

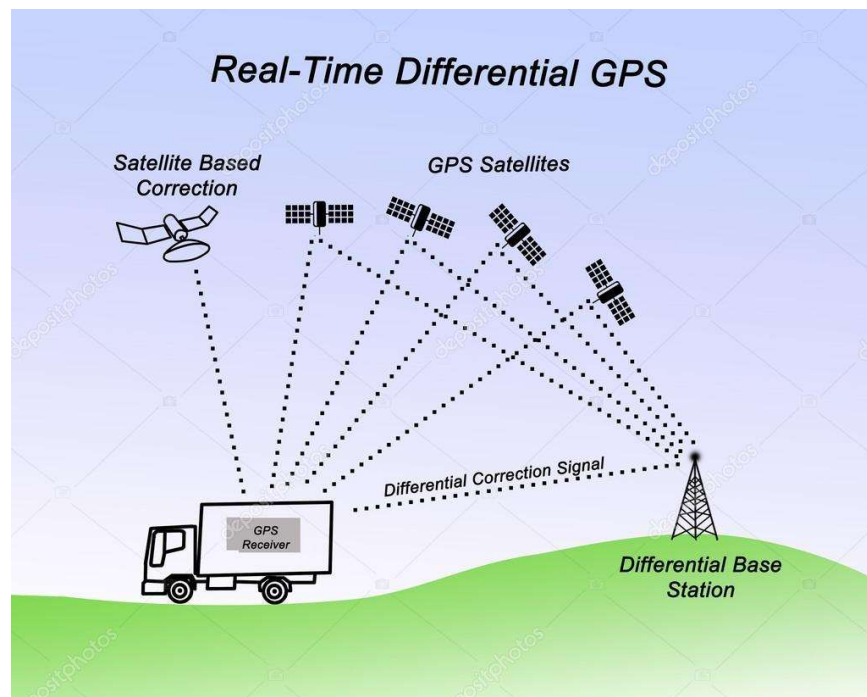


**Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ**  
**ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ**  
**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

**ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ**  
**GPS**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίλε Σάντρο**

**2019**

**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

**ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ**  
**GPS**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίλε Σάντρο**  
**2019**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ελένη Κόκκινου  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Επιτροπή Αξιολόγησης : Δρ. Ελένη Κόκκινου  
: Δρ. Μαραβελάκης Μανόλης  
: Δρ. Καλδέρης Δημήτριος

Ημερομηνία Παρουσίασης :

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :

---

## Ευχαριστίες

*Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια για την πολύτιμη καθοδήγησή της καθώς και την τριμελή επιτροπή. Επιπρόσθετα, οφείλω να αφιερώσω την πτυχιακή μου εργασία στους γονείς μου που μου συμπαραστάθηκαν όλα τα χρόνια της φοίτησής μου στο ΤΕΙ Κρήτης.*

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθούν οι δυνατότητες εφαρμογής του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού (GPS) για την αποτύπωση γεωμορφολογικών δομών και περαιτέρω ανάλυση με υψηλή ακρίβεια. Πιο αναλυτικά, η επεξεργασία των δεδομένων οδήγησε στην παραγωγή θεματικών χαρτών (κλίσης, διεύθυνσης βύθισης, καμπυλότητας και σκίασης) οι οποίοι βοηθούν στον εντοπισμό και στη συνέχεια την ερμηνεία των επιμέρους γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της υπό μελέτη περιοχής.

### **ABSTRACT**

Aim of this work is to investigate the application of the Global Positioning System (GPS) for the mapping of geomorphological structures and further high resolution analysis of the topographic data. In more detail, data processing led to the production of thematic maps (slope, dip direction, curvature and shading) that help to identify and further interpret the individual geomorphological features of the study area.

1. Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης, ή Θεσιθεσίας (GPS)	5
Ορισμός και λειτουργία	5
Τμήματα του GPS	5
Αρχή λειτουργία του GPS	8
Ιστορία του GPS	8
2. Γενικά για την χαρτογραφία	10
Ορισμός τοπογραφίας	10
Γενικά για την Χαρτογραφία	10
Αναδρομή στη χαρτογραφία	11
Θεματική Χαρτογραφία	11
Αναλυτική (μαθηματική) χαρτογράφηση	16
Τοπογραφικοί/βυθομετρικοί και γεωλογικοί χάρτες	17
Προσανατολισμός στην ξηρά και τη θάλασσα	19
Κατηγορίες και χαρακτηριστικά μορφολογικού ανάγλυφου	20
3. Επεξεργασία Δεδομένων	22
Το τοπογραφικό ανάγλυφο της εξεταζόμενης περιοχής	22
Χάρτης κλίσεων	23
Χάρτης διεύθυνσης βύθισης	24
Άλλοι θεματικοί χάρτες	25
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	27
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	28

# 1. Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης, ή Θεσιθεσίας (GPS)

## Ορισμός και λειτουργία

Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού αποτελείται από επίγεια και διαστημικά τμήματα τα οποία βρίσκονται οποιαδήποτε χρονική στιγμή σε συντονισμό για να επιφέρουν παγκόσμια κάλυψη με εμβέλεια που καλύπτει θάλασσα, ξηρά και αέρα. Σχηματίζοντας ένα “πλέγμα”, 32 τεχνητοί δορυφόροι εφοδιασμένοι με συσκευές πομποδεκτών και εξοπλισμό χαρτογράφησης βρίσκονται σε καθορισμένες ελλειπτικές τροχιές γύρω από τη γη, εκπέμποντας ραδιομαγνητικά κύματα τα οποία περιέχουν πληροφορίες θέσης του δορυφόρου σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Με την ανίχνευση των ραδιοκυμάτων με τους κατάλληλους επίγειους δέκτες είναι δυνατός ο υπολογισμός της θέσης ενός σημείου καθώς και η ταχύτητα, ο προσανατολισμός και το ύψος του.

## Τμήματα του GPS

### Δορυφορικό τμήμα

Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού αποτελείται από 32 δορυφόρους τοποθετημένους σε 6 διαφορετικές ελλειπτικές (σχεδόν κυκλικές) τροχιές σε ύψος 22.000 χλμ. από την επιφάνεια της γης. Κινούνται με ταχύτητα 2.6 χλμ./δευτερόλεπτο διαγράφοντας 2 κύκλους σε 24 ώρες. Ο μέσος ορός ζωής ενός δορυφόρου είναι 7,5-10 χρόνια μέχρι την αντικατάσταση του από καινούργιο. Οι διαστάσεις του είναι περίπου 5 μέτρα ύψος και 1,5 μέτρα πλάτος και 1000 κιλά βάρος. Οι δορυφόροι είναι εφοδιασμένοι με συστήματα υψηλής τεχνολογίας και βασικό εξοπλισμό, όπως ατομικά ρολόγια, κεραίες επικοινωνίας και υπολογιστές. Η τροφοδοσία των συστημάτων με ηλεκτρική ενέργεια γίνεται μέσω των φωτοβολταϊκών πάνελ. Μια φορά τον χρόνο γίνονται διορθώσεις στις τροχιακές κινήσεις των δορυφόρων λόγω απόκλισης τους. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται μέσω της αποστολής εντολών διόρθωσης από το κέντρο παρακολούθησης και ελέγχου.

### Επίγειο τμήμα ελέγχου

Οποιαδήποτε στιγμή στον χρόνο είναι απαραίτητο να υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας με κάθε δορυφόρο για τυχόν ελέγχους και διορθώσεις των συστημάτων.

Τα κυρία επιχειρησιακά καθήκοντα του τμήματος ελέγχου είναι η παρακολούθηση της ταχύτητας, της θέσης (τροχιά) και της επάρκειας σε ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς και τον συντονισμό των δορυφόρων και τον προσδιορισμό και την πρόγνωση των ατομικών ρολογιών. Το επίγειο τμήμα ελέγχου αποτελείται από τα παρακάτω :

1. Κεντρικός σταθμός ελέγχου ( MCS )
2. Εναλλακτικός σταθμός ελέγχου
3. Κεραίες τηλεπικοινωνίας
4. Σταθμοί παρακολούθησης

### **Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου ( MSC )**

Υπάρχουν 2 κεντρικοί σταθμοί ελέγχου από τους οποίους ένας σταθμός είναι εφεδρικός σε πλήρη λειτουργική φάση. Εφόσον χρειαστεί σταθμός ο οποίος αυτήν την στιγμή ελέγχει τον σχηματισμό των δορυφόρων βρίσκεται στο Server AFB Colora Springs, Colora. Όλοι οι ελέγχοι και οι εντολές που στέλνονται στους δορυφόρους πραγματοποιούνται από αυτές τις εγκαταστάσεις. Λαμβάνοντας τα δεδομένα και τις μετρήσεις που έχουν συλλέξει οι σταθμοί παρακολούθησης υπολογίζονται με ύψιστη ακρίβεια οι τοποθεσίες των δορυφόρων. Μέσα από το MSC αποστέλλονται απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζονται οι δορυφόροι για την πλοήγησή τους.

### **Σταθμοί παρακολούθησης**

Οι σταθμοί παρακολούθησης αρχικά ήταν 5 και βρίσκονταν στην Χαβάη, Κολοράντο, Νήσος Αναλήψεως στον νότιο Ατλαντικό Ωκεανό, Ντεγκόλ Γκαρσία στον Ινδικό Ωκεανό και στις νήσους Μάρσαλ στον βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό. Το 2005 και 2006 προσδέθηκαν άλλοι δώδεκα σε σύνολο σταθμοί για την ενίσχυση απόδοσης και ακρίβειας, παρέχοντας μεγαλύτερη ορατότητα των δορυφόρων.

Με την εγκατάσταση των παρακάτω επιπλέον σταθμών είναι δυνατή η παρακολούθηση κάθε δορυφόρου οποιαδήποτε χρονική στιγμή από τρεις διαφορετικούς σταθμούς επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στην συλλογή δεδομένων των τροχιακών των δορυφόρων και γενικά όλου του συστήματος.

Σταθμοί που προστέθηκαν το 2005 :

- Αδελαΐδα (Αυστραλία)
- Μπουένος Άιρες (Αργεντινή)
- Ερμιτάζ (Ηνωμένο Βασίλειο)
- Μανάκα (Μπαχρέιν)
- Κίντο (Ισημερινός)
- Ουάσιγκτον (ΗΠΑ)

Σταθμοί που προστέθηκαν το 2006 :

- Φερμπανκς (Αλάσκα)
- Οσάν (Νότια Κορέα)
- Παπέετε (Γαϊτή)

- Πραιτόρια (Νότια Αφρική)
- Ουέλινγκτον (Νέα Ζηλανδία)

### **Σταθμοί παρακολούθησης**

Οι σταθμοί παρακολούθησης αρχικά ήταν 5 και βρίσκονταν στην Χαβάη, Κολοράντο, Νήσος Αναλήψεως στον νότιο Ατλαντικό Ωκεανό, Ντεγκόλ Γκαρσία στον Ινδικό Ωκεανό και στις νήσους Μάρσαλ στον βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό. Το 2005 και 2006 προσδέθηκαν άλλοι δώδεκα σε σύνολο σταθμοί για την ενίσχυση απόδοσης και ακρίβειας, παρέχοντας μεγαλύτερη ορατότητα των δορυφόρων.

Με την εγκατάσταση των παρακάτω επιπλέον σταθμών είναι δυνατή η παρακολούθηση κάθε δορυφόρου οποιαδήποτε χρονική στιγμή από τρεις διαφορετικούς σταθμούς επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στην συλλογή δεδομένων των τροχιακών των δορυφόρων και γενικά όλου του συστήματος.

### **Κεραίες τηλεπικοινωνίας**

Το σύστημα των κεραιών τηλεπικοινωνίας αποτελείται από 4 αποκλειστικές κεραιές εδάφους GPS και 7 απομακρυσμένους σταθμούς παρακολούθησης του δικτύου δορυφορικού ελέγχου (AFSCN) της αμερικάνικης πολεμικής αεροπορίας. Οι κεραιές επικοινωνούν με “S Bank” ραδιοσήματα με τους δορυφόρους. Σκοπός τους είναι η αποστολή εντολών (που έχουν λάβει από το κεντρικό σταθμό παρακολούθησης), φόρτωση δεδομένων πλοήγησης και φορτίων προγράμματος επεξεργαστή καθώς και συλλογή δεδομένων τηλεμετρίας.

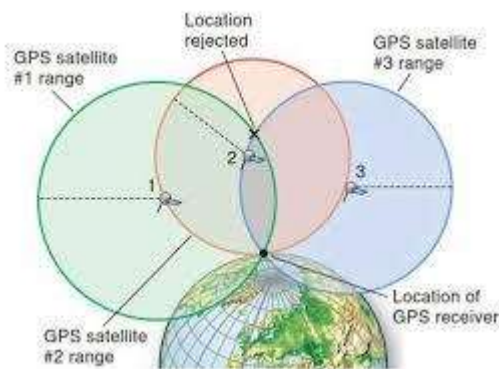
### **Τμήμα τελικού χρήστη**

Αρχικά το GPS χρησιμοποιήθηκε από τον στρατό με την βλέψη ότι μελλοντικά κάθε αεροσκάφος, όχημα εδάφους και ομάδες πεζικού θα ήταν εξοπλισμένο με δέκτη GPS ώστε να γίνεται πιο αποδοτικός και οργανωμένος ο συντονισμός στρατιωτικών επιχειρήσεων. Στις μέρες μας αυτό πλέον έχει γίνει πραγματικότητα με αποτέλεσμα να μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια η θέση κάθε στρατιώτη και οχήματος αλλά και η ταχύτητα και η κίνηση του στον χώρο. Επίσης με την εξέλιξη του GPS αναπτύχθηκε ραγδαία η τεχνολογία των μη επανδρωμένων αεροσκαφών προσφέροντας τεράστιο πλεονέκτημα στην αμερικανική αεροπορία αλλά και τις υπόλοιπες χώρες που έχουν την δυνατότητα χρήσης τους. Καθημερινά εκατομμύρια άνθρωποι χρησιμοποιούν τους δέκτες GPS που βρίσκονται σε κάθε κινητό και τάμπλετ για την μετακίνηση και γενικά τον προσανατολισμό τους στον χώρο. Για να μπορούμε να πάρουμε την πληροφορία που θέλουμε άμεσα και αποτελεσματικά από την χρήση του GPS, στην οθόνη της συσκευής εμφανίζεται εάν λογισμικό χαρτών, το οποίο λαμβάνοντας τις απαραίτητες πληροφορίες από τους δορυφόρους, μετατρέπει μέσω αλγορίθμων το στίγμα σε γραφική απεικόνιση, η οποία προσδιορίζει την θέση του χρήστη (γεωγραφικό μήκος και πλάτος).



## Αρχή λειτουργία του GPS

Η αρχή λειτουργίας του GPS βασίζεται στον τριγωνισμό στον χώρο (Σχ. 1) όπου τα γνωστά σημεία είναι οι δορυφόροι και άγνωστο το σημείο πάνω στην γη. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει τα ραδιοσήματα ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις σχηματίζοντας μια σφαιρική γεωμετρία γύρω από αυτόν με συγκεκριμένη ακτίνα. Αυτή μπορεί να υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο που διένυσε του σήμα από την στιγμή που στάλθηκε μέχρι την στιγμή που ελήφθη από τον δέκτη. Η μέτρηση αυτή πολλαπλασιαζόμενη με την ταχύτητα του φωτός μας δίνει την ακτίνα της σφαίρας δηλαδή την απόσταση του δορυφόρου από τον δέκτη. Από την λήψη σημάτων από δύο δορυφόρους η θέση του δέκτη περιορίζεται στην τομή των δυο σφαιρών ενώ λαμβάνοντας και εάν τρίτο σήμα το σημείο πάνω στην γη θα είναι αυτό που τέμνει και τους τρεις κύκλους. Ένα σημαντικό πρόβλημα παρουσιάζεται όσον αφορά τα χρονόμετρα με τα οποία είναι εφοδιασμένα δέκτης και δορυφόρος βάση των οποίων γίνονται όλες οι λειτουργίες του. Αυτό σημαίνει ότι όταν πολλαπλασιαστούν οι μετρήσεις με την ταχύτητα του φωτός, προκύπτουν σημαντικά σφάλματα στην μετρηση των αποστάσεων. Οπότε άμα δεν αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα οι “σφαίρες σημάτων” θα είναι πάντα λίγο μετατοπισμένες και η γεωμετρία τους δεν θα συγκλίνει σε ένα σημείο τομής. Λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την παράμετρο η διόρθωση του συγχρονισμού του χρόνου του δεκτή επιτυγχάνεται με την σύνδεση του σε έναν επιπλέον δορυφόρο, δηλαδή απαιτούνται 4 δορυφόροι για τον σωστό προσδιορισμό θέσης.



Σχήμα 1. Τριγωνισμό στον χώρο (<https://www.plengdut.com/satellites-gps-and-signals-orbital-system-positioning-global/9150/>)

## Ιστορία του GPS

Στις αρχές του 1960 κρατικοί μηχανισμοί όπως η NASA, το υπουργείο άμυνας της Αμερικής και το υπουργείο μεταφορών έδειξαν ενδιαφέρον για την ανάπτυξη ενός δορυφορικού συστήματος πλοήγησης το οποίο αργότερα ονομάστηκε Transit. Το 1964 το σύστημα τοποθετήθηκε σε λειτουργία και χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Σύντομα διαπιστώθηκαν οι περιορισμένες

ικανότητες του και δημιουργήθηκε η ανάγκη για την βελτιστοποίηση και ανάπτυξη καινούργιου συστήματος. Διάφοροι φορείς και υπηρεσίες ξεκίνησαν να αναπτύσσουν ή να ενισχύουν υπάρχοντα δορυφορικά συστήματα. Το 1969 δημιουργήθηκε το πρόγραμμα “Δορυφορικό σύστημα πλοήγησης άμυνας” (DNSS) με σκοπό την ένωση όλων των ανεξάρτητων στρατιωτικών φορέων και τη δημιουργία ενός ενιαίου συστήματος. Τελικά μέσα από αυτές τις προσπάθειες δημιουργήθηκε το “NAVSTAR GPS” η απλά “GPS” όπως είναι πλέον γνωστό. Μέχρι και σήμερα το σύστημα αναπτύσσεται και βελτιώνεται συνεχώς.

## 2. Γενικά για την χαρτογραφία

### Ορισμός τοπογραφίας

Τοπογραφία ονομάζεται η μελέτη του σχήματος και των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της Γης ή άλλων παρατηρήσιμων από κοντά ουράνιων σωμάτων (πλανητών, φυσικών δορυφόρων ή αστεροειδών). Πιο συγκεκριμένα, είναι ο επιστημονικός κλάδος που αφορά την περιγραφή και τις μεθόδους για την απεικόνιση και αποτύπωση κάθε τέτοιας επιφάνειας, φυσικής ή διαμορφωμένης από ανθρώπινα έργα πάνω σε έναν τοπογραφικό χάρτη]. Κατά μία άλλη έννοια, η τοπογραφία μιας περιοχής αναφέρεται στα ίδια τα σχήματα και τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας στη συγκεκριμένη περιοχή.

### Γενικά για την Χαρτογραφία

Η χαρτογραφία είναι μια επιστημη, που απαιτεί εάν ευρύ φάσμα γνώσεων και δεξιοτήτων από τον χαρτογράφο. Μέρος της διαδικασίας είναι η συλλογή δεδομένων, η αξιολόγηση και επεξεργασία τους καθώς και ο σχεδιασμός, η γραφική αναπαράσταση του χάρτη και τέλος η αναπαραγωγή του. Όλες οι αναφερόμενες διαδικασίες μερικές φορές μπορούν να πραγματοποιηθούν από εάν μόνο άτομο σε περίπτωση που η χαρτογράφιση είναι απλή, το οποίο όμως είναι ιδιαίτερα σπάνιο. Συνήθως κάθε δουλειά χωρίζεται και μοιράζεται σε συγκεκριμένη ομάδα ατόμων.

Οι πρώτοι χάρτες, δηλαδή, οι πρώτες δισδιάστατες απεικονίσεις τρισδιάστατου χώρου ανάγονται στα αρχαία χρόνια. Η ανάγκη αυτή δημιουργήθηκε μέσω της μετακίνησης μεγάλων ομάδων ανθρώπων με σκοπό την αναζήτηση τροφής, νερού, οι κατακτήσεις πιο πλουσίων και ευφόρων εδαφών. Έπρεπε με κάποιο τρόπο να σημειωθούν οι διαδρομές για την διάβαση καθώς και βασικά και χρήσιμα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως π.χ. πηγες, βοσκότοποι κτλ. Η λεπτομερής αποτύπωση του χώρου αρχικά περιοριζόνταν σε τοπικό επίπεδο. Αργότερα όμως με την μετακίνηση ολόκληρων λαών αναπτύχθηκε η συνήθεια της γραφικής απεικόνισης μεγαλύτερου τμήματος της γήινης επιφάνειας.

Στις μέρες μας η χαρτογραφία είναι πιο σημαντική από ποτέ. Οι χάρτες έχουν έναν θεμελιώδη και απαραίτητο ρόλο στον πολιτισμό μας. Δραστηριότητες σχετικά με την επιφάνεια της γης όπως η πρόγνωση του καιρού, κατασκευή δρόμων, ανάλυση τοποθεσίας, αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης, διαχείριση και προστασία δασών, αναζήτηση ορυκτού πλούτου και πλοήγηση για παράδειγμα δεν θα ήταν εφικτές χωρίς την χρήση χαρτών. Η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα, πολλά από τα οποία είναι περιβαλλοντικά. Ζωτικής σημασία για την εξεύρεση λύσεων είναι η αποτελεσματική χαρτογράφιση. Σε

συνδυασμό με τις μεγάλες δυνατότητες συλλογής δεδομένων και την αναλυτική ισχύ των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) η χαρτογράφηση μπορεί να αποδειχθεί κλειδί για την εξεύρεση λύσεων.

## Αναδρομή στη χαρτογραφία

### Χάρτες της Αρχαιότητας

Λόγο του ότι η λέξη “ Χάρτης “ δεν έχει οριστεί απολυτά είναι δύσκολο κάποιος να αναφερθεί στον παλαιότερο χάρτη του κοσμου. Σιγουρά ένας από τους παλαιότερους χάρτες είναι η τοιχογραφία που μπορεί να απεικονίζει την αρχαία ανατολική πόλη του Catalhöyük η οποία χρονολογείται στα τέλη της 7ης χιλιετίας π.Χ. η ο χάρτης που βρέθηκε στον οικισμό του Τσατάλ Χογιούκ της Τουρκίας που χρονολογείται γύρω στο 7500 π.Χ. Επίσης στην κατηγορία των αρχαιοτέρων χαρτών βρίσκονται τα προϊστορικά αλπικά σκαλίσματα στα βράχια των βουνών Belge (Γαλλία) και Valcamonica (Ιταλία), που χρονολογούνται στην 4η χιλιετία π.Χ. τα οποία απεικονίζουν γεωμετρικά μοτίβα που αποτελούνται από διακεκομμένα ορθογώνια και γραμμές που ερμηνεύονται ευρέως στην αρχαιολογική λογοτεχνία ως απεικόνιση καλλιεργημένων οικοπέδων .

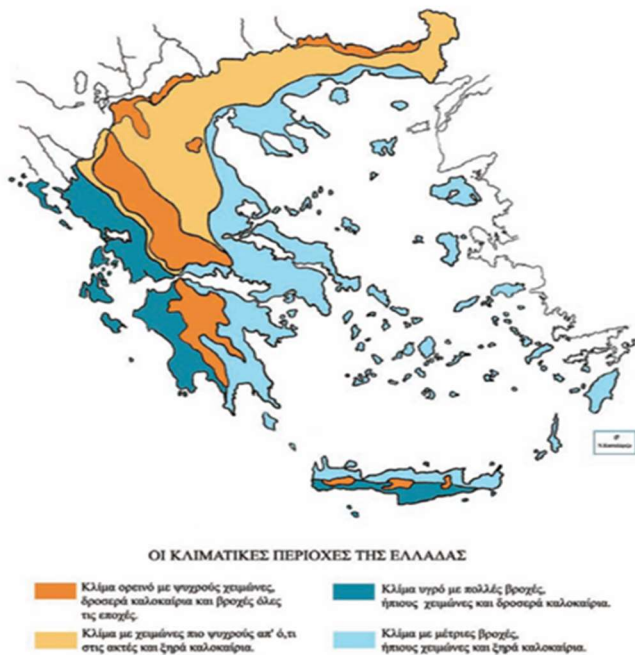
Ακόμα γνωστοί χάρτες της αρχαιότητας είναι ένας χαραγμένος χάρτης της ιερής Βαβυλωνίας πόλης Nippur, από την περίοδο Kassite (14ος-12ος αιώνας π.Χ.). Οι παλαιότεροι επιζώντες παγκόσμιοι χάρτες είναι από τον 9ο αιώνα π.Χ. Βαβυλωνία. Ο ένας δείχνει τη Βαβυλώνα στον Ευφράτη, που περιβάλλεται από την Ασσυρία, τον Urtu και μερικές πόλεις, όλες, με τη σειρά τους, που περιβάλλεται από έναν "πικρό ποταμό" (Oceanus).Ο άλλος απεικονίζει τη Βαβυλώνα ως βόρεια του κέντρου του κόσμου.

## Θεματική Χαρτογραφία

Θεματική χαρτογραφία είναι ο κλάδος της χαρτογραφίας που ασχολείται με την μελέτη και σύνθεση θεματικών χαρτών. Ένας «θεματικός χάρτης» είναι ένας χάρτης που επικεντρώνεται σε ένα συγκεκριμένο θέμα ή τομέα. Η διαφορά των θεματικών χαρτών από τους γενικούς χάρτες έγκειται στο γεγονός ότι οι θεματικοί χάρτες χρησιμοποιούν τα βασικά δεδομένα, όπως οι ακτές, τα όρια και τα σημεία, μόνο ως σημεία αναφοράς για το χαρτογραφούμενο φαινόμενο. Οι γενικοί χάρτες απεικονίζουν οικισμούς, δρόμους, πολιτικά όρια για τον δικό τους συγκεκριμένο σκοπό. Οι θεματικοί χάρτες υπογραμμίζουν την χωρική διαφοροποίηση ενός μικρού αριθμού γεωγραφικών κατανομών. Αυτές οι κατανομές μπορεί να είναι είτε φυσικά φαινόμενα όπως το κλίμα ή ανθρώπινα χαρακτηριστικά όπως η κατανομή ανθρώπων με συγκεκριμένες παθήσεις σε μια περιοχή. Η Barbara Petchenik (πρώην αντιπρόεδρος του Διεθνούς Χαρτογραφικού Συλλόγου και χαρτογράφος) είχε αναφέρει ότι η διαφορά των θεματικών χαρτών από τους γενικούς είναι ότι οι γενικοί χάρτες αναφέρονται σε κάτι που βρίσκεται στον χώρο ενώ οι θεματικοί αναφέρουν μια ιστορία για ένα συγκεκριμένο μέρος. Οι θεματικοί χάρτες μερικές φορές αναφέρονται ως

γραφικά δοκίμια που απεικονίζουν χωρικές διακυμάνσεις και αλληλεξαρτήσεις γεωγραφικών κατανομών. Η θέση φυσικά είναι σημαντική για την παροχή μιας βάσης αναφοράς όπου συμβαίνουν επιλεγμένα φαινόμενα. Τα σημαντικότερα θέματα που περιλαμβάνει το αντικείμενο της Θεματικής Χαρτογραφίας είναι:

1. Η οπτικοποίηση δεδομένων και φαινομένων που κατανέμονται στον γεωγραφικό χώρο
2. Η χωρική δειγματοληψία και η βασική στατιστική επεξεργασία
3. Η ομαδοποίηση ποσοτικών δεδομένων
4. Η σωστή χρήση του χρώματος μέσα από τη χρωματική θεωρία και τα σχετικά μοντέλα χρωμάτων
5. Ο χαρτογραφικός σχεδιασμός και η απόδοση με διάφορους συμβολισμούς (π.χ. σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά σύμβολα)
6. Η ισαριθμική (ή ισοπληθής) απεικόνιση
7. Η χωροπληθής (ή δασυμετρική) απεικόνιση
8. Οι χάρτες κουκίδων και τα χαρτογράμματα
9. Οι τοπολογικές και εστιακές/πολυεστιακές απεικονίσεις
10. Η Πολυμεταβλητή και Δυναμική χαρτογραφική απόδοση



(α) Θεματικός χαρτης κλιματικων περιοχων της Ελλαδας



(β) Γενικός χαρτης της Ελλαδας

α) <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSDIM-E100/692/4594,20786/>

β) [https://www.graphitech.gr/index.php?route=product/product&product\\_id=1582](https://www.graphitech.gr/index.php?route=product/product&product_id=1582)

Οι θεματικοί χάρτες εξυπηρετούν τρεις πρωταρχικούς σκοπούς.

1. Παρέχουν συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες τοποθεσίες.
2. Παρέχουν γενικές πληροφορίες για τα χωρικά πρότυπα.
3. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συγκρίνουν σχέδια σε δύο ή περισσότερους χάρτες.

Οι χαρτογράφοι που θα σχεδιάσουν έναν θεματικό χάρτη πρέπει να εξισορροπήσουν παράγοντες όπως χωρική ακρίβεια και την αισθητική καθώς και να λάβουν υπόψη τις ιδιορρυθμίες της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης και της μορφής παρουσίασης.

Σημαντικό εξίσου ρόλο παίζουν αυτοί που θα “διαβάσουν” τους συγκεκριμένους χάρτες.

Για παράδειγμα ένας πολιτικός επιστήμονας μπορεί να προτιμά να έχει χαρτογραφηθεί μια πληροφορία εντός σαφώς οριοθετημένων ορίων του νομού, ενώ ένας βιολόγος θα μπορούσε σίγουρα να επωφεληθεί από τα όρια του νομού που βρίσκονται σε έναν χάρτη.

Σε αυτήν την περίπτωση συνήθως γίνεται προσπάθεια δημιουργίας διαστρωματικού χάρτη ο οποίος να περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες.

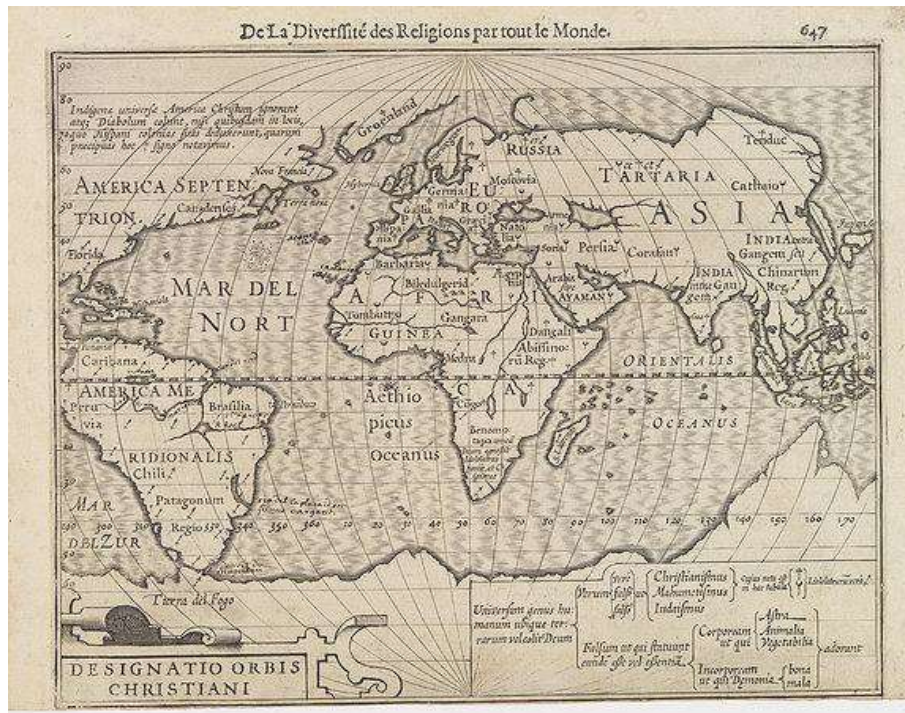
### **Ιστορία των θεματικών χαρτών**

Αρχικά, πριν την ανάπτυξη της θεματικής χαρτογραφίας η χάρτες βάσης έπρεπε να βελτιωθούν. Οι βελτιώσεις στην ακρίβεια προχώρησαν με σταδιακό ρυθμό και μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα οι γενικοί χάρτες ήταν συνήθως κακής ποιότητας. Παράλληλα όμως, αυτήν την εποχή οι χάρτες βάσης ήταν αρκετά ικανοποιητικοί για την αποτύπωση συγκεκριμένων πληροφοριών, το οποίο οδήγησε στην δημιουργία των πρώτων θεματικών χαρτών.

Ένας από τους πρώτους θεματικούς χαρτογράφους ήταν ο Jodocus Hondius. Το 1608 δημοσιεύει μέσα από την πρώτη έκδοση γαλλικού κειμένου του ATCA Mini τον χάρτη Designatio orbis christiani (Σχ. 2). Ήταν ένας χάρτης σε ημισφαιρική προβολή αποτελούμενος από σύμβολα (τα οποία προσδιορίζονται στο υπόμνημα στο κάτω μέρος) για την αποτύπωση των περιοχών του κόσμου που είναι χριστιανικές, μουσουλμανικές και παγανιστικές.

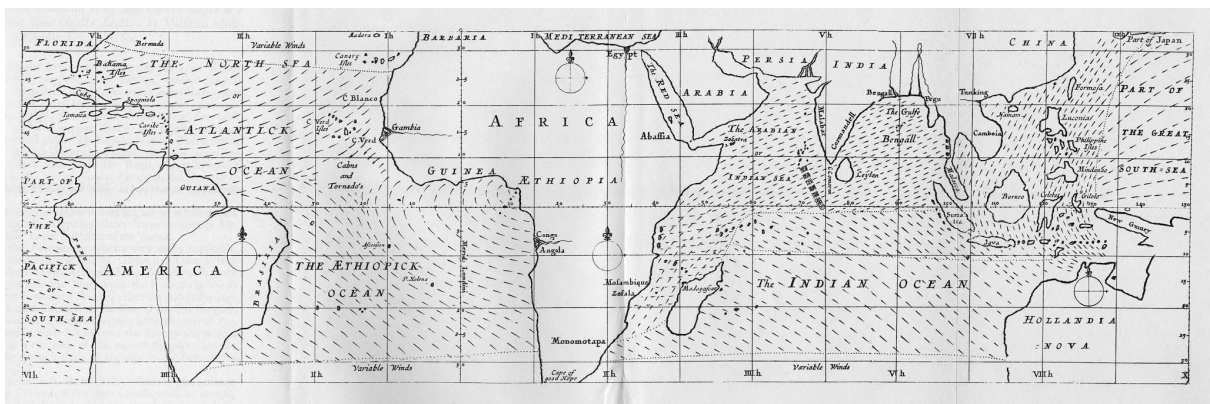
Μεγάλη συνεισφορά στην θεματική χαρτογράφηση υπήρξε το έργο του Άγγλου αστρονόμου Edmond Halley (1656-1742). Η πρώτη σημαντική χαρτογραφική συνεισφορά του ήταν ένα διάγραμμα του αστερισμού του νότιου ημισφαιρίου που έγινε κατά τη διάρκεια της παραμονής του στην Αγία Ελένη και δημοσιεύθηκε το 1686. Την ίδια χρονιά δημοσίευσε επίσης τον πρώτο του χερσαίο χάρτη σε ένα άρθρο σχετικά με τους εμπορικούς ανέμους με όνομα “ο πρώτος μετεωρολογικός χάρτης” (Σχ. 3) και το 1701 δημοσίευσε το "Νέο και σωστό γράφημα που δείχνει τις παραλλαγές της πυξίδας" .

Τον 19 αιώνα, το Λονδίνο υπέστη την πανδημία της χολέρας και έτσι δημιουργείται από τον φυσικό και επιδημιολόγο John Snow ένας θεματικός χάρτης γραφικής απεικόνισης των κρουσμάτων της χολέρας. Ο χάρτης του Snow (Σχ. 4) είναι ένα γνωστό παράδειγμα θεματικού χάρτη ανάλυσης ενός συγκεκριμένου φαινομένου. Χρησιμοποιώντας ως βάση, έναν χάρτη μιας περιοχής του Λονδίνου, ο πλήρης χάρτης δείχνει τις τοποθεσίες των 13 δημόσιων φρεατίων στην περιοχή και τους 578 θανάτους από τη χολέρα που έχουν χαρτογραφηθεί από τη διεύθυνση κατοικίας τους και χαρακτηρίζονται ως μαύρες ράβδους στοιβαγμένες κάθετα στους δρόμους.



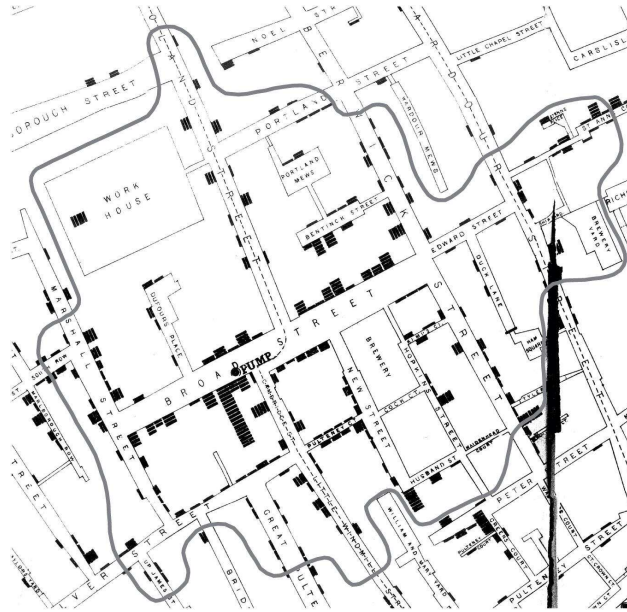
Σχήμα 2 Designatio orbis Christiani

<https://www.swaen.com/antique-map-of.php?id=14397>



Σχήμα 3 Ο πρώτος μετεωρολογικός χάρτης

<https://hist1952.omeka.fas.harvard.edu/items/show/218>



Σχήμα 4 Χάρτης Χολερας του John Snow

[http://4.bp.blogspot.com/\\_OQBbc7JAhL4/TJcpUOB2N9I/AAAAAAAAAaQ/IXUsS4otNHs/s400/voronoi.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_OQBbc7JAhL4/TJcpUOB2N9I/AAAAAAAAAaQ/IXUsS4otNHs/s400/voronoi.jpg)

### Μέθοδοι θεματικής χαρτογραφίας

Για την αποτύπωση διάφορων φαινομένων είναι σημαντικό να γνωρίζει ο χαρτογράφος ποια μέθοδος και τι είδους χάρτη θα χρησιμοποιήσει για την καταλληλότερη απεικόνιση των δεδομένων καθώς και ποιος είναι ο πιο αποδοτικός τρόπος για την ευκολότερη ανάγνωση και κατανόηση από τον χρήστη του χάρτη.

#### 1. Χωροπληθής απεικόνιση δεδομένων

Με τον τρόπο αυτό απεικονίζονται στατιστικά δεδομένα συγκεντρωμένα σε προκαθορισμένες περιοχές, όπως χώρες ή κράτη, με χρωματισμό ή σκίαση αυτών των περιοχών. Οι διαφορές στην απόχρωση χρησιμοποιούνται για να υποδηλώσουν ποιοτικές διαφορές, όπως η χρήση της γης, ενώ οι διαφορές στον κορεσμό ή την ελαφρότητα χρησιμοποιούνται για να υποδηλώσουν ποσοτικές διαφορές, όπως ο πληθυσμός. Η απεικόνιση της χρήσης τοξικών ουσιών ανά χώρα μπορεί να γίνει με αυτόν τον τρόπο .

#### 2. Απεικόνιση δεδομένων με χάρτη αναλογικών συμβολών



Οι αναλογικοί χάρτες συμβόλων κλιμακώνουν το μέγεθος απλών συμβόλων (συνήθως κύκλοι ή τετράγωνα) αναλογικά με την τιμή δεδομένων που βρίσκεται σε εκείνη τη θέση. Όσο πιο μεγάλο είναι το σύμβολο που έχει χρησιμοποιηθεί τόσο πιο αυξημένο είναι το μετρούμενο φαινόμενο σε αυτήν την περιοχή. Η πιο βασική μέθοδος είναι η κλιμάκωση των κύκλων σε αναλογία με τα δεδομένα, έτσι ώστε εάν, για παράδειγμα, τα Χανιά έχουν διπλάσιο πληθυσμό από την Σητεία, το σύμβολο του πληθυσμού για τα Χανιά θα έχει διπλάσια έκταση. Ωστόσο, μπορούν να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα σε κατηγορίες ή αριθμητικές σειρές και να δημιουργηθούν χάρτες βαθμολογημένων συμβόλων που μπορεί, για παράδειγμα, να έχουν μόνο τρία μεγέθη συμβόλων.

### **3. Απεικόνιση δεδομένων με κουκίδες**

Οι χάρτες κουκίδων χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των κατανομών και των πυκνοτήτων ενός μεγάλου αριθμού διακεκριμένων κατανεμημένων αντικειμένων. Σε έναν χάρτη κουκίδων, περιοχές με πολλές κουκίδες δείχνουν υψηλές συγκεντρώσεις τιμών για την επιλεγμένη περιοχή και λιγότερες κουκίδες δείχνουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις.

### **4. Ισάριθμη απεικόνιση δεδομένων**

Η μέθοδος της ισάριθμης απεικόνισης δεδομένων με καμπύλες είναι αρκετά χρήσιμη όταν πρέπει να αποτυπωθούν ομαλά συνεχή φαινόμενα όπως καταβύθισης ή ανύψωσης. Κάθε περιοχή οριοθετημένη με γραμμή σε αυτόν τον τύπο χάρτη αντιπροσωπεύει μια περιοχή με την ίδια τιμή. Για παράδειγμα, σε ένα χάρτη ανύψωσης, κάθε γραμμή ανύψωσης υποδεικνύει μια περιοχή στο αναφερόμενο ύψος.

## **Αναλυτική (μαθηματική) χαρτογράφηση**

Η Αναλυτική (ή Μαθηματική) Χαρτογραφία είναι ο κλάδος της χαρτογραφίας που ασχολείται με την επίλυση χαρτογραφικών προβλημάτων χρησιμοποιώντας μαθηματικούς ή αναλυτικούς τρόπους. Η Αναλυτική Χαρτογραφία περιλαμβάνει μαθηματικές έννοιες και μεθόδους που εφαρμόζονται στη σύγχρονη χαρτογραφία και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Το αντικείμενο της περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

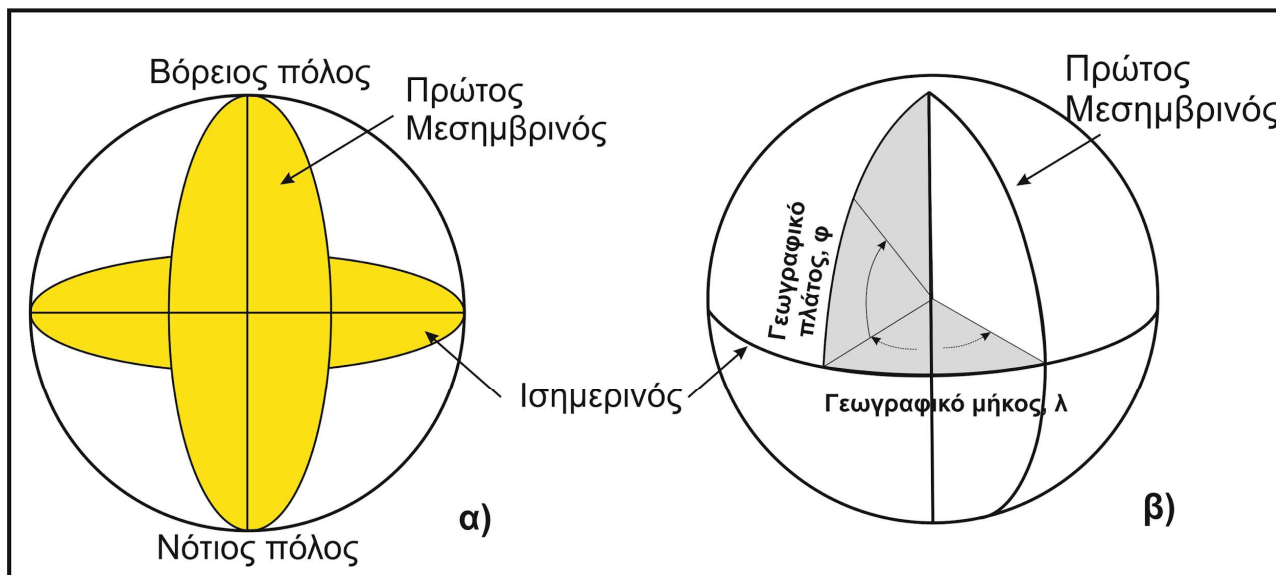
1. μεθόδους απεικόνισης της φυσικής γήινης επιφάνειας σε ένα επίπεδο, γνωστές ως χαρτογραφικές προβολές
2. μεθόδους μονοδιάστατης και δισδιάστατης παρεμβολής (π.χ. για την προσαρμογή καμπύλων γραμμών)
3. μεθόδους αυτόματης γενίκευσης για τη δημιουργία χαρτών μικρής κλίμακας από γεωργικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί σε μεγάλες κλίμακες.
4. μεθόδους αντιμετώπισης προβλήματος της άρσης πιθανών συμπτώσεων των χαρτογραφικών συμβόλων λόγω της χωρικής μεταβολής (π.χ. μετάθεσης) που υφίστανται κατά τη διαδικασία της γενίκευσης, οι οποίες προκαλούν οπτική σύγχυση.

5. μεθόδους δημιουργίας ψηφιακών μοντέλων εδάφους / υψομέτρων και αυτόματης σκίασης του ανάγλυφου.
6. μεθόδους αυτόματης τοποθέτησης ονοματολογίας στους χάρτες.
7. μεθόδους επεξεργασίας χωρικών δεδομένων και δειγματοληψίας.
8. μεθόδους αυτόματης επίλυσης προβλημάτων αλληλοτομίας γραφικών αντικειμένων στο δισδιάστατο χώρο (επίπεδο).
9. μεθόδους γεωμετρικών μετασχηματισμών όπως π.χ. ο μετασχηματισμός ομοιότητας, ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός που χρησιμοποιούνται συχνά σε χαρτογραφικές εφαρμογές κυρίως στις διαδικασίες γεωαναφοράς σαρωμένων χαρτών και διαγραμμάτων.
10. μεθόδους χαρτομετρίας.

## Τοπογραφικοί/βυθομετρικοί και γεωλογικοί χάρτες

Το πρώτο ερώτημα που τίθεται είναι «ποια η λειτουργία του χάρτη γενικά; σε τι χρησιμεύει;». Ένας χάρτης απεικονίζει μια περιοχή (χερσαία ή θαλάσσια) υπό κλίμακα. Ο στόχος του χάρτη είναι η εποπτική απεικόνιση των σχέσεων επιφάνειας και χώρου, έτσι ώστε να μπορούν να μετρηθούν τα αντικείμενα που απεικονίζονται (Βιβλιακής, 1985). Τα αντικείμενα στον χώρο μεταφέρονται με συγκεκριμένη κλίμακα στον χάρτη. Το πάνω τμήμα του χάρτη δείχνει πάντα τον βορρά, επομένως το κάτω αντιστοιχεί στον νότο, το δεξιό τμήμα στην ανατολή και το αριστερό στη δύση.

Ο προσδιορισμός της θέσης οποιουδήποτε στοιχείου στον χώρο και στον χάρτη είναι μονοσήμαντος και αποδίδεται με τις γεωγραφικές συντεταγμένες που είναι το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Είναι αποστάσεις που μετρούνται σε μίρες ή χιλιόμετρα. Το γεωγραφικό πλάτος ενός σημείου αντιστοιχεί στην απόστασή του από τον ισημερινό (Σχ. 5) και μετράται στο τόξο του μεσημβρινού (Σχ. 5) που περνά από τη θέση ενδιαφέροντος. Το γεωγραφικό μήκος ενός σημείου αντιστοιχεί στην απόστασή του από τον πρώτο μεσημβρινό (Σχ. 5) και μετράται στο τόξο του παράλληλου που περνά από τη θέση ενδιαφέροντος. Οι τιμές του γεωγραφικού πλάτους κυμαίνονται στο εύρος από 90° Β έως 90° Ν, ενώ οι τιμές του γεωγραφικού μήκους κυμαίνονται από 180° Δ έως 180° Α από τον πρώτο μεσημβρινό.



Σχήμα 5 α) Ισημερινός και πρώτος μεσημβρινός (Γκρίνουιτς) της Γης, β) προσδιορισμός γεωγραφικών συντεταγμένων (Κόκκινου, 2015)

Ένας τοπογραφικός χάρτης αποδίδει το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής που απεικονίζει με την βοήθεια των ισοϋψών καμπύλων. Μια ισοϋψής καμπύλη ενώνει σημεία που έχουν το ίδιο υψόμετρο. Ότι λειτουργία έχει ένας τοπογραφικός χάρτης για την ξηρά, έχει και ένας βυθομετρικός χάρτης για τη θάλασσα, δηλαδή αποδίδει τη μορφολογία του πυθμένα της θάλασσας με τη βοήθεια των ισοβαθών καμπύλων. Βέβαια, οι τοπογραφικοί και βυθομετρικοί χάρτες παρέχουν και άλλη πληροφορία πέραν της μορφολογίας. Για παράδειγμα σε έναν τοπογραφικό χάρτη θα δούμε πολλές φορές να παρουσιάζεται το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, τα όρια των οικισμών, η εδαφική κάλυψη, τα τριγωνομετρικά σημεία, οι θέσεις εκκλησιών κ.λπ. Αντίστοιχα σε έναν βυθομετρικό χάρτη και ειδικά αν πρόκειται για ναυτικό χάρτη, παρέχετε οποιαδήποτε πρόσθετη πληροφορία βοηθά στην ασφαλή ναυσιπλοΐα. Για παράδειγμα, οι θέσεις φάρων, η θέση της ακτογραμμής και ευδιάκριτα σημεία της χέρσου (γέφυρες, κάστρα κ.ά.) για τη διευκόλυνση του προσανατολισμού των ναυτιλλομένων. Όλα τα σύμβολα που παρουσιάζονται σε έναν χάρτη επεξηγούνται στο υπόμνημά του.

Ο πάροχος τοπογραφικών χαρτών στην Ελλάδα είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.), η οποία διαθέτει τοπογραφικούς χάρτες γενικής χρήσης σε διάφορες κλίμακες. Τα υπόβαθρα των χαρτών προ-έρχονται από αεροφωτογραφίες της δεκαετίας του 1950, προφανώς επικαιροποιημένα με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες που είναι διαθέσιμες. Παρ' όλα αυτά, εντοπίζονται πολλά σφάλματα στη θέση αρκετών στοιχείων, όσο και στα τοπωνύμια. Αυτός είναι ο λόγος που για κάθε τεχνικό έργο το οποίο προκηρύσσεται απαιτείται τοπογραφική μελέτη στην κλίμακα του έργου.

Η λειτουργία ενός γεωλογικού χάρτη είναι λίγο πολυπλοκότερη από αυτήν του τοπογραφικού. Και αυτό επειδή, εκτός από το τοπογραφικό ανάγλυφο που αποτελεί το υπόβαθρο του γεωλογικού, θα πρέπει να παρουσιαστεί με ευδιάκριτο και κατανοητό τρόπο το σύνολο των στοιχείων τα οποία αποδίδουν τη γεωλογία της περιοχής που απεικονίζεται. Για παράδειγμα, σε έναν γεωλογικό χάρτη παρουσιάζεται το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται επιφανειακά στην περιοχή με τα επιμέρους στοιχεία τους (στρώση και κλίση), τα όρια που διαχωρίζουν τους σχηματισμούς, οι κατηγορίες των ρηγμάτων που διατρέχουν την περιοχή, οποιοδήποτε στοιχείο αφορά την υδρογεωλογία (υδρογραφικό δίκτυο, υδρολογικές λεκάνες, πηγές, κ.ά) της περιοχής. Αυτά θα εξηγηθούν αναλυτικότερα σε επόμενη παράγραφο.

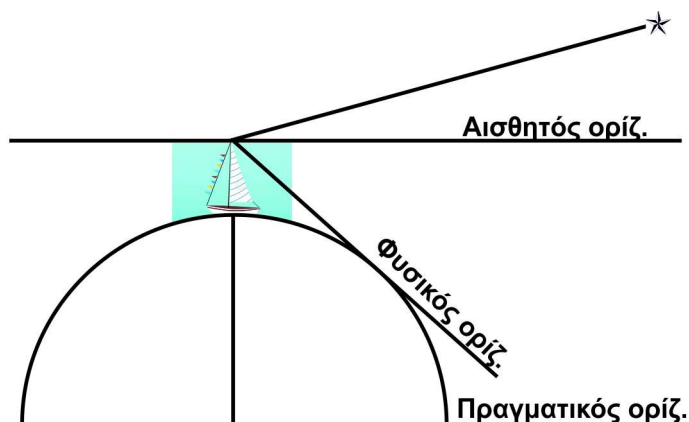
## Προσανατολισμός στην ξηρά και τη θάλασσα

Προσανατολισμός στην ξηρά ή τη θάλασσα είναι η διαδικασία κατά την οποία εντοπίζεται η κατεύθυνση του βορρά και με βάση αυτή τα υπόλοιπα σημεία του ορίζοντα. Δηλαδή αν κοιτάμε προς τον βορρά, πίσω μας είναι ο νότος, στο δεξί μας χέρι η ανατολή και στο αριστερό μας χέρι η δύση.

Πριν προχωρήσουμε όμως στους τρόπους με τους οποίους μπορεί να προσανατολιστεί κάποιος, ας δούμε την έννοια του ορίζοντα (Βαβλιάκης, 1985). Σε οποιοδήποτε σημείο της Γης και αν βρισκόμαστε, έχουμε ορατότητα συγκεκριμένου τμήματος της επιφάνειάς της (Σχ. 6). Από πάνω μας βρίσκεται ο ουράνιος θόλος, τον οποίο αντιλαμβανόμαστε ως ένα κοίλο ημισφαίριο που εφάπτεται στη Γη. Φυσικός ορίζοντας (Σχ. 6) ονομάζεται η γραμμή κατά μήκος της οποίας εφάπτονται η επιφάνεια της Γης και ο ουράνιος θόλος. Αισθητός ορίζοντας (Σχ. 6) ονομάζεται η γραμμή που προκύπτει από την τομή ενός επιπέδου που περνάει από το ύψος των ματιών του παρατηρητή και είναι κάθετο στην κατακόρυφο. Χρησιμοποιείται για τον αστρονομικό καθορισμό θέσεων. Ο πραγματικός ορίζοντας (Σχ. 6) διέρχεται από το κέντρο της Γης.

Απαραίτητα εργαλεία για τον προσανατολισμό μας στην ύπαιθρο είναι η πυξίδα και ο χάρτης. Η πυξίδα μάς δείχνει πάντα τον μαγνητικό βορρά, ο οποίος δεν συμπίπτει με τον γεωγραφικό βορρά, αλλά σχηματίζουν μια γωνία μεταξύ τους που ονομάζεται απόκλιση. Στη ναυσιπλοΐα και την αεροπλοΐα χρησιμοποιείται η ναυτική πυξίδα, ενώ η αστρονομία και η γεωδαισία χρησιμοποιούν πυξίδες που είναι εξοπλισμένες με ειδι-κά όργανα, όπως τη διόπτρα, το τηλεσκόπιο κ.λπ. Εκτός από την πυξίδα, παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ο εξάντας για την πλοήγηση. Ήταν εύχρηστος για τον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους, όμως ο καθορισμός του γεωγραφικού μήκους ήταν εξαιρετικά δύσκολος, γεγονός που αποτελούσε μειονέκτημα για τον προσδιορισμό του στίγματος στη θάλασσα (Αναστασίου και συνεργάτες, 2014). Το 1761 ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισσον παρουσίασε το πρώτο χρονόμετρο που σε συνδυασμό με τον εξάντα επέτρεπε τον υπο-λογισμό του στίγματος των πλοίων με μεγάλη ακρίβεια για τα

δεδομένα της εποχής. Στα μέσα του εικοστού αιώνα και ιδιαίτερα κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ξεκίνησε η χρήση των ραντάρ, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στη χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.



Σχήμα 6 Τα είδη των οριζόντων (τροποποιημένο από Βαβλιάκη, 1985; Κόκκινου, 2015)

Υπάρχουν αρκετοί πρακτικοί τρόποι να βρεθεί η θέση του βορρά (Ηλιάδης, 2005), αν δεν υπάρχει διαθέσιμη πυξίδα. Μερικοί είναι:

1. Ο Ήλιος διαγράφει κάθε μέρα ένα τόξο πάνω από τον ορίζοντα. Η χρονική στιγμή όπου ο Ήλιος βρίσκεται στη κορυφή (ζενίθ) αυτού του τόξου ονομάζεται αληθινή μεσημβρία του τόπου. Η θέση αυτή καθορίζει το σημείο του νότου.

2. Τοποθετείτε στο έδαφος ένα ρολόι και σε επαφή με αυτό στερεώνετε ένα κλαδί. Περιστρέψτε το ρολόι έτσι ώστε η σκιά του κλαδιού να πέφτει στον ωροδείκτη του ρολογιού. Η διχοτόμος της γωνίας που σχηματίζει ο ωροδείκτης με το 12 δείχνει τον βορρά.

3. Στήνετε ένα κλαδί στο έδαφος, έτσι ώστε να μη δημιουργεί σκιά. Η σκιά που θα έχει δημιουργηθεί μετά από κάποιο χρονικό διάστημα δείχνει την ανατολή, ενώ η βάση του κλαδιού τη δύση. Η κάθετη ευθεία στη σκιά δείχνει τη διεύθυνση Β-Ν.

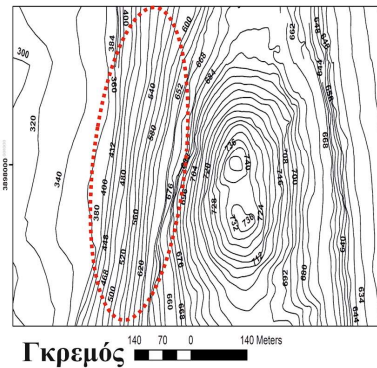
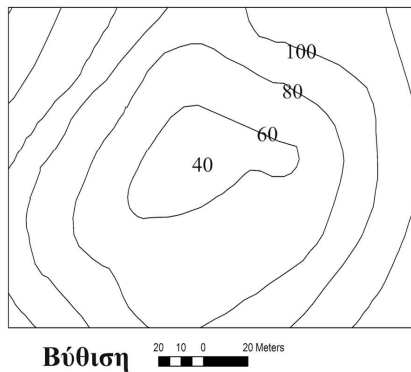
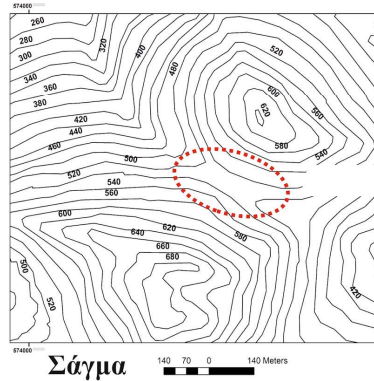
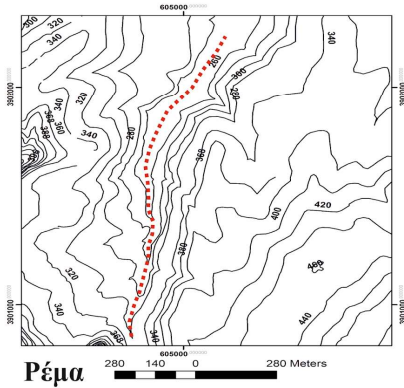
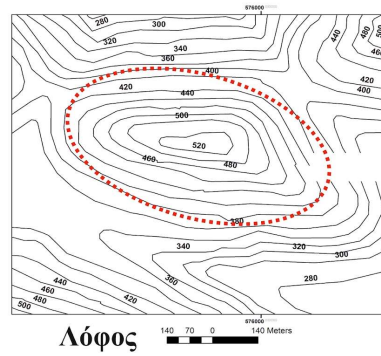
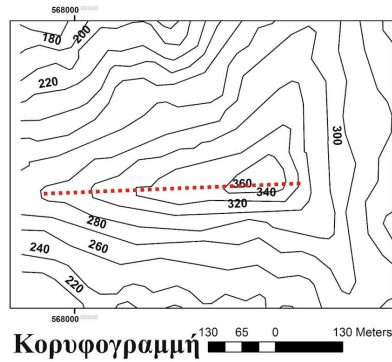
4. Κατά τη νύχτα, όταν ο ουρανός είναι αίθριος, ο πολικός αστέρας βοηθά να εντοπιστεί η διεύθυνση του βορρά. Αντικρίζοντας τον πολικό αστέρα (Μικρή Άρκτος) η πλάτη του παρατηρητή είναι στραμμένη προς τον νότο και τότε η ανατολή θα βρίσκεται προς τα δεξιά και η δύση προς τα αριστερά του παρατηρητή.

## Κατηγορίες και χαρακτηριστικά μορφολογικού ανάγλυφου

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, η μορφολογία της επιφάνειας της Γης αποτυπώνεται στον τοπογραφικό χάρτη με τις ισοϋψείς καμπύλες, οι οποίες δεν τέμνονται και δεν διακλαδίζονται. Οι διαδοχικές ισοϋψείς

έχουν μεταξύ τους ίδια διαφορά υψόμετρου και αποτυπώνουν το υψόμετρο ανά συγκεκριμένο μέτρο. Η χωρική απόσταση των ισοϋψών καμπύλων μας πληροφορεί για τη μορφολογική κλίση του ανάγλυφου. Αραιές ισοϋψείς αντιπροσωπεύουν ομαλό (μικρή κλίση) ανάγλυφο, ενώ πυκνές ισοϋψείς τραχύ ανάγλυφο (μεγάλη κλίση). Όταν οι ισοϋψείς είναι εξαιρετικά κοντά και φαίνεται να αλληλεπικαλύπτονται, τότε πρόκειται για γκρεμό.

Στο σχήμα 7 απεικονίζονται χαρακτηριστικές μορφές μορφολογικού ανάγλυφου, όπως η κορυφογραμμή, ο λόφος, το ρέμα, η βύθιση και ο γκρεμός.

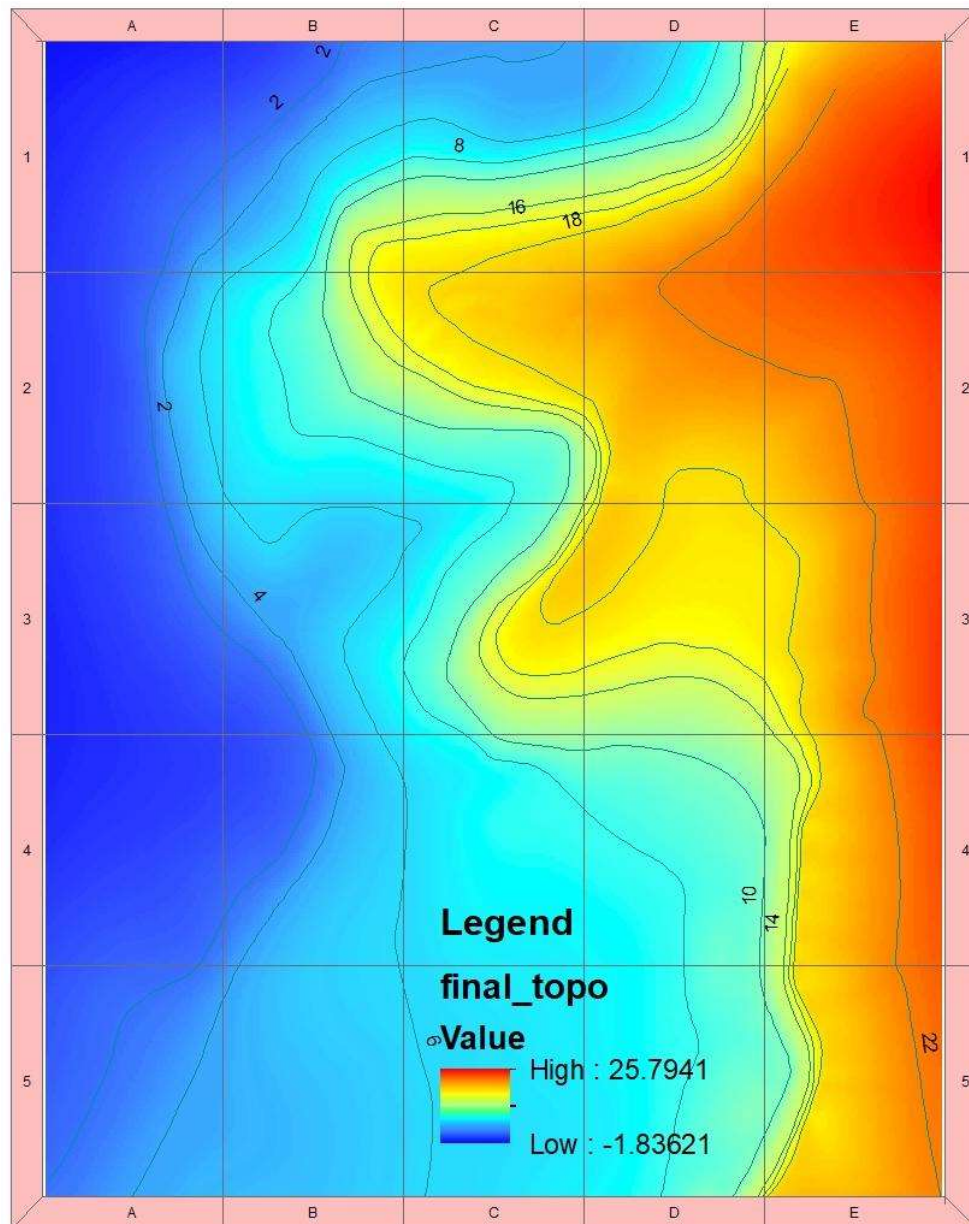


Σχήμα 7 Σπουδαιότερες μορφολογικές δομές που απαντώνται σε έναν τοπογραφικό χάρτη (Κόκκινου, 2015)

### 3. Επεξεργασία Δεδομένων

#### Το τοπογραφικό ανάγλυφο της εξεταζόμενης περιοχής

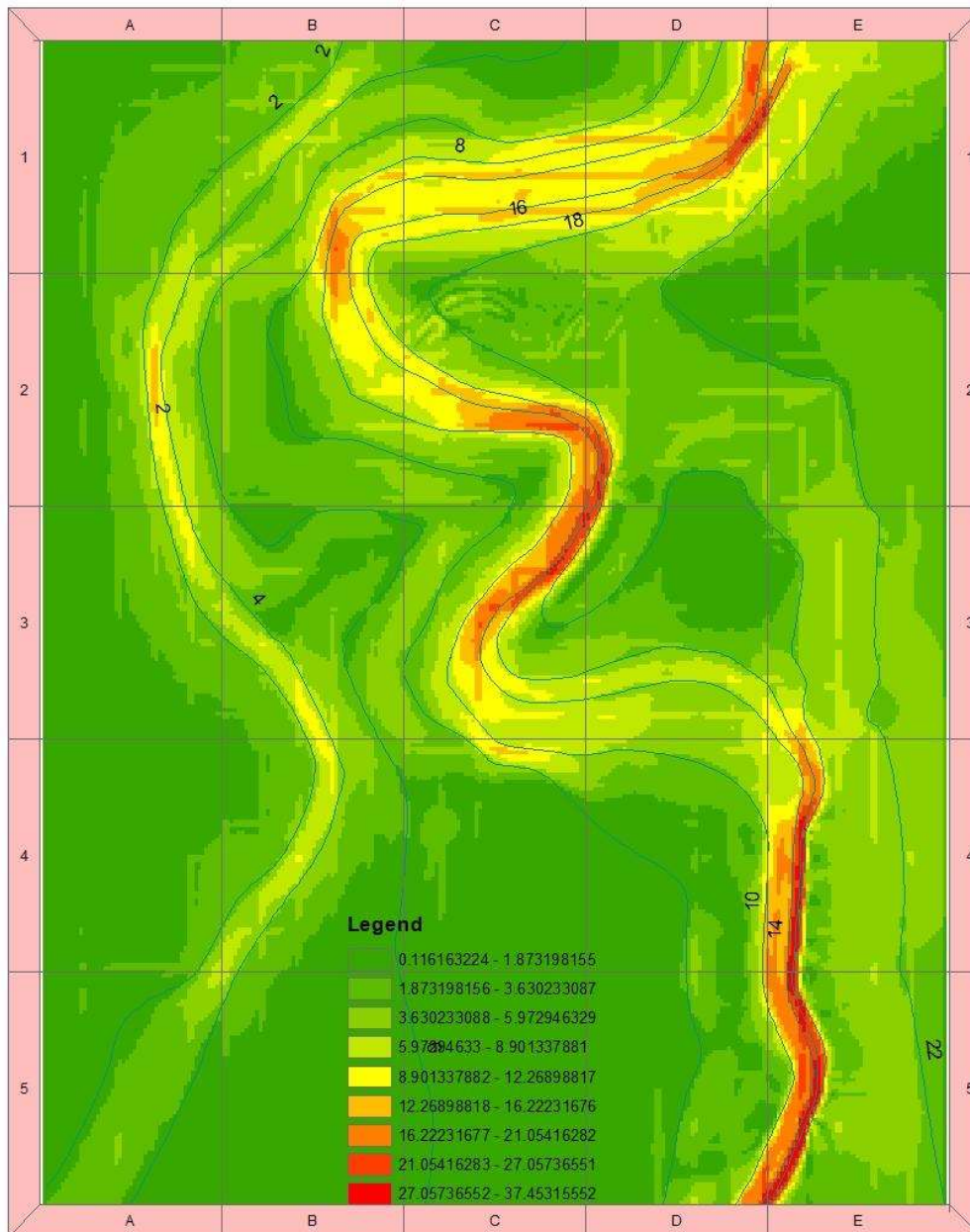
Η εξεταζόμενη περιοχή (Σχ. 8) βρίσκεται στο δυτικότερο τμήμα του νομού Χανίων Κρήτης, στην περιοχή Μπουρούνη του δήμου Κισσάμου, πολύ κοντά στη θάλασσα. Το μεγαλύτερο υψόμετρο που εμφανίζεται στην περιοχή είναι της τάξης των 22 μέτρων. Το υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή αυτή είναι περιορισμένο έως ανύπαρκτο.



Σχήμα 8 Το ανάγλυφο στην εξεταζόμενη περιοχή

## Χάρτης κλίσεων

Ο χάρτης κλίσεων για την εξεταζόμενη περιοχή (Σχ. 9) μας δείχνει ότι υπάρχει μια ζώνη με με μέτρια προς ισχυρές κλίσεις (20-37°). Η ζώνη αυτή με μεγάλη πιθανότητα έχει αναδυθεί από τη θάλασσα καθώς τα γεωλογικά ιζήματα που την αποτελούν έχουν αποτεθεί σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον. Το υπόλοιπο τμήμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρές κλίσεις (0-15°).

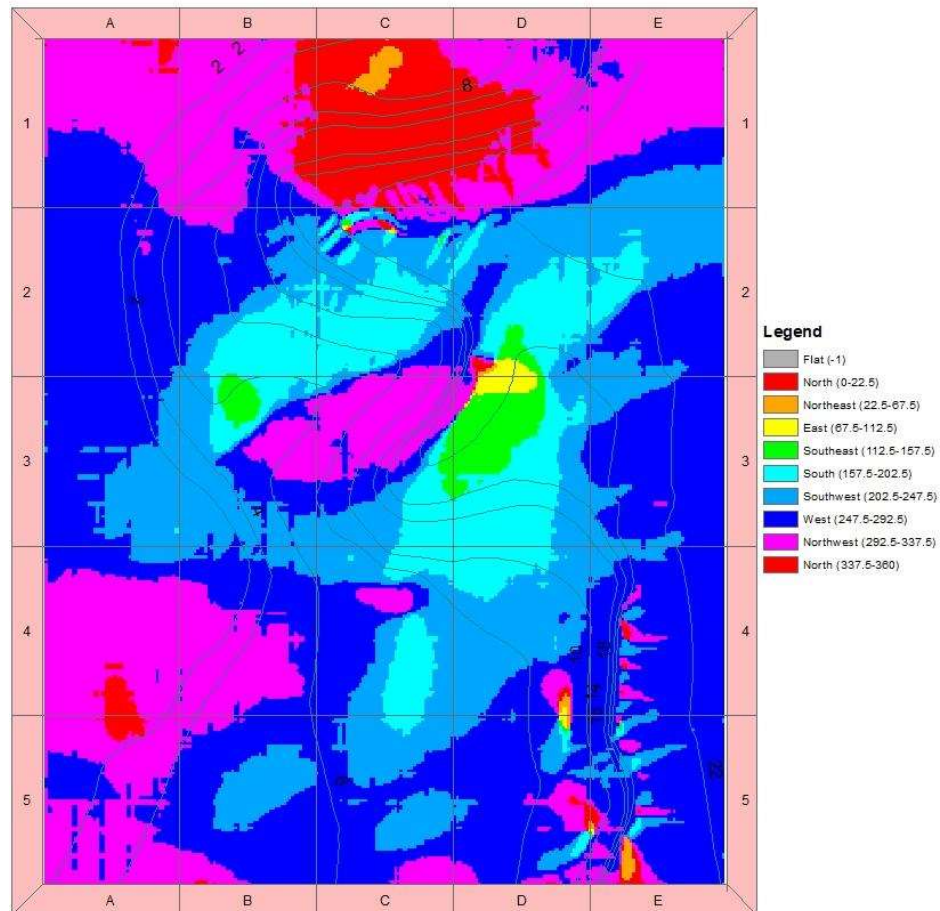


Σχήμα 9 Ο χάρτης κλίσεων στην εξεταζόμενη περιοχή



## Χάρτης διεύθυνσης βύθισης

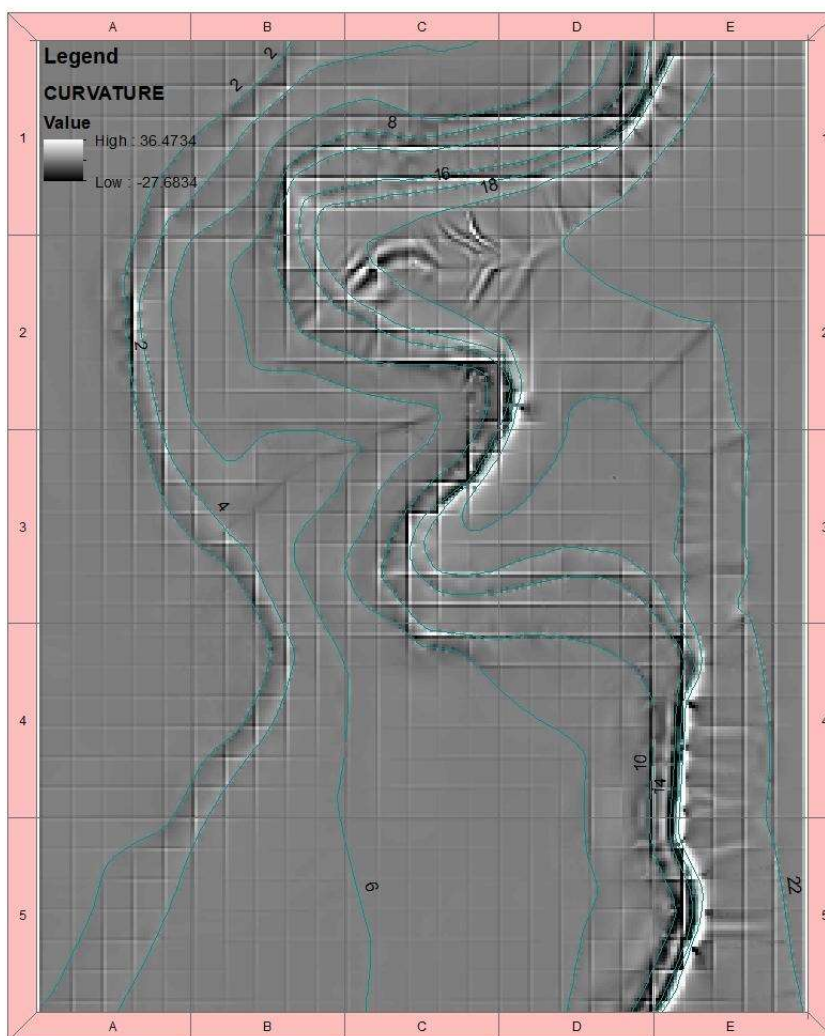
Ο χάρτης διεύθυνσης βύθισης για την εξεταζόμενη περιοχή (Σχ. 10) μας δείχνει ότι η πλειοψηφία των γεωμορφολογικών δομών βυθίζεται δυτικά και νότια και νοτιοδυτικά. Στο βόρειο, κεντρικό και νότιο τμήμα της περιοχής εντοπίζονται κάποιες γεωμορφολογικές δομές που βυθίζονται βόρεια και βορειοδυτικά. Οι λόγοι που μπορούν να ερμηνεύσουν αυτή τη διαφοροποίηση είναι γεωλογικοί και θα αποτελέσουν θέμα άλλης εργασίας.



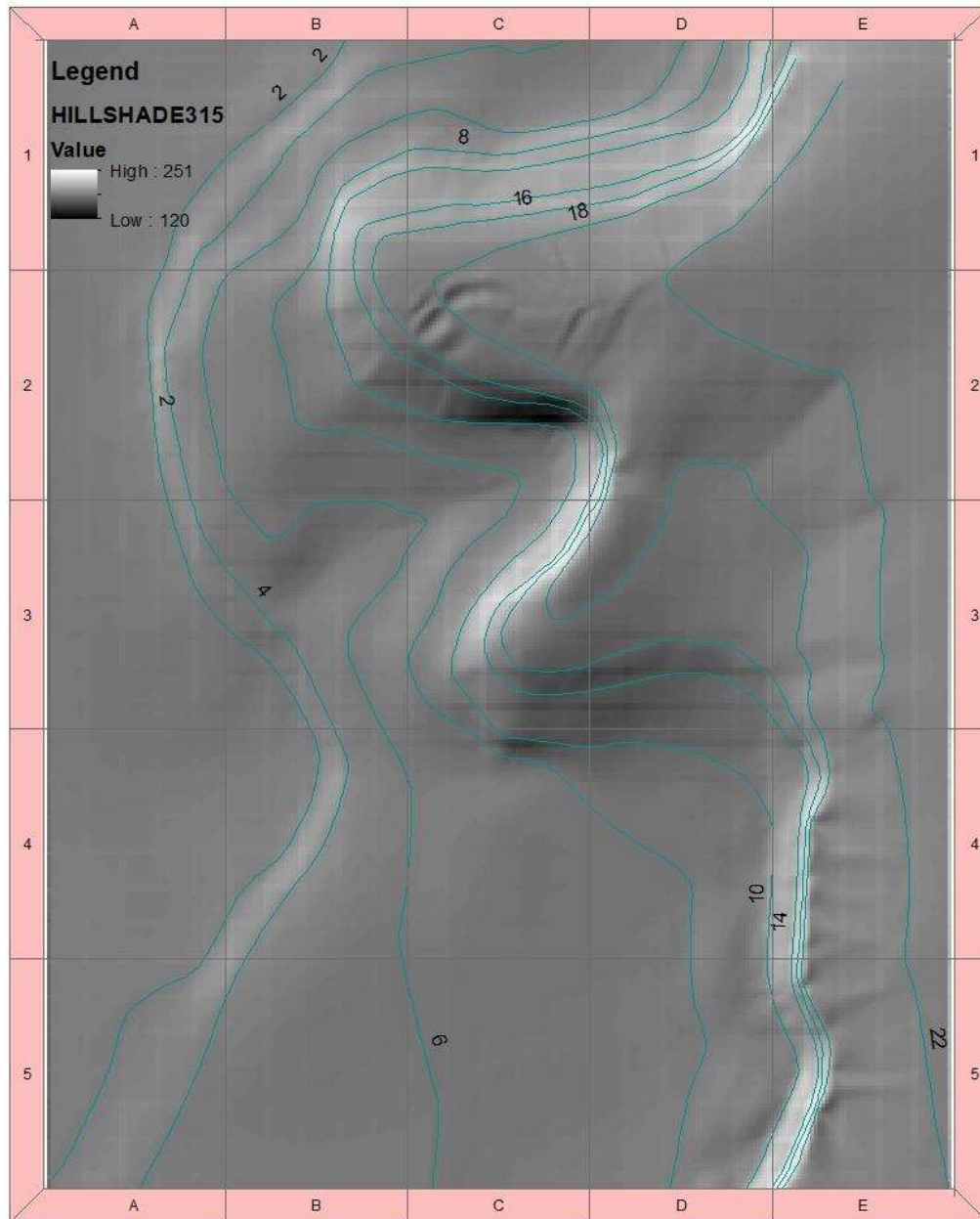
Σχήμα 10 Ο χάρτης διεύθυνσης βύθισης των γεωμορφολογικών δομών στην εξεταζόμενη περιοχή

## Άλλοι θεματικοί χάρτες

Άλλοι θεματικοί χάρτες για την εξεταζόμενη περιοχή (Σχ. 11, 12) που μπορούν να υποβοηθήσουν τη γεωμορφολογική μελέτη είναι ο χάρτης καμπυλότητας και σκίασης (Σχ. 11, 12). Οι θεματικοί αυτοί χάρτες μας προσφέρουν την τρισδιάστατη απεικόνιση και μπρούν να αναδείξουν συγκεκριμένες μορφολογικές δομές. Οι τεχνικές σκίασης στηρίζονται στην απόδοση προσανατολισμένων τόνων, στην αναπαράσταση της καμπυλότητας του ανάγλυφου, στο συνδυασμό πολλαπλών κατευθύνσεων φωτισμού και στον υπολογισμό δεικτών ορατότητας της επιφάνειας του ανάγλυφου σε πολλαπλές κατευθύνσεις.



Σχήμα 11 Ο χάρτης καμπυλότητας των γεωμορφολογικών δομών στην εξεταζόμενη περιοχή



Σχήμα 12 Ο χάρτης σκίασης των γεωμορφολογικών δομών στην εξεταζόμενη περιοχή

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ύστερα από όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η χρήση διαφορικού GPS είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την απεικόνιση απεικόνιση και ανάλυση της γεωμορφολογίας με υψηλή ακρίβεια.
- Το μεγαλύτερο υψόμετρο που εμφανίζεται στην εξεταζόμενη περιοχή είναι της τάξης των 22 μέτρων. Το υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή αυτή είναι περιορισμένο έως ανύπαρκτο.
- Ο χάρτης κλίσεων για την εξεταζόμενη περιοχή μας δείχνει ότι υπάρχει μια ζώνη με μέτριες προς ισχυρές κλίσεις (20-37°). Η ζώνη αυτή με μεγάλη πιθανότητα να έχει αναδυθεί από τη θάλασσα καθώς τα γεωλογικά ιζήματα που την αποτελούν έχουν αποτεθεί σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον. Το υπόλοιπο τμήμα της περιοχή χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρές κλίσεις (0-15°).
- Ο χάρτης διεύθυνσης βύθισης για την εξεταζόμενη περιοχή μας δείχνει ότι η πλειοψηφία των γεωμορφολογικών δομών βυθίζεται δυτικά, νότια και νοτιοδυτικά. Στο βόρειο, κεντρικό και νότιο τμήμα της περιοχής εντοπίζονται κάποιες γεωμορφολογικές δομές που βυθίζονται βόρεια και βορειοδυτικά.
- Οι θεματικοί χάρτες καμπυλότητας και σκίασης μας προσφέρουν την τρισδιάστατη απεικόνιση και μπορούν να αναδείξουν συγκεκριμένες μορφολογικές δομές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιούνται προσανατολισμένων τόνοι, στην αναπαράσταση της καμπυλότητας του ανάγλυφου, στο συνδυασμό πολλαπλών κατευθύνσεων φωτισμού και στον υπολογισμό δεικτών ορατότητας της επιφάνειας του ανάγλυφου σε πολλαπλές κατευθύνσεις.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία**

Βαβλιάκης, Ε. (1985). Μαθήματα Γεωγραφίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.

Βέργος, Γ. Σ. και Κατσουγιαννόπουλος, Σ. (2007). Εφαρμογές Παγκοσμίου Δορυφορικού Συστήματος Εντοπισμού (GPS). Εργαστηριακές Σημειώσεις, ΤΕΙ Σερρών, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας.

Βουβαλίδης, Κ. (2011). Φυσική Γεωγραφία. Θεσσαλονίκη: ΔΙΣΙΓΜΑ.

Ηλιάδης, Β. (2005). Εγχειρίδιο Τοπογραφίας . Σώμα Προσκόπων Κύπρου, Επαρχιακή Εφορεία Λευκωσίας.

Κόκκινου, Ε. (2015). Περιβαλλοντική γεωλογία και γεωτεχνολογία. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/325>

Τσολάκης, Δ. Ν. (2013). GIS: Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Συλλογή Δεδομένων. Πηγές και Εισαγωγή του σε GIS/Έκδοση 1.1, Αθήνα.

Χατζηδημητριάδης, Ε. Α. (1986). Γεωλογικές χαρτογραφήσεις. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Γεωλογικό τμήμα. Θεσσαλονίκη: TEXT O.E.

### **Ξενόγλωσση βιβλιογραφία**

Barnes, J. W. and Lisle, R. J. (2004). Basic Geological Mapping. New York: John Wiley & Sons Ltd.

Hell, B. (2011). Mapping bathymetry, From measurement to applications. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Natural Sciences, Department of Geological Sciences, Stockholm University, Stockholm, Sweden

Kokinou, E., Kamberis, E., Vafidis, A., Monopolis, D., Ananiadis, G. & Zelilidis A. (2005). “Deep seismic reflection data from offshore Western Greece: a new crustal model for the Ionian sea”, Journal of Petroleum Geology, Vol. 28, No. 2, 81-98.

Seibold, E. and Berger, W. (1982). The Sea Floor. New York: Springer Verlag.

## Δοκιμαστικές μετρήσεις με διαφορικό GPS

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας με τις συντεταγμένες (lat,long) των 18 σημείων του περιγράματος της πλατείας του Ελευθέριου Βενιζέλου ( Κρήτη,Χανιά,Χαλέπα) . Χρησιμοποιήθηκε το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS84.

Point	Latitude	Longitude	Elevation (m)
1	35.518038	24.038732	19.2
2	35.517994	24.038753	19.2
3	35.517924	24.038774	19.3
4	35.517845	24.038791	19.4
5	35.517758	24.038817	19.4
6	35.517728	24.038823	19.5
7	35.517679	24.038833	19.5
8	35.517706	24.039000	19.6
9	35.517732	24.039171	19.6
10	35.517719	24.039311	19.6
11	35.517721	24.039173	19.5
12	35.517784	24.039112	19.4
13	35.517886	24.038986	19.4
14	35.517963	24.038885	19.3
15	35.518015	24.038832	19.3
16	35.518086	24.038848	19.2
17	35.518192	24.038864	19.2
18	35.518204	24.038662	19.2