασίες υπαίθρου. Σύμφωνα με τον κ. Θ. Ασπάρα (2007)

«Με τον όρο δορυφορικός εντοπισμός θέσης εννοείται ο προσδιορισμός των απόλυτων και σχετικών συντεταγμένων σημείων επί της Γης, στην ξηρά, στη θάλασσα ή επάνω από τη Γη με την επεξεργασία μετρήσεων προς και/ή από τεχνητούς δορυφόρους.» (13)

Η χρήση των γεωδαιτικών GPS σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους προσφέρει δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Οι θέσεις προσδιορίζονται τρισδιάστατοι σε αυθεντική απόδοση
- Δεν υπάρχουν απαιτήσεις αμοιβαίας ορατότητας μεταξύ των εμπλεκόμενων σε μετρήσεις σταθμών

Η αναγκαιότητα της αξιοποίησης της ταχύτητας και της ακρίβειας που προσφέρουν τα γεωδαιτικά GPS διαφαίνεται σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας (βαριά βιομηχανία, ναυπηγική, αεροναυπηγική), στους οποίους απαιτείται η πληροφορία που δίνεται να είναι αξιόπιστη και ακριβής στη τάξη δεκάτων του μέτρου. (16)

2.3 Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GPS

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται στην εργασία των Φωτίου και Πικρίδα :

«Το G S¹² (Global Positioning System) είναι ένα γεωδαιτικό δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης, ταχύτητας και διανομής χρόνου. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ραδιοσήματα από δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη». (17)

Η εποχή της δορυφορικής και διαστημικής γεωδαισίας θεμελιώνεται στη δεκαετία του 1960 και κορυφώνεται την τελευταία εικοσαετία. Έτσι τα γεωδαιτικά GPS φαίνεται να έχουν επικρατήσει στο μεγαλύτερο μέρος των γεωδαιτικών και τοπογραφικών εφαρμογών.

Πιο αναλυτικά το σύστημα σχεδιάστηκε στη δεκαετία του 1970, αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1980 και βρίσκεται αδιαλείπτως υπό τον έλεγχο του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ (Department of Defence). Αρχικά σχεδιάστηκε για την κάλυψη των αναγκών της ναυσιπλοΐας και για στρατιωτικούς σκοπούς με στόχο να είναι δυνατός ο προσδιορισμός θέσης ενός αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια $\pm 10 - 15$ m. Γρήγορα έγινε αντιληπτή η δυνατότητα χρήσης του συστήματος και για την κάλυψη πολιτικών αναγκών πλοήγησης. Η πολιτική χρήση του GPS, όπως είναι οι τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές υψηλής ακρίβειας ή οι χαμηλότερης ακρίβειας εφαρμογές GIS, οι εφαρμογές πλοήγησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων, έγινε δυνατή ύστερα από απόφαση των ΗΠΑ¹³, σχεδόν από τα πρώτα βήματα, με πρόβλεψη για περαιτέρω βελτίωση. (16)

¹² Το GPS ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite Systems), δηλαδή των παγκόσμιων δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης, όπως είναι το παρόμοιο Ρωσικό σύστημα GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS) και το καθαρά πολιτικό Ευρωπαϊκό σύστημα GALILEO.

¹³ 1983, με αφορμή κάποιο αεροπορικό δυστύχημα

2.3.1 Πλεονεκτήματα Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού Θέσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του GPS έναντι των άλλων παλαιότερων επίγειων και δορυφορικών μεθόδων είναι:

- Δίνει απευθείας τη θέση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης, συνεπώς γνωρίζουμε κάθε στιγμή τη θέση μας σε καρτεσιανές συντεταγμένες X,Y,Z.
- Είναι ένα σύστημα "παντός καιρού", δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
- Για τον προσδιορισμό θέσης δεν απαιτεί αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων της παρατήρησης. Απαιτείται μόνο ορατότητα προς ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων (ανοιχτός ορίζοντας στα σημεία στάσης).
- Δύναται να συνεργαστεί με άλλα συστήματα προσδιορισμού θέσης (LORAN-C, Αδρανειακά συστήματα, κ.α.) καθώς και με άλλες σύγχρονες εφαρμογές και συστήματα (GIS, Φωτογραμμετρία, κ.α.).
- Η διαδικασία των μετρήσεων είναι αρκετά απλή και απαιτείται μικρός χρόνος μέτρησης. Η εκτέλεση των μετρήσεων είναι δυνατή όλο το 24^{ωρο} με μικρό αριθμό προσωπικού
- Δίνει καλή ακρίβεια προσδιορισμού θέσης με πολύ μικρότερο χρόνο μέτρησης σε σχέση με άλλες μεθόδους.

2.3.2 Μειονεκτήματα Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού Θέσης

Στα μειονεκτήματα του GPS αναφέρονται η απαίτηση ανοιχτού ορίζοντα ώστε να έχει οπτική επαφή με δορυφόρους, και η μείωση της ακρίβειας του συστήματος και η εισαγωγή σφαλμάτων από πλευρά των ΗΠΑ κατά χρονικά διαστήματα λόγω του στρατιωτικού χαρακτήρα του συστήματος δεν εγγυώνται την απρόσκοπτη λειτουργία του. (18)

2.3.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά GPS

Το σύστημα GPS αποτελείται ουσιαστικά από "πομπούς σε τροχιά" που είναι οι δορυφόροι GPS και από δέκτες GPS στη γήινη επιφάνεια. Ο δέκτης μπορεί να αναπτύσσεται όπως ένα κλασσικό τοπογραφικό όργανο σε τρίποδα, βάθρο, στυλεό, να τοποθετείται σε κινούμενο όχημα ή ακόμα και να κρατιέται στην παλάμη του χεριού και να λαμβάνει ηλεκτρομαγνητικά σήματα που εκπέμπονται και λαμβάνονται από τους ορατούς ως προς το δέκτη δορυφόρους. (18) Επιγραμματικά το σύστημα GPS συνίσταται από τρία τμήματα: (12)

- Το δορυφορικό τμήμα,
- Το τμήμα ελέγχου
- Το τμήμα χρήσης

Δορυφορικό Τμήμα Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται σήμερα από 30 δορυφόρους των σειρών BLOCK II, IIA και IIR, IIR-M, BLOCK IIF. Κάθε σειρά συμπληρώνει ή και αντικαθιστά σταδιακά τις προηγούμενες επειδή οι δορυφόροι έχουν ορισμένη διάρκεια ζωής.

Ο αρχικός σχεδιασμός προέβλεπε 21 δορυφόρους ενώ από τα τέλη του 1993 ο αριθμός τους είναι σταθερά πάνω από 24. Ο αριθμός των 24 δορυφόρων αποτελεί τον απαραίτητο αριθμό για την πλήρη λειτουργία του συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να παρατηρούνται ταυτόχρονα έξι έως οκτώ δορυφόροι από οποιοδήποτε σημείο της γήινης επιφάνειας με καλό ορίζοντα. Οι νεότεροι δορυφόροι παρουσιάζουν ολοένα και μεγαλύτερη αυτονομία από το τμήμα ελέγχου αφού μπορούν, με παρατηρήσεις μεταξύ τους, να προσδιορίζουν μόνοι τους τα στοιχεία τροχιάς και άλλες παραμέτρους που απαιτούνται.

Τμήμα Ελέγχου Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από πέντε επίγειους μόνιμους σταθμούς παρακολούθησης (monitor stations), συμπεριλαμβανομένου και του κεντρικού σταθμού, με

γνωστές συντεταγμένες ως προς το WGS84, κατανεμημένοι σε όλη τη γη και συγκεκριμένα στις θέσεις Hawaii, Colorado Springs (MCS), Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein.

Τρεις σταθμούς τηλεπικοινωνιών (upload stations, Ground Antennas). Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται στις θέσεις των μόνιμων σταθμών εκτός από τους σταθμούς MCS και Hawaii. Μια ακόμα κεραία, που λειτουργεί για τον έλεγχο των δορυφόρων πριν την εκτόξευσή τους αλλά και ως εφεδρική, βρίσκεται στο Cape Canaveral, Florida. Κάθε σταθμός βλέπει όλους τους δορυφόρους στη διάρκεια μιας ημέρας, οπότε ο κάθε δορυφόρος είναι σε επικοινωνία τρεις φορές την ημέρα για να λάβει τα δεδομένα του μηνύματος πλοήγησης.

Έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου (MCS: Master Control Station) που βρίσκεται στην αεροπορική βάση Falcon στο Colorado Springs, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη συνολική κατάσταση και λειτουργία του δορυφορικού σχηματισμού. Ένας ακόμα εφεδρικός σταθμός ελέγχου (BUMCS: Backup MCS) βρίσκεται στο Gaithersburg, Maryland.

**Τμήμα
Χρήσης**

Το τμήμα των χρηστών περιλαμβάνει τους δέκτες GPS οι οποίοι λαμβάνουν, επεξεργάζονται τα σήματα και καταγράφουν τις μετρήσεις. Ο δέκτης αποτελείται από την κεραία, τον κυρίως δέκτη και τον υπολογιστή (χειριστήριο-καταγραφικό). Μέσω της κεραίας μπορεί να κεντρώνεται σε σημεία για τον προσδιορισμό της θέσης τους όπως ακριβώς ένας κλασικός θεοδόλιχος. Ο σχεδιασμός των τροχιών είναι τέτοιος, ώστε ανά πάσα χρονική στιγμή και σε οποιοδήποτε σημείο της γης, να υπάρχουν τουλάχιστον 4 ορατοί δορυφόροι που να λαμβάνονται ταυτόχρονα. Αυτός ο αριθμός δορυφόρων είναι απαραίτητος για να καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός θέσης (X,Y,Z) ενός σημείου με έναν δέκτη (πρόβλημα πλευρικής οπισθοτομίας στο χώρο).

2.3.4 Αρχή Λειτουργίας GPS

Η αρχή λειτουργίας του GPS είναι η ακόλουθη: Στο δέκτη GPS γίνεται η λήψη και η ανάλυση του λαμβανόμενου σήματος και μέσω μετρήσεων αποστάσεων μεταξύ δορυφόρου και δέκτη, προσδιορίζεται η θέση του δέκτη. Από εκεί και πέρα υπάρχουν δύο τρόποι προσδιορισμού θέσης με το GPS, ο απόλυτος και ο σχετικός προσδιορισμός θέσης. (18)

Απόλυτος Εντοπισμός Αναφέρεται στον προσδιορισμό θέσης ενός σημείου με το GPS στο κοινά αποδεκτό σύστημα αναφοράς του WGS84. Στην περίπτωση αυτή, η επεξεργασία καθορίζονται των δεδομένων παρατήρησης γίνεται κατευθείαν στο δέκτη και οι συντεταγμένες του.

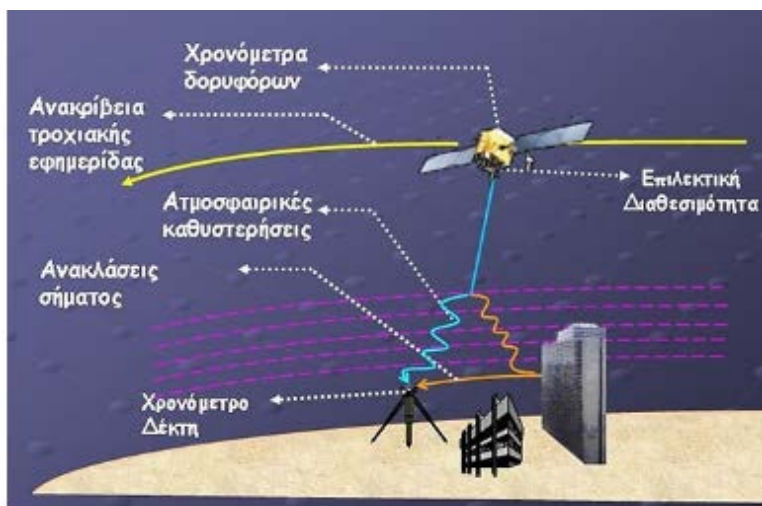
Σχετικός Εντοπισμός Αφορά τον καθορισμό των συντεταγμένων ενός δέκτη σε σχέση με κάποιον άλλον που συνήθως είναι σταθερός και βρίσκεται παρατηρούν σε γνωστή θέση. Στην περίπτωση αυτή οι δύο ή περισσότεροι δέκτες ταυτοχρόνως τους ίδιους δορυφόρους. Συνεπώς, κοινά σφάλματα που οφείλονται στους δορυφόρους, στην ατμόσφαιρα κ.λπ. όπως παρατηρούνται από τους δέκτες, αν εντοπισμού. αφαιρεθούν, μπορούν να εξαλειφθούν και να βελτιωθεί η ακρίβεια. Ο απόλυτος εντοπισμός δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα τις γεωδαιτικές εφαρμογές, αφού η ακρίβεια είναι της τάξης των 15 - 100 m. Με τις εφαρμογές του σχετικού εντοπισμού θέσης είναι δυνατό να προκύψουν ακρίβειες προσδιορισμού του διανύσματος ανάμεσα στους δύο δέκτες της τάξης του $\pm (5 - 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. (7)

2.3.5 Σφάλμα Λειτουργίας GPS

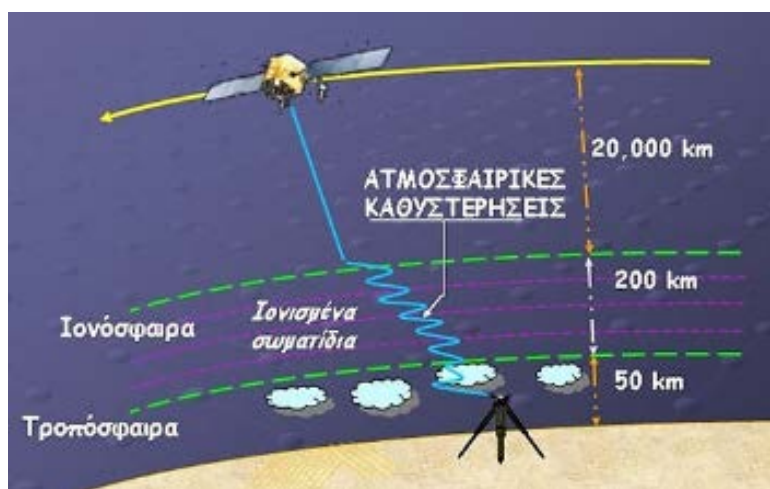
Διακρίνετε μια σειρά σφαλμάτων, συστηματικού κυρίως χαρακτήρα (systematic errors), που επηρεάζουν τον προσδιορισμό θέσης με παρατηρήσεις GPS. Τα τυχαία σφάλματα (random errors), που προφανώς είναι αναπόφευκτα, κατά την εκτέλεση

των μετρήσεων, ονομάζονται συνήθως ως θόρυβος (noise, white noise). Τα σφάλματα GPS μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Στα σφάλματα που σχετίζονται με τους δορυφόρους: το σφάλμα της δορυφορικής εφημερίδας ή τροχιάς, το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου και το σφάλμα της επιλεκτικής διαθεσιμότητας
- Στα σφάλματα που σχετίζονται με τους δέκτες: το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη, το σφάλμα της μεταβολής του κέντρου φάσης της κεραίας, το τυχαίο σφάλμα παρατήρησης ή ο θόρυβος, το σφάλμα εξαιτίας της αβεβαιότητας του γνωστού σημείου κατά την επίλυση μιας βάσης
- Στα σφάλματα που σχετίζονται με τη διάδοση του σήματος: τα ατμοσφαιρικά σφάλματα (τροποσφαιρικό και ιονοσφαιρικό σφάλμα), το σφάλμα πολυανάκλασης, το σφάλμα της ολίσθησης των κύκλων.



Εικόνα 26 Τυπικά σφάλματα που επηρεάζουν τις μετρήσεις GPS



Εικόνα 27 Τυπική διάκριση των ατμοσφαιρικών επιδράσεων (25)

Πραγματοποιήθηκε σημαντική προσπάθεια για τον έλεγχο και μοντελοποίηση των σφαλμάτων GPS. Η εκτίμησή τους πριν από τη συνόρθωση δεν μπορεί να γίνει πάντα με την ακρίβεια που απαιτείται για το σχετικό προσδιορισμό θέσης. Η μοντελοποίησή τους, αν και ικανοποιητική στις περισσότερες περιπτώσεις, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των άγνωστων παραμέτρων στα μοντέλα συνόρθωσης και τη μείωση της ισχύος της λύσης. Πέρα από τα παραπάνω σφάλματα, τον προσδιορισμό θέσης και χρόνου επηρεάζει και η γεωμετρική μορφή του δορυφορικού σχηματισμού.

2.4 Εφαρμογές Δορυφορικών Συστημάτων Εντοπισμού Θέσης

Οι τοπογραφικές και υδρογραφικές αποτυπώσεις, οι απλοί τριγωνισμοί και τα δίκτυα πύκνωσης, τα εθνικά, ηπειρωτικά και παγκόσμια γεωδαιτικά δίκτυα, οι συνδέσεις διαφορετικών συστημάτων αναφοράς και γεωδαιτικών datum, οι φωτογραμμετρικές και κτηματογραφικές αποτυπώσεις, οι χαράξεις στην οδοποιία και τα τεχνικά έργα, η μελέτη μικρομετακινήσεων κρίσιμων τεχνικών έργων καθώς επίσης και οι γεωδυναμικές εφαρμογές, όπως είναι η παρακολούθηση μικρομετακινήσεων του φλοιού της γης, αποτελούν μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές του GPS στα αντικείμενα κυρίως των επιστημών του Τοπογράφου Μηχανικού και άλλων Μηχανικών που σχετίζονται με αυτά ή παρόμοια αντικείμενα. (19)

2.4.1 Γεωδαιτικές – Τοπογραφικές εφαρμογές

Η προσδιορισμός γεωγραφικής θέσης με τη χρησιμοποίηση του GPS έχει φθάσει σε επίπεδα ακρίβειας την τάξη του 0.1 ppm. Για παράδειγμα η ακρίβεια αυτή σημαίνει κατά τη μέτρηση μιας απόστασης 300 km, σφάλμα μόλις 3cm. Τέτοιες ακρίβειες καθιστούν ικανοποιητική την εφαρμογή του GPS σε περιπτώσεις γεωδυναμικής, όπως είναι η παρακολούθηση της μικρομετακίνησης τεκτονικών πλακών, η παρακολούθηση της μικρομετακίνησης σημείων σε σεισμογενείς περιοχές πριν και μετά από κάποιον σεισμό και η παρακολούθηση της παραμόρφωσης της επιφάνειας του εδάφους που προκαλείται πριν από την έκρηξη κάποιου ηφαιστείου.

Συνηθισμένη πρακτική χρησιμοποίηση του GPS παρατηρείται σε περιπτώσεις παρακολούθησης μεγάλων γεωλογικών ρηγμάτων, όπου εγκαθίστανται και μετρούνται περιοδικά σταθμοί από τη μια και την άλλη πλευρά του ρήγματος.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένα βασικό πλεονέκτημα του GPS είναι το γεγονός ότι παρέχει τρισδιάστατη πληροφορία (x, y, z) για τα σημεία μέτρησης. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με την ικανοποιητική ακρίβεια καθιστούν το σύστημα κατάλληλο και για την εφαρμογή του σε παρακολούθηση παραμορφώσεων τεχνικών έργων και εδαφών. Έτσι σε περίπτωση παρακολούθησης μεγάλων τεχνικών έργων, όπως π.χ. τα υδροηλεκτρικά φράγματα, η ακρίβεια λίγων mm για 1 km ή πολύ λίγων cm για δεκάδες km που παρέχει το GPS κρίνονται γενικά κατάλληλες για την εκτέλεση μετρήσεων.

2.4.2 Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών

Με τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης η διαχείριση των φυσικών καταστροφών είναι ταχύτερη και ακριβέστερη από παλαιότερα. Ως παράδειγμα τίθεται η διαχείριση πυρκαγιών στα δάση. Ένα ελικόπτερο εξοπλισμένο με GPS μπορεί πετώντας κατά μήκος της περιμέτρου μιας πυρκαγιάς και σχεδόν στιγμιαία να αποτυπώσει έναν ακριβή χάρτη του μεγέθους της πυρκαγιάς. Αυτή η πληροφορία είναι πολύ σημαντική για τη συγκέντρωση του σωστού αριθμού πυροσβεστών στα σημεία που πρέπει για να κατασβήσουν την πυρκαγιά.

2.4.3 Ναυσιπλοΐα

Το GPS χρησιμοποιείται ως μία ακριβής πηγή πλοήγησης, ώστε να διατηρείται το κάθε πλοίο στην πορεία που πρέπει να ακολουθήσει. Τα διαφορικά συστήματα χρησιμοποιούνται επίσης για να χαρτογραφήσουν το βάθος των λιμανιών και των ναυστάθμων. Η ακρίβεια του GPS βοηθάει να εξασφαλίζεται ότι τα καθαρισμένα κανάλια ανταποκρίνονται στους δημοσιευμένους χάρτες, γίνεται η εξαγωγή των φερτών υλών με βυθοκόρους πιο αποτελεσματική και καθιστά δυνατό στις λιμενικές αρχές να παρακολουθούν τον ρυθμό αύξησης των ιζημάτων.

Το DGPS παρέχει την ακρίβεια που απαιτείται ώστε να καθοδηγούνται τα πλοία σε επικίνδυνες εισόδους λιμανιών και συνωστισμένους θαλάσσιους διαδρόμους. Με τα

συστήματα GPS, ολόκληροι στόλοι από τάνκερ μπορούν να παρακολουθούνται από κεντρικούς σταθμούς. Άλλες παράκτιες εφαρμογές ποικίλουν από διακρίβωση μόλυνσης της θάλασσας από πλοία έως τον καθορισμό περιοχών νόμιμης αλιείας. Τα οικονομικά και περιβαλλοντολογικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το σύστημα είναι τεράστια. (10)



2.4.4 Οδικές Μεταφορές

Η τεχνολογία του GPS έχει βελτιώσει δραματικά τις οδικές μεταφορές και την παρακολούθηση της κίνησης οχημάτων στην ξηρά. Οι εταιρίες διανομής και οι στόλοι παροχής υπηρεσιών θέλουν να γνωρίζουν τη θέση που βρίσκονται τα οχήματά τους με πολύ μεγάλη ακρίβεια και το DGPS είναι αυτό που μπορεί να τους την παρέχει. Μεταφορικές εταιρείες μπορούν να γνωρίζουν που βρίσκονται κάθε στιγμή τα οχήματα που μεταφέρουν προϊόντα. Με βάση αυτές τις πληροφορίες μπορούν να βελτιώνουν το σχεδιασμό των δρομολογίων, να αυξάνουν την παραγωγικότητα και την ανταγωνιστικότητα. Το ίδιο ισχύει και για τα μέσα μαζικής μεταφοράς (δημόσια και ιδιωτικά), η βελτίωση της λειτουργίας των οποίων έχει άμεση επίπτωση σε καλύτερες υπηρεσίες προς τον επιβάτη, σε συνδυασμό μάλιστα με συστήματα πληροφόρησης. Η ίδια τεχνολογία μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για την ασφαλή εργασία των εργαζομένων στις μεταφορές, αλλά και για τον εντοπισμό κλεμμένων οχημάτων. Με βάση το σύστημα GPS σχεδιάζονται ακόμη αυτόματα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων, ελέγχου ταχύτητας και πολλές ακόμη εφαρμογές.



2.5 Ανάλυση Δέκτη GPS

Ο δέκτης GPS είναι μια συσκευή-όργανο πολύ υψηλής τεχνολογίας που μπορεί να συντονίζεται πάνω σε δυο βασικές συχνότητες. Ένας δέκτης χωρίζεται σε δυο βασικά μέρη που είναι η κεραία και ο κυρίως δέκτης. Η κεραία συνήθως περιλαμβάνει και τον προενισχυτή του σήματος και μπορεί να είναι εξωτερική (ανεξάρτητη μονάδα συνδεδεμένη με τον κυρίως δέκτη μέσω καλωδίου) ή εσωτερική ώστε όλο το σύστημα δέκτης-κεραία να είναι μια συμπαγής συσκευή.

Ο κυρίως δέκτης αποτελείται από διάφορα επιμέρους τμήματα:

- το τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων
- τους διαύλους (κανάλια) παρακολούθησης του δορυφορικού σήματος με τους βρόγχους παρακολούθησης
- τον μικροεπεξεργαστή
- τη μονάδα επικοινωνίας με τον χρήστη

Οι δέκτες του συστήματος GPS λαμβάνουν τα σήματα των δορυφόρων και στη συνέχεια υπολογίζουν την απόσταση μεταξύ δορυφόρου-δέκτη είτε με τη μέτρηση ψευδοαποστάσεων (χρήση κώδικα) είτε με τη μέτρηση της διαφοράς φάσης της φέρουσας συχνότητας μεταξύ δορυφόρου-δέκτη, δηλαδή ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης που θα χρησιμοποιήσουμε.

2.5.1 Κεραία Δέκτη

Η κεραία λαμβάνει το αρκετά εξασθενημένο δορυφορικό σήμα από όλους τους ορατούς δορυφόρους, το ενισχύει με τον προενισχυτή και το διοχετεύει εσωτερικά στο δέκτη για περαιτέρω επεξεργασία. Η κεραία μετατρέπει στην ουσία την ενέργεια των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή μετατρέπει τα δορυφορικά ηλεκτρομαγνητικά σήματα σε ηλεκτρικά σήματα. Αν η κεραία είναι εξωτερική συνδέεται με ένα ειδικό καλώδιο με τον κυρίως δέκτη ή χωρίς καλώδιο με ασύρματη επικοινωνία (π.χ. Bluetooth).

Οι κεραίες είναι μικρών διαστάσεων, μικρού βάρους και συνήθως πολυκατευθυντήριες για λήψη σημάτων από όλες τις διευθύνσεις. Διακρίνονται σε διάφορους τύπους με πιο διαδεδομένο για τις γεωδαιτικές και τοπογραφικές εφαρμογές τον τύπο των 'μικρολωρίδων' (microstrip), που έχουν και το πλεονέκτημα καλής λήψης σημάτων από δορυφόρους χαμηλά στον ορίζοντα. Σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν είτε το σήμα στην L1 (δέκτες μιας συχνότητας) είτε στην L1 και στην L2 (δέκτες δυο συχνοτήτων). Οι γεωδαιτικοί δέκτες έχουν τη δυνατότητα λήψης και στις δυο συχνότητες.



Εικόνα 28 Δέκτης GPS TOPCON, μοντέλο GR-3

Για τη σωστή λήψη των δορυφορικών σημάτων οι κεραίες δεν πρέπει να επισκιάζονται από γειτονικά αντικείμενα, όπως μεγάλα κτίρια, δέντρα κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές δημιουργούνται πολλαπλές διαδρομές του σήματος εξαιτίας της ανάκλασης του στις γειτονικές επιφάνειες με αποτέλεσμα τη δημιουργία σημαντικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις (σφάλμα πολυανάκλασης, multipath error). Παρόμοια επίδραση δημιουργεί και η επιφάνεια του εδάφους κάτω από την κεραία. _στόσο το σφάλμα αυτό είναι δύσκολο να απαλειφθεί. Για την περίπτωση των ανακλάσεων του σήματος κάτω από το έδαφος οι κεραίες ανθίστανται ικανοποιητικά. (13)

2.5.2 Κυρίως Δέκτης

Το πρώτο τμήμα του δέκτη που αναλαμβάνει την επεξεργασία του εισερχόμενου δορυφορικού σήματος, μετά την προενίσχυση, είναι το τμήμα των ραδιοσυχνοτήτων (RF section), το οποίο περιλαμβάνει διάφορες διατάξεις τα οποία είναι

- οι ταλαντωτές ή ρολόγια χαλαζιακού τύπου για την παραγωγή των ημιτονοειδών σημάτων αναφοράς
- οι πολλαπλασιαστές για τη δημιουργία μεγαλύτερων συχνοτήτων
- τα φίλτρα για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων συχνοτήτων
- οι μίκτες για τον πολλαπλασιασμό δυο διαφορετικών σημάτων
- οι βρόγχοι παρακολούθησης και εξαγωγής μετρήσεων

Η μονάδα επικοινωνίας με τον χρήστη, που είναι συνήθως ένα χειριστήριο ή και καταγραφικό (user interface, Keyboard and Display Unit), είναι ένας μηχανισμός μέσω του οποίου ο δέκτης GPS επικοινωνεί και συνεργάζεται με τον χρήστη. Σχεδόν όλοι οι δέκτες διαθέτουν ενσωματωμένα πλήκτρα και φωτοδιόδους (led) για τις βασικές λειτουργίες του δέκτη και την πληροφόρηση των χρηστών για το τι συμβαίνει στη διάρκεια των μετρήσεων

2.5.3 Όργανο Μετρήσεων Topcon Hiper GL

Για τις ανάγκες της τοπογραφικής αποτύπωσης της Ιεράς Μονής Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ χρησιμοποιήθηκε γεωδαιτικό GPS της εταιρείας TOPCON και συγκεκριμένα το μοντέλο HIPER GL.

Το μοντέλο επιτρέπει την σχετικά γρήγορη και αξιόπιστη εφαρμογή RTK αποτυπώσεων και χαράξεων εμβέλειας 2.5km. Το σύστημα αποτελείται από δύο δέκτες GPS Hiper GL (base και rover), ένα χειριστήριο πεδίου FC-200 εφοδιασμένο με το λογισμικό πεδίου TopSURV,



Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Οριζοντιογραφική Ακρίβεια: 1cm + 1ppm
- Υψομετρική Ακρίβεια: 1.5cm + 1ppm
- Βάρος 1.65Kgr
- Μπαταρία 2 Li-Ion διάρκειας 14 ωρών
- πλήρως αδιάβροχο
- αδιαπέραστο από σκόνη
- λειτουργεί σε θερμοκρασίες από -30oC έως +55 oC.
- Ενσωματωμένο UHF radio modem εμβέλειας 2.5km

Τόσο ο σταθμός βάσης (base) όσο και ο κινητός δέκτης (rover) διαθέτουν ενσωματωμένο UHF radio modem, με αποτέλεσμα την πλήρη απαλλαγή του συστήματος από καλώδια! Επιπλέον οι προσφερόμενοι δέκτες είναι εφοδιασμένοι με την ειδική τεχνική Advanced Multipath Reduction, χάρη στην οποία ελαχιστοποιείται το σφάλμα πολλαπλών διαδρομών του σήματος σε μεταλλικές επιφάνειες, ενώ παράλληλα μειώνονται σημαντικά οι απώλειες σήματος, ανεξάρτητα από το ανάγλυφο της περιοχής.

2.5 Μεθοδολογία Εργασιών

Το Τοπογραφικό Σχέδιο είναι η οριζόντια αποτύπωση ενός γηπέδου και η εργασία αυτή αποτέλεσε το πειραματικό κομμάτι της εργασίας. Συγκεκριμένα αποτυπώθηκε η Ιερά Μονή του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και του Άγιου Εφραίμ. Η σύνταξη της τοπογραφικής μελέτης απαιτούσε μια σειρά εργασιών, εντός και εκτός γραφείου των οποίων η μεθοδολογία αναφέρεται ως εξής:

Αρχικά ορίστηκαν τα σημεία λεπτομέρειας στο οικόπεδο βάσει των οποίων θα γίνει η αποτύπωση

Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το gps, στα σημεία προκειμένου να συνθέσουμε τις γραμμές του ορισθέντος περιγράμματος

Στα προκαθορισμένα σημεία τοποθετούσαμε το όργανο και περιμέναμε μέχρι να γίνει ο συγχρονισμός των δορυφόρων προκειμένου να έχουμε τη μέγιστη αξιοπιστία μέτρησης(1cm+1ppm).

Όταν πλέον συγχρονίζόντουσαν οι δορυφόροι αποθηκεύαμε τις συντεταγμένες του σημείου λεπτομέρειας στη μνήμη του λογισμικού του οργάνου. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε τόσες φορές όσες είναι και τα σημεία λεπτομέρειας μας. Και σε αυτό το στάδιο ολοκληρώθηκαν οι εργασίες της υπαίθρου.

Αυτά τα σημεία μεταφέρθηκαν από το λογισμικό του gps στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD από τα οποία με την εντολή line τα ενώσαμε και έτσι σχεδιάστηκε το αντικείμενο της πτυχιακής μας.

2.5.1 Σχεδίαση με Χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή

Τα συστήματα CAD (Computer Aided Design) χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση των σχεδιομελετών, δηλαδή τον υπολογισμό των διαφόρων εξαρτημάτων και μηχανών και την κατασκευή των αντίστοιχων δισδιάστατων και τρισδιάστατων σχεδίων. Με βάση τα κατασκευαστικά σχέδια προχωρούμε στη σύνθεση των συνοπτικών σχεδίων και τη δημιουργία του καταλόγου τεμαχίων. Όλα τα παραπάνω σχέδια μπορούμε με αντίστοιχη εντολή να τα σμικρύνουμε ή να τα μεγεθύνουμε (Zoom), να τα αναλύσουμε, να τα τροποποιήσουμε, να κάνουμε αυτόματη διαστασιολόγηση, να τοποθετήσουμε επιφάνειες δηλαδή να δούμε το εξάρτημα ή το μηχανήμα σαν στερεό, να το περιστρέψουμε, να το παρατηρήσουμε στις τρεις διαστάσεις από διάφορες οπτικές γωνίες, και να παρακολουθήσουμε μια κατασκευή σε στάση ή σε λειτουργία.

Το AutoCAD είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο σχεδιαστικό πρόγραμμα, βασικός εξοπλισμός σε κάθε τεχνικό γραφείο που διαχειρίζεται αρχιτεκτονικά, μηχανολογικά ή διακοσμητικά θέματα. Η μεγάλη εξάπλωσή του στον τεχνικό κόσμο ώθησε πολλούς μηχανικούς και γεωτεχνικούς να το χρησιμοποιήσουν σε εφαρμογές που ανήκουν καθαρά στο χώρο της γεωγραφικής πληροφορίας, στη θέση δηλαδή των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΗΣ

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μετρήσεις που υλοποιήθηκαν στο χώρο της μονής και τα σχεδιαστικά αποτελέσματα της αποτύπωσης μας. Παραθέτονται οι πίνακες μετρήσεων με εξελεγκτική σειρά και στην συνέχεια τα σχέδια που προέκυψαν από την δισδιάστατη και την τρισδιάστατη απεικόνιση

Ο στόχος της παρούσας εργασίας ήταν διττός, αφενός επιχειρήθηκε η παρουσίαση της εξελεγκτικής πορείας της επιστήμης της τοπογραφίας και αφετέρου η τοπογραφική αποτύπωση της Ιεράς Μονής του Ευαγγελισμού της Θεοτόκου και Αγίου Εφραίμ.

Όσον αφορά το πρώτο σκέλος της εργασίας συμπερασματικά προέκυψε πως τα γεωδαιτικά συστήματα GPS αποτελούν την πλέον σύγχρονη τεχνολογία για την ορθή αποτύπωση γηπέδου.

Οι τοπογραφικές και υδρογραφικές αποτυπώσεις, οι απλοί τριγωνισμοί και τα δίκτυα πύκνωσης, οι χαράξεις στην οδοποιία και τα τεχνικά έργα, η μελέτη μικρομετακινήσεων κρίσιμων τεχνικών έργων καθώς επίσης και οι γεωδυναμικές εφαρμογές, όπως είναι η παρακολούθηση μικρομετακινήσεων του φλοιού της γης, αποτελούν μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές του GPS.

Στα πλεονεκτήματα του συστήματος αναφέρεται η δυνατότητα προσδιορισμού απευθείας της θέσης ενός σημείου στην επιφάνεια της γης, συνεπώς γνωρίζουμε κάθε στιγμή τη θέση μας σε καρτεσιανές συντεταγμένες X,Y,Z. Ενώ για τον προσδιορισμό θέσης δεν απαιτεί αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων της παρατήρησης. Απαιτείται μόνο ορατότητα προς ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων (ανοιχτός ορίζοντας στα σημεία στάσης). Για αυτούς κυρίως τους λόγους επιλέχθηκε και η χρήση γεωδαιτικού GPS για την αποτύπωση της Ιεράς Μονής.

1. **Κ. Νικολοπούλου, Κ.** *Οικονομική Αποτίμηση του Περιβαλλοντικού Όφελους μιας Εγλατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων στην Περιοχή της Νέας Μάκρης*. Αθήνα : Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο - Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών - Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, 2011.
2. **www.wikimapia.com**. *Νέα Μάκρη*. 2/5/2012
3. **Α.Πετρονιώτη**. *Αρχιτεκτονική της απωτερης και κλασσικης αρχαιοτητας, μέρος Α*. 1995.
4. **Μ. Αραβάνη**. *Η Ιστορική Εξέλιξη της Δοκού ως Δομικό Στοιχείο και Μορφολογικό Στοιχείο*. Πειραιάς : Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, Νοέμβριος 2011.
5. **Pounds N.** *Ιστορική Γεωγραφία της Ευρώπης – Η μοντέρνα Ευρώπη*. Πάτρα : μτφρ. Αλεξιάκης Μ., Κονομή Μ., Λογιάκη Α., Εκδόσεις ΕΑΠ, 2001.
6. **http://www.imkifissias.gr**. *Ιερά Μονή Ευαγγελισμού τῆς Θεοτόκου καί Ἁγίου Ἐφραίμ* . 6/5/2012
7. **www.visitmarathon.gr**. *Μοναστήρι Ἁγίου Εφραίμ*. 30/4/2012
8. **http://www.romiosini.org.gr/DA9A0DD2.el.aspx**. *Ο Ἅγιος Εφραίμ ο Μεγαλομάρτυς*. 8/4/2012
9. **Ι.Μ. Ευαγγελισμού Θεοτόκου, Ι.** *Ιερά Μονή Ευαγγελισμού Θεοτόκου. Οπτασίαι και Θαύματα του Οσιομάρτυρος και θαυματουργού Εφραιμ του Νεοφανούς*. Αθήνα : Όρος Αμώνων Αττικής, 2002.

10. **Κ. Παινέση, Ζ. Μπακάκη** ,. *Αποτύπωση σε Ηλεκτρονική Μορφή της Παλαιοβυζαντινής Χριστιανικής Εκκλησία του Λεχαιού Κορινθίας*. Πειραιάς : Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά, 2011.
11. **http://www.noa.gr/museum/organo_20.html**. *Μουσείο Γεωαστροφυσικής Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών*. 21/5/2012
12. **Π. Σαββαΐδης, Ι. Υφαντής, Κ. Λακάκης** ,. *Τοπογραφία και Θεματική Χαρτογραφία για Αρχιτέκτονες*. Θεσσαλονίκη : Τμήμα Αρχιτεκτόνων Α.Π.Θ., 2007.
13. **<http://www.arxaiologia.gr/site/content.php?artid=4615>**. [Ηλεκτρονικό] 5/5/2012
14. **Ι. Δ. Κοφίτσας, Ι. Μαθήματα Τοπογραφίας**. Αθήνα : Εκδόσεις Ίων, 2003.
15. **Θ. Αστάρια, Θ. Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης και Εντοπισμού Θέσης**. Θεσσαλονίκη : Α.Π.Θ., 2007.
16. **Μ. Καριζώνης, Μ. Ακριβής Συγχρονισμός Ρομποτικού Θεοδόλιχου και GPS με Πειραματικές και Αναλυτικές Μεθόδους**. Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πάτρων - Πολυτεχνική Σχολή - Τομέας Γεωτεχνικής και Υδραυλικής Μηχανικής, 2009.
17. **Α. Φωτίου, Χ. Πικρίδας** ,. *GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Ζήτη, 2006.
18. **Η. Καρπούζας, Η. Εφαρμογές Παγκόσμιου Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού Θέσης GPS**. Θεσσαλονίκη : ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, 2008.
19. **Χρ. Αναστασόπουλος, Σπ. Κουρουκλής** ,. *Τοπογραφικό Διάγραμμα με η/κη τοπογραφία του Κάστρου, Αγ.Γεωργίου στο Δήμο Αργοστολίου, (περιοχή Περατάτα), Ν.Κεφαλληνίας. Εμβαδομέτρηση & Σχεδίαση με Autocad 2010* . Πειραιάς : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό ίδρυμα Πειραιά, 2010.
20. **Δ. Λαγός, Δ. Σημειώσεις Τοπογραφίας για Πολιτικούς Μηχανικούς Τεχνικής Εκπαίδευσης** . Πειραιάς : Α.Τ.Ε.Ι Πειραιά , 2006.

21. **<http://www.submarinesailor.com/tempshoreduty.asp>**. *Naval Communication Station Greece at Nea Makri*. 22/5/2012
22. **<http://site.marathon.gr/dimos-marathonos.html>**. *Δήμος Μαραθώνος*. 6/5/2012
23. **Χ.Ιγνατάκης**. *Κατασκευές απο Φέρουσα Τοιχοποιία. Κανονισμός - Βλάβες - Αποκατάσταση*. Μακεδονία : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2008.
24. **http://www.matia.gr/7/72/7203/7203_2_6.html**. *Βίοι Αγίων - Άγιος Εφραίμ*. 25/4/2012
25. **http://users.ntua.gr/ddeli/GSE/4_issue_GSE.html**. *ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ Δείγματα & Παραδείγματα*. 18/5/2012