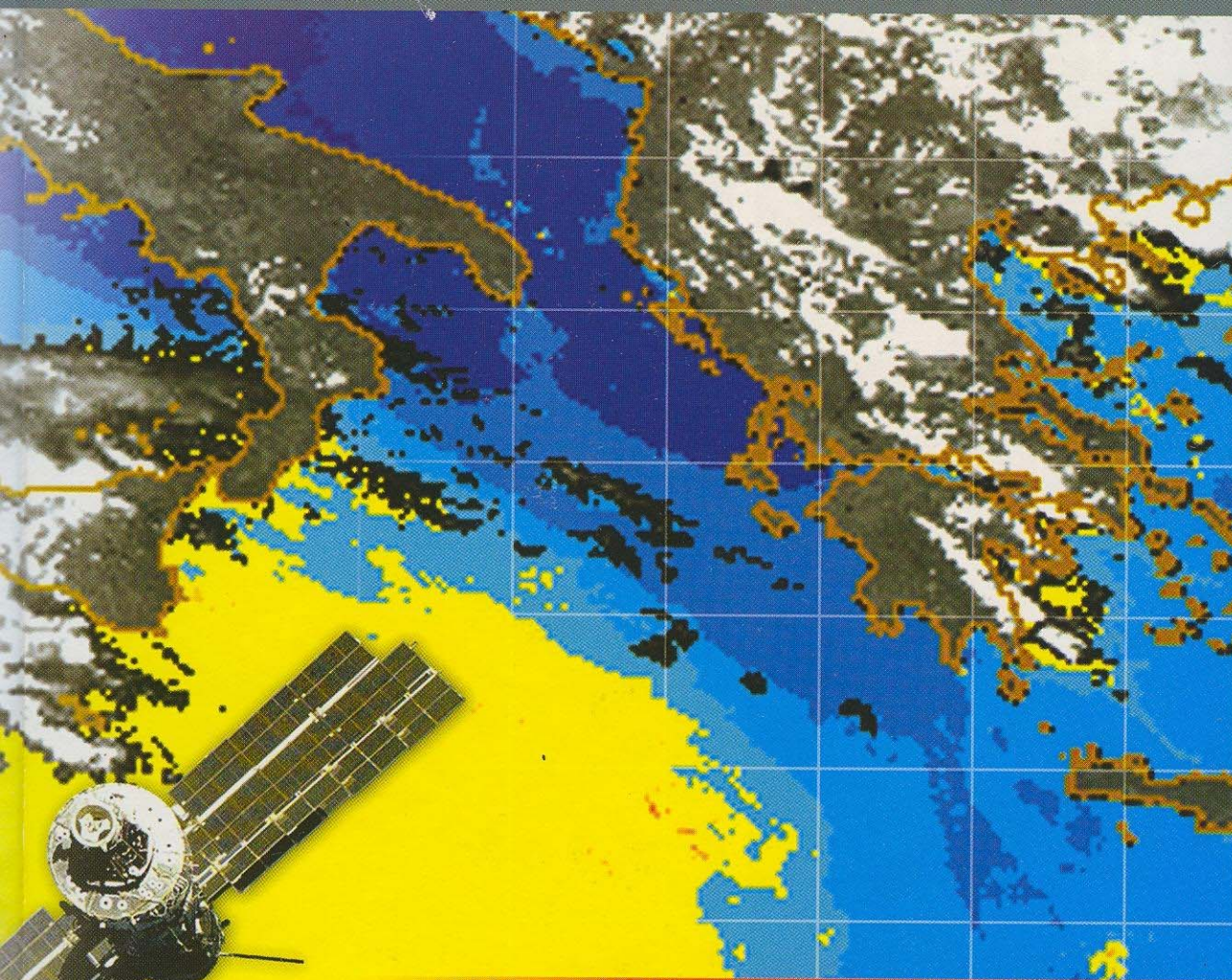


Β. ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ ΕΚΔΟΤΙΚΗ



Τοπογραφία



Β. Γκιούρδας
Εκδοτική

ΠΕΡΙΧΕΙ CD-ROM



Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΠΟ

ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΙΩΑΝΝΗ Ν. ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2006

© Copyright 2006 all rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή ή αναδημοσίευση με οποιοδήποτε μέσο ή τρόπο, μέρους ή όλου του παρόντος χωρίς την άδεια του συγγραφέα.

Αποκλειστικότητα για την Ελληνική Γλώσσα

Β. Γκιούρδας Εκδοτική
Δήμητρας 9, 10442 Αθήνα
Τηλ: 210 515-8010, 822-3220, 825-3464 – Fax: 210 822-3198
Αθήνα 2006
Email: vgiurdas@vgiurdas.gr
www.vgiurdas.gr

ISBN: 960-387-482-5

Αναδημοσίευση του βιβλίου σε οποιαδήποτε μορφή, ολόκληρου ή μέρους, καθώς και των περιεχομένων προγραμμάτων, δεν επιτρέπεται χωρίς την έγγραφη εξουσιοδότηση του εκδότη.

ΜΗΔΕΙΣ ΑΓΕΩΜΕΤΡΗΤΟΣ ΕΙΣΙΤΩ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Το παρόν σύγγραμμα απευθύνεται σε φοιτητές και επαγγελματίες και είναι μια προσπάθεια συγκέντρωσης και παρουσίασης των περισσότερων συνιστωσών της τοπογραφίας όπως αυτή έχει εξελιχθεί σήμερα και έχει διαμορφώσει το χώρο της γεωχωροπληροφορικής ή Geospatial Information όπως αποκαλείται διεθνώς. Στόχος του παρόντος είναι να δώσει τις επιστημονικές και τεχνολογικές βάσεις στα σημαντικότερα ζητήματα της Τοπογραφίας έτσι ώστε ο αναγνώστης να μπορεί να πετύχει άμεσα πρακτικά αποτελέσματα και ταυτόχρονα να μπορεί να κατανοήσει σε βάθος τα υπάρχοντα λογισμικά που καλύπτουν την περιοχή. Για το λόγο αυτό υπάρχει συνοδευτικό CD το οποίο περιέχει 17 αυτοτελή εκπαιδευτικά λογισμικά τα οποία αναπτύχθηκαν από το συγγραφέα για το σκοπό αυτό. Στόχος επίσης είναι για μεν τον ενασχολούμενο με εφαρμογές της τοπογραφίας (περιβατολόγο, γεωλόγο, γεωγράφο, μηχανικό, γεωτεχνικό, κτλ.) να αποτελέσει πηγή γνώσεων για την ευρύτερη περιοχή ώστε να βοηθηθεί περισσότερο στην αντιμετώπιση σχετικών προβλημάτων καθώς και στην ανάθεση τέτοιου είδους εργασιών σε επαγγελματίες τοπογράφους στις οποίες θα μπορεί να ελέγξει καλύτερα τα αποτελέσματα τους, για δε τον επαγγελματία τοπογράφο να αποτελέσει αναφορά θεωρίας και πράξης.

Η ύλη έχει διαμορφωθεί σε περίπου 850 σελίδες με 11 κεφάλαια και δύο παραρτήματα ως εξής:

1. Εισαγωγή Ιστορικό
2. Συστήματα Αναφοράς Προβολές
3. Τοπογραφικά όργανα και Γεωμετρία συντεταγμένων
4. Συμβατική κατασκευή τοπογραφικού χάρτη
5. Σχεδίαση και αναπαραγωγή θεματικού χάρτη
6. Ψηφιακή Τοπογραφία – ΣΓΠ – GIS
7. Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ)
8. Τοπογραφία με GPS
9. Τοπογραφία με μεθόδους φωτογραμμετρίας
10. Τοπογραφία με μεθόδους τηλεπισκόπησης
11. Τοπογραφία με νέες τεχνολογίες LIDAR, IFSAR

A. Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων

B. Περιγραφή προγραμμάτων H/Y που συνοδεύουν το κείμενο

Σχεδόν κάθε κεφάλαιο συνοδεύεται από αντιπροσωπευτικές ερωτήσεις και ασκήσεις για την πληρέστερη κατανόηση του περιεχομένου στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Το βιβλίο αυτό εφαρμόζει μια διδακτική μέθοδο όπου με σχετικά μικρή προσπάθεια μπορεί κανείς να απορροφήσει ένα σχετικά μεγάλο όγκο ύλης σε επιθυμητό επιστημονικό βάθος και σε σχετικά ελάχιστο χρονικό διάστημα. Το βιβλίο αυτό είναι περίπου 850 σελίδες και ένα συμβατικό βιβλίο με την ίδια ύλη χωρίς να εφαρμόζει τη διδακτική αυτή μέθοδο θα μπορούσε να έχει περισσότερες από 5000 σελίδες. Η διδακτική αυτή μέθοδος βασίζεται σε μια σειρά από εκπαιδευτικά λογισμικά που έχουν αναπτυχθεί από το συγγραφέα πολλά από τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για επαγγελματικές εφαρμογές και καλύπτουν τα περισσότερα κομβικά σημεία της τοπογραφίας. Ο αναγνώστης του βιβλίου έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει την επιστημονική ανάλυση των βασικών αυτών κομβικών σημείων και την διαδικασία μετουσίωσής τους σε αλγόριθμο παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιούν τα σύγχρονα

επαγγελματικά λογισμικά πακέτα. Παράλληλα ο αναγνώστης έχει στη διάθεση του το αντίστοιχο εκπαιδευτικό λογισμικό που έχει γράψει ο συγγραφέας και μπορεί άμεσα και τεκμηριωμένα να επαληθεύσει την ορθότητα της επιστημονικής ανάλυσης και με τον τρόπο αυτό του δημιουργείται αυτοπεποίθηση για την απόκτηση της γνώσης καθώς και ισχυρό κίνητρο για περαιτέρω εμπάθυνση του θέματος. Η διδακτική αυτή εφαρμόζεται από το συγγραφέα από το 1980 σε καριέρα που έκανε στην Ελλάδα και στο εξωτερικό με άριστα αποτελέσματα και στέφθηκε με σχετική επιτυχία η προσπάθεια του ώστε ο εκπαιδευόμενος να είναι πάντοτε «πιο έξυπνος από τη μηχανή» και να μη χρησιμοποιεί τη μηχανή σαν «μαγικό κουτί» πατώντας μόνο πλήκτρα.

Επιθυμία του συγγραφέα είναι η γνώση που θα αποκτήσει κανείς από το παρόν σύγγραμμα να χρησιμοποιηθεί εποικοδομητικά προς όφελος του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου καθώς και του αναγνώστη που περιλαμβάνεται σε αυτό. Για το σκοπό αυτό προτείνονται δέκα βάσεις θεμέλια που γενικότερα πιστεύεται ότι συμβάλλουν στη σωστή χρήση της γνώσης και είναι οι εξής¹:

1. **Παιδεία**² είναι η προσπάθεια διαμόρφωσης υγιούς σκέψης στον ενάρετο άνθρωπο.
2. **Εκπαίδευση** είναι η προσπάθεια διαμόρφωσης υγιούς σκέψης στον ενάρετο άνθρωπο σε συγκεκριμένο αντικείμενο όπως είναι, π. χ. η Τοπογραφία.
3. **Σκέψη** είναι μία από τις τρεις καταστάσεις του ανθρώπινου νου πριν αναπτύξει οποιαδήποτε πράξη ή δράση. Οι καταστάσεις αυτές είναι οι εξής: Η *λογική*, η *επιθυμία* και ο *θυμός*. Η σκέψη καθορίζει όλες τις ενέργειες που πράττει ή που πρόκειται να πράξει ο άνθρωπος και προηγείται κάθε πράξης ή δράσης.
4. **Υγιής σκέψη** είναι η προσπάθεια ώστε η λογική κατάσταση της σκέψης να ελέγχει και ισορροπεί τις δύο άλλες καταστάσεις, δηλαδή την επιθυμία και το θυμό.
5. **Υγιής Πράξη ή δράση** είναι η προσπάθεια ώστε να διαμορφώνεται από υγιή σκέψη και να είναι ενάρετη.
6. **Η αρετή**³ είναι η προσπάθεια ώστε η πράξη ή η δράση του ανθρώπου να ακολουθεί τον δρόμο της *μεσότητας*, η οποία μεσότητα βρίσκεται στο μεσοδιάστημα ανάμεσα σε δύο ακραίες θέσεις ή κακίες. Π. χ. Η υπευθυνότητα είναι αρετή και βρίσκεται στο μεσοδιάστημα ανάμεσα στην ανευθυνότητα και την ευθυνοφοβία (υπερευθυνότητα). Η αρετή μπορεί να θεωρηθεί σαν «η προσπάθεια μεγιστοποίησης της χρήσης της ανθρώπινης ενέργειας για εποικοδομητικούς σκοπούς και ελαχιστοποίηση της χρήσης της ίδιας ενέργειας για καταστροφικούς σκοπούς».
7. **Ενάρετος άνθρωπος** είναι αυτός που προσπαθεί να είναι ενάρετος δηλαδή προσπαθεί να διατηρήσει την πορεία προς το δρόμο της αρετής (μεσότητας).
8. **Ενάρετη πράξη ή δράση** είναι η προσπάθεια ώστε η πράξη ή η δράση να ακολουθήσει το δρόμο της αρετής (μεσότητας).
9. **Δικαιοσύνη** είναι η κορυφαία των αρετών και εμπεριέχει όλες τις αρετές.
10. **Οι δημοκρατικοί θεσμοί** αποτελούν τη διαδικασία εντοπισμού της μεσότητας της αρετής. Συνεπώς για τον εντοπισμό της μεσότητας της αρετής απαιτείται συναίνεση του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου με ελάχιστη προκατάληψη η οποία πετυχαίνεται όταν το κοινωνικό σύνολο έχει παιδεία όπως ορίστηκε πιο πάνω.

¹ Από το έργο του ίδιου: «Παιδεία ώρα μηδέν» Εκδόσεις Κάκτος 2005.

² Πλάτωνος: «Πολιτεία».

³ Αριστοτέλους: «Ηθικά Νικομάχεια».

Αφιερώνεται στη μνήμη:
του εξαδέλφου μου
Εμμανουήλ Κ. Αλιμπέρτη
και του πεθερού μου
Δημητρίου Ι. Καρασμάνογλου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή Ιστορικό	1
1.1 Γενικά	2
1.2 Ορισμοί	3
1.3 Ιστορική διαδρομή	4
Κεφάλαιο 2. Συστήματα Αναφοράς Προβολές	9
2.1 Γενικά	10
2.1.1 Το μονοδιάστατο σύστημα αναφοράς	11
2.1.2 Το δισδιάστατο σύστημα αναφοράς	11
2.1.3 Το τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς	13
2.2 Το γεωκεντρικό γεωσταθερό σύστημα αναφοράς	15
2.2.1 Το σχήμα και μέγεθος της γης	15
2.2.2 Το Παγκόσμιο σύστημα αναφοράς	17
2.2.2.1 Μετατροπή γεωδαιτικών X, Y, Z σε γεωδαιτικά φ, λ, h.	18
2.2.2.2 Μετατροπή γεωδαιτικών φ, λ, h σε γεωδαιτικά X, Y, Z.	19
2.2.2.3 Τοπογραφική επιφάνεια, γαιωειδές, ελλειψοειδές	20
2.3 Το τοπικό σύστημα αναφοράς	23
2.3.1 Μετατροπή συντεταγμένων από το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς στο τοπικό Datum και αντίστροφα (Molodensky transformation)	24
2.3.1.1 Μετατροπή από το τοπικό ελλειψοειδές στο παγκόσμιο WGS 84	24
2.3.1.2 Μετατροπή από το παγκόσμιο WGS 84 στο τοπικό ελλειψοειδές	25
2.4 Οι προβολές χάρτη	26
2.4.1 Προβολές – παραμορφώσεις	26
2.4.2 Προβολές – επιφάνεια προβολής	27
2.4.2.1 Η εγκάρσια Μερκατορική προβολή - υπολογισμός X, Y από φ, λ	31
2.4.2.2 Η εγκάρσια Μερκατορική προβολή - υπολογισμός φ, λ από X, Y	33
2.4.2.3 Η Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (PEM) – UTM	34
2.4.2.4 Το Ελληνικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87	36
2.5 Μετατροπή ορθογώνιων συντεταγμένων	38
2.5.1 Μετατροπή δύο διαστάσεων	38
2.5.1.1 Μετασχηματισμός ομοιότητας	39
2.5.1.2 Αφινικός μετασχηματισμός	40
2.5.1.3 Διγραμμικός μετασχηματισμός	40

2.5.2 Μετατροπή τριών διαστάσεων	41
2.6 Βιβλιογραφία	43
2.6.1 Βιβλία – άρθρα	43
2.6.2 Ιστοσελίδες στο διαδίκτυο	43
2.7 Ερωτήσεις	44
Κεφάλαιο 3. Τοπογραφικά όργανα και Γεωμετρία συντεταγμένων	47
3.1. Εισαγωγή	48
3.2. Προδιαγραφές ακρίβειας στην τοπογραφία	50
3.2.1 Προδιαγραφές για υδρογραφικές μετρήσεις (Βυθομετρία)	52
3.3. Γενικές έννοιες	53
3.4. Τοπογραφικά όργανα	57
3.4.1. Η Πυξίδα	59
3.4.2. Το κλισίμετρο	60
3.4.3. Η μετροταινία	62
3.4.4. Μέτρηση κεκλιμένης απόστασης με βήματα.	63
3.4.5. Το θεοδόλιχο	63
3.4.6 Ο χωροβάτης	65
3.4.7 Ο ολικός σταθμός (Total station).	65
3.4.8 Το σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης (GPS)	66
3.5 Η γεωμετρία συντεταγμένων (Coordinate Geometry – CoGo)	67
3.5.1. Οι ορθογώνιες καρτεσιανές συντεταγμένες	67
3.5.1.1. Αζιμούθιο και απόσταση, θεμελιώδεις σχέσεις.	68
3.5.2. Όδευση (πολυγωνομετρία) και αποτύπωση	70
3.5.2.1 Επίλυση όδευσης	72
3.5.3. Εμβαδόν κλειστού πολυγώνου	75
3.5.4. Εμπροσθοτομία	76
3.5.5. Μέτρηση και υπολογισμός υψομέτρου από κατακόρυφη γωνία	78
3.5.6. Μέτρηση και υπολογισμός υψομέτρου από την κλίση	80
3.5.7. Ταχυμετρική αποτύπωση με σταδία	80
3.5.7.1 Αναγωγή ταχυμετρικών μετρήσεων	82
3.5.8. Αποτύπωση με πυξίδα	86
3.5.9. Υπολογισμός υψομετρικής όδευσης	87
3.6. Βιβλιογραφία	90
3.7. Ερωτήσεις, ασκήσεις	91
3.7.1 Ερωτήσεις	91
3.7.2 Ασκήσεις	91
Κεφάλαιο 4. Συμβατική κατασκευή τοπογραφικού χάρτη	93
4.1 Εισαγωγή	94
4.2 Υπάρχοντες χάρτες και αεροφωτογραφίες	96
4.3 Σχεδίαση χάρτη	97

4.3.1 Προετοιμασία χάρτη προς σχεδίαση	97
4.3.2 Σχεδίαση σημείων	101
4.3.3 Σχεδίαση χαρακτηριστικών	102
4.3.4 Χάραξη ισοϋψών καμπυλών	109
4.3.5 Χρήσεις τοπογραφικών χαρτών	112
4.3.6 Υδρογραφικοί χάρτες	113
4.3.7 Πλήρες παράδειγμα σύνταξης τοπογραφικού χάρτη	114
4.3.7.1. Διόρθωση και υπολογισμός της όδευσης	117
4.3.7.2 Διόρθωση και υπολογισμός της υψομετρικής όδευσης	119
4.3.7.3. Υπολογισμός της εμπροσθοτομίας	121
4.3.7.4. Υπολογισμός συντεταγμένων λοιπών σημείων	123
4.3.7.5. Έλεγχος του σημείου Δ	125
4.3.7.6 Σχεδίαση του τοπογραφικού χάρτη	126
4.3.7.7 Υπολογισμός των εμβαδών	127
4.3.7.8. Υπολογισμός όγκου εκσκαφών	127
4.3.7.9 Σχεδίαση μηκοτομών	128
4.3.7.10 Χάραξη δρόμου	131
4.3.8 Ολοκληρωμένοι τοπογραφικοί χάρτες	132
4.3.9 Χαράξεις τεχνικών έργων (πασσάλωση)	135
4.4. Βιβλιογραφία	138
4.5 Ερωτήσεις και προβλήματα 3 ^{ου} & 4 ^{ου} κεφαλαίου	139
4.5.1 Ερωτήσεις	139
4.5.2 Ασκήσεις	139
Κεφάλαιο 5. Σχεδίαση και αναπαραγωγή θεματικού χάρτη	143
5.1. Εισαγωγή	144
5.2 Είδη χαρτών.	147
5.3 Συστήματα επικοινωνίας	148
5.3.1. Ο μηχανισμός μάτι – εγκέφαλος	149
5.4 Σχεδιασμός Χάρτη	151
5.4.1. Παράμετροι που επηρεάζουν τον σχεδιασμό του χάρτη	151
5.4.1.1. Ο σκοπός του χάρτη.	151
5.4.1.2. Η κλίμακα του χάρτη.	152
5.4.1.3. Ο χρήστης του χάρτη.	153
5.4.1.4. Μέθοδος αναπαραγωγής.	154
5.4.2. Χαρτογραφικά δεδομένα.	154
5.4.2.1. Γεωχωρικά δεδομένα.	155
5.4.2.2. Κατανομή γεωχωρικών δεδομένων – Στατιστική επιφάνεια	156
5.4.2.3. Συγκέντρωση δεδομένων και προετοιμασία δοκιμίου	157
5.4.2.4. Μεταποίηση (Γενίκευση) δεδομένων	159
5.4.3. Στοιχεία γραφικού σχεδιασμού	161

5.4.3.1. Ευκρίνεια και αξιοπιστία.	161
5.4.3.2. Οπτική αντίθεση.	162
5.4.3.3. Ισορροπία.	162
5.4.3.4. Εικόνα και φόντο.	164
5.4.3.5. Ιεραρχημένη δομή	165
5.4.3.6. Χρώμα και γραμμοσκιά.	167
5.4.3.7. Οι γραμματοσειρές	169
5.5 Τα σύμβολα του χάρτη	171
5.5.1. Σύμβολα για δεδομένα μετρηθέντα σε ποιοτική κλίμακα	173
5.5.2. Σύμβολα για δεδομένα μετρηθέντα σε ποσοτική κλίμακα.	175
5.5.2.1. Σημειακά σύμβολα	175
5.5.2.2. Γραμμικά σύμβολα	177
5.5.2.3. Εκτατικά σύμβολα	180
5.6. Το χρώμα του χάρτη.	182
5.6.1. Πρόσθεση χρωμάτων, δευτερεύοντα χρώματα.	183
5.6.2. Αφαίρεση χρωμάτων	184
5.6.3. Διαστάσεις του χρώματος	185
5.6.4. Συστήματα αναγνώρισης χρωμάτων	186
5.6.4.1. Το C.I.E. σύστημα αναγνώρισης χρωμάτων	186
5.6.4.2. Το Munsell σύστημα αναγνώρισης χρωμάτων	192
5.7. Η αναπαραγωγή του χάρτη	193
5.7.1. Εισαγωγή	193
5.7.2. Μέθοδοι αναπαραγωγής χωρίς εκτυπωτική πρέσα.	193
5.7.2.1. Φωτοτυπίες.	193
5.7.2.2. Φωτογραφική μέθοδος	194
5.7.2.3. Μέθοδος φωτοτοαντιγραφής	196
5.7.3. Μέθοδοι αναπαραγωγής με εκτυπωτική πρέσα	196
5.7.3.1. Ημιτονική επεξεργασία (half tone process)	197
5.7.3.2. Αναπαραγωγή στη λιθογραφική πρέσα όφσετ	197
5.8. Παραδείγματα θεματικών χαρτών	201
5.9 Βιβλιογραφία	205
5.9.1 Ελληνική	205
5.9.2 Ξενόγλωσση	205
5.10. Ερωτήσεις και Ασκήσεις	207
5.10.1 Ερωτήσεις	207
5.10.2 Ασκήσεις	209

Κεφάλαιο 6. Ψηφιακή Τοπογραφία – ΣΓΠ – GIS **211**

6.1. Εισαγωγή.	212
6.2. Οι σύγχρονες τεχνολογικές συνιστώσες.	213
6.2.1. Δομή και λειτουργία του ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y)	216
6.3. Στοιχεία ψηφιακού χάρτη – μοντέλα δεδομένων	217
6.3.1. Γραφική πληροφορία διανυσματικού χάρτη	219
6.3.2 Μη γραφική πληροφορία διανυσματικού χάρτη	221

6.3.3	Ιδιότητες γραφικής πληροφορίας διανυσματικού χάρτη	222
6.3.4	Τοπολογία διανυσματικού χάρτη	223
6.3.4.1	Παράδειγμα 1	224
6.3.4.2	Παράδειγμα 2	226
6.3.4.3	Γεωμετρία και τοπολογία χωρικών αντικειμένων	228
6.3.4.4	Τοπολογική δομή δεδομένων	229
6.3.4.5	Τοπολογικές σχέσεις μεταξύ χωρικών αντικειμένων	230
6.3.5	Τοπολογία κυψελιδωτού χάρτη	231
6.3.5.1	Τοπολογικά χαρακτηριστικά κυψελιδωτών δεδομένων	233
6.3.6	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικού και κυψελιδωτού μοντέλου	234
6.3.7	Μοντέλα θεματικών δεδομένων	236
6.3.8	Δομή δεδομένων στατιστικής επιφάνειας	237
6.3.9	Παράθυρο παρουσίασης τοπογραφικών δεδομένων	239
6.4.	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)	243
6.4.1.	Οι χρήσεις του ΣΓΠ	246
6.4.2.	Η είσοδος γεωχωρικών δεδομένων	249
6.4.2.1	Ψηφιοποίηση αναλογικών χαρτών	251
6.4.2.2	Μετατροπή από το διάνυσμα σε κυψελίδα και αντίστροφα	253
6.4.3	Χωρικές βάσεις δεδομένων (ΒΔ)	255
6.4.3.1	Σχεδιασμός βάσης δεδομένων	256
6.4.3.2	Σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (DBMS)	257
6.4.3.3	Ιεραρχικό μοντέλο ΒΔ	259
6.4.3.4	Σχεσιακό μοντέλο ΒΔ	260
6.4.3.5	Αντικειμενοστραφές μοντέλο ΒΔ	262
6.4.4	Απαιτούμενες λειτουργίες ενός ΣΓΠ	264
6.5	Η εγκατάσταση ενός συστήματος ΣΓΠ	266
6.5.1	Ο σχεδιασμός για εγκατάσταση ΣΓΠ	266
6.5.1.1	Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση ΣΓΠ	269
6.5.1.2	Σημεία «κλειδιά» για ένα πετυχημένο ΣΓΠ	271
6.5.1.3	Αιτίες αποτυχίας του ΣΓΠ	272
6.5.1.4	Απαιτούμενοι ανθρώπινοι πόροι για το ΣΓΠ.	274
6.5.1.5	Ανάλυση κόστους σε ένα έργο ΣΓΠ.	276
6.6	Εφαρμογές ΣΓΠ	277
6.6.1	Άλγεβρα χαρτών	278
6.6.2	Εφαρμογές στη χαρτογράφηση	280
6.6.3	Εφαρμογή στη μηχανοργάνωση του γεωγραφικού χώρου	280
6.7	Βιβλιογραφία	287
6.7.1	Ελληνική	287
6.7.2	Ξενόγλωσση	287
6.7.3	Ιστοσελίδες Διαδικτύου	290
6.8	Ερωτήσεις, προβλήματα	292

6.8.1 Ερωτήσεις	292
6.8.2 Προβλήματα – ασκήσεις	294
Κεφάλαιο 7. Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ)	297
7.1 Γενικά	298
7.2 ΨΜΕ με ακανόνιστη επίπεδη τριγωνική μορφή (TIN)	301
7.3 Δημιουργία ΨΜΕ με κυψελίδες ορθογωνικού πλέγματος (GRID)	304
7.3.1 Δημιουργία ΨΜΕ GRID από τον κεντροβαρικό μέσο όρο	304
7.3.2. ΨΜΕ GRID με πεπερασμένα στοιχεία	306
7.4 Χρήσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους	308
7.4.1 Αναλυτικός προσδιορισμός υψομέτρων από ΨΜΕ	308
7.4.2 Αναλυτικός προσδιορισμός ισοϋψών από ΨΜΕ.	311
7.4.3 Προοπτική παρουσίαση ψηφιακού μοντέλου εδάφους	315
7.4.4 Κλίσεις, προσανατολισμός κελιών και σκίαση	324
7.4.4.1 Υπολογισμός Κλίσης και Προσανατολισμού (aspect)	325
7.4.4.2 Υπολογισμός Σκίασης	328
7.4.5 Εφαρμογή ΨΜΕ στη διαχείριση υδατικών πόρων	329
7.5. Βιβλιογραφία	335
7.5.1 Ελληνική	335
7.5.2 Ξενόγλωσση	335
7.6 Ερωτήσεις, προβλήματα	337
7.6.1 Ερωτήσεις	337
7.6.2 Προβλήματα – ασκήσεις	338
Κεφάλαιο 8 Τοπογραφία με GPS	341
8.1 Γενικά	342
8.2 Περιγραφή του συστήματος GPS	344
8.2.1 Σκοπός και στόχοι	344
8.2.2 Μέρη από τα οποία αποτελείται το GPS	345
8.2.2.1 Το Τμήμα του διαστήματος	345
8.2.2.2 Το Τμήμα ελέγχου	346
8.2.2.3 Το Τμήμα του χρήστη	347
8.2.3 Υπηρεσίες Εντοπισμού GPS	348
8.2.3.1 Υπηρεσία Ακριβούς Εντοπισμού - Precise Positioning Service (PPS)	348
8.2.3.2. Υπηρεσία Στάνταρ Εντοπισμού - Standard Positioning Service (SPS)	348
8.2.4 Σήματα Εντοπισμού GPS	349
8.2.4.1 Τα δεδομένα του GPS	351
8.2.4.2 Η GPS παράμετρος <αριθμός εβδομάδας> (WN)	354
8.2.4.2.1 Μετατροπή της παραμέτρου WN σε σωστή GPS WN	354
8.2.4.2.2 Άλλες παράμετροι του GPS WN	355
8.2.5 Εντοπισμός και Χρόνος από το GPS	356

8.2.5.1 Παρακολούθηση της φάσης του κώδικα (πλοήγηση)	357
8.2.5.2 Πλοήγηση με ψευτοαπόσταση (Pseudo-Range Navigation)	358
8.2.5.3 Ταχύτητα και χρόνος με GPS	364
8.2.6 Διαφορικές τεχνικές GPS (DGPS)	367
8.2.6.1 Διαφορικός κώδικας GPS (Πλοήγηση)	368
8.2.7 Το σύστημα αναφοράς του GPS	368
8.3 Παρακολούθηση της φέρουσας φάσης (Μετρήσεις)	369
8.3.1 Τοπογραφία με διαφορικό GPS	370
8.3.2 Συνήθεις Τοπογραφικές μετρήσεις με GPS	372
8.4 Πηγές σφαλμάτων στο GPS	375
8.4.1 Άλλες πηγές συστηματικών σφαλμάτων (Bias)	375
8.4.2 Γεωμετρική ισχύς της ακρίβειας (Geometric Dilution of Precision - GDOP)	377
8.4.3 Κοινός τρόπος μεταφοράς χρόνου	379
8.5 Βιβλιογραφία	380
8.5.1 Ελληνική	380
8.5.2 Ξενόγλωσση	380
8.5.3 Ιστοσελίδες Διαδικτύου	382
8.6 Ερωτήσεις, προβλήματα	384
8.6.1 Ερωτήσεις	384
8.6.2 Προβλήματα	386
Κεφάλαιο 9. Τοπογραφία με μεθόδους φωτογραμμετρίας	387
9.1 Γενικά	388
9.1.1 Εισαγωγή	389
9.2 Η φωτογραφική μηχανή για αεροφωτογράφιση	391
9.2.1 Ο εσωτερικός προσανατολισμός	393
9.2.1.1 Εργαστηριακός προσδιορισμός διαστροφής φακού	397
9.2.1.2 Αναλυτικό μοντέλο διαστροφής φακού	400
9.3. Γεωμετρία Αεροφωτογραφιών (A/Φ)	404
9.3.1 Γεωμετρία απλής A/Φ	404
9.3.1.1 Η κλίμακα της A/Φ	405
9.3.1.2 Η μετατόπιση λόγω αναγλύφου στην A/Φ	406
9.3.2 Γεωμετρία στερεοζεύγους A/Φ	408
9.3.2.1 Ευθυγράμμιση στερεοζεύγους A/Φ με τη γραμμή πτήσης	411
9.4. Σχεδιασμός πτήσης	413
9.4.1 Υπολογισμός Ύψους Πτήσης	415
9.4.2 Διάγραμμα Πτήσης.	417
9.4.2.1 Πλήρες παράδειγμα προγραμματισμού πτήσης	420
9.4.3 Τα φωτοσταθερά	421
9.4.4 Προβλήματα στο σχεδιασμό πτήσης – αυτοματισμός	425
9.5 Μαθηματικές βάσεις: Προσανατολισμοί	426

9.5.1	Εισαγωγή στην αναλυτική φωτογραμμετρία	426
9.5.2	Η Συνθήκη Συγγραμμικότητας	427
9.5.2.1	Οπισθοτομία και εμπροσθοτομία χώρου, συνόρθωση δέσμης	429
9.5.3	Η Συνθήκη Συνεπιπεδότητας	429
9.6	Ο εξωτερικός προσανατολισμός	431
9.6.1	Σχετικός προσανατολισμός	432
9.6.1.1	Σχετικός προσανατολισμός δύο επικαλυπτόμενων εικόνων	433
9.6.1.2	Σχετικός προσανατολισμός λωρίδας	435
9.6.1.3	Σχετικός προσανατολισμός περιοχής πολλών λωρίδων ή μπλοκ	438
9.6.1.4	Πλεονεκτήματα σχετικού προσανατολισμού	438
9.6.2	Απόλυτος προσανατολισμός	439
9.6.2.1	Τρισδιάστατος μετασχηματισμός συντεταγμένων	440
9.7	Όργανα λογισμικής φωτογραμμετρίας (Soft Copy Photogrammetry)	442
9.7.1	Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του λογισμικού οργάνου	443
9.7.2	Η διαδικασία δημιουργίας δοκιμίου χάρτη	445
9.7.3	Πλήρες παράδειγμα παραγωγής δοκιμίου χάρτη	447
9.8	Εφαρμογές	455
9.8.1	Τοπογραφικοί χάρτες	455
9.9	Μη συμβατική φωτογραμμετρία	459
9.9.1	Εφαρμογές μη συμβατικής φωτογραμμετρίας	460
9.9.1.1	Εφαρμογές σε δυναμικά αντικείμενα	460
9.9.1.2	Εφαρμογές στην ιατρική	467
9.9.1.3	Εφαρμογές στις μετακινήσεις γαιών και παραμορφώσεις κατασκευών	471
9.9.1.4	Εφαρμογές στην αρχαιολογία, αρχιτεκτονική, και μνημεία	473
9.9.1.5	Άλλες Εφαρμογές	478
9.9.1.6	Φωτογραμμετρία και σαρωτής λέιζερ στην αρχαιολογία και αποτύπωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς	479
9.10	Βιβλιογραφία	482
9.10.1	Ελληνική	482
9.10.2	Ξενόγλωσση	482
9.10.3	Ιστοσελίδες Διαδικτύου	487
9.11	Ερωτήσεις προβλήματα	488
9.11.1	Ερωτήσεις	488
9.11.2	Προβλήματα και ασκήσεις	490
Κεφάλαιο 10. Τοπογραφία με μεθόδους τηλεπισκόπησης		497
10.1.	Εισαγωγή	498
10.1.1	Η εικόνα	500

10.1.2	Είδη εικόνων και αντίστοιχη ποιοτική πληροφορία	502
10.1.3	Μέθοδοι τηλεπισκόπησης	507
10.1.4	Η φωτοερμηνεία	513
10.1.4.1	Βασικοί κανόνες φωτοερμηνείας – γενικά	515
10.1.4.2	Φωτοερμηνεία από τη σκιά – προβλήματα	517
10.1.4.3	Φωτοερμηνεία από τον τόνο και την υφή – προβλήματα	519
10.1.4.4	Φωτοερμηνεία από πρότυπα και συσχετισμό με το περιβάλλον	521
10.2	Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ)	523
10.2.1	Φύση και ιδιότητες της ΗΜΑ.	525
10.2.2	Νόμοι της ακτινοβολίας	529
10.2.3	Μέτρηση της ΗΜΑ	532
10.2.4	Ορατή ακτινοβολία και οπτικά συστήματα	535
10.2.4.1	Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και ύλης	535
10.2.4.2	Συνάρτηση κατανομής αμφίδρομης ανάκλασης (ΣΚΑΑ-BRDF)	537
10.2.4.3	Φακοί	539
10.2.4.3.1	Μεγέθυνση φακού	541
10.2.4.3.2	Είδη φακών	542
10.2.4.3.3	Σφάλματα των φακών	542
10.2.4.3.4	Διαχωριστική ικανότητα φακών (Resolving power)	543
10.3.	Φωτογραφικές μέθοδοι	544
10.3.1	Εισαγωγή	544
10.3.2.	Το φωτογραφικό σύστημα	545
10.3.2.1	f-stop και βάθος πεδίου	546
10.3.2.2	Φωτεινότητα εικόνας μέσω φακού	548
10.3.2.3	Η Οπτική του Gauss - σύνθετοι φακοί	549
10.3.2.4	Φίλτρα	551
10.3.2.5	Διαπερατότητα, διαφάνεια και πυκνότητα	553
10.3.3	Το σύστημα κλασσικής φωτογραφίας με φιλμ	554
10.3.3.1	Ο σκοτεινός θάλαμος.	554
10.3.3.2	Φωτογραφικά υλικά.	554
10.3.3.3	Αεροφωτογραφία	557
10.3.3.4	Η επιλογή του φιλμ και η σωστή του έκθεση	561
10.3.3.5	Εμφάνιση φιλμ, εκτυπώσεις	562
10.3.3.6	Έγχρωμη φωτογραφία	565
10.3.3.7	Υπέρυθρη φωτογραφία	567
10.4	Δορυφορικές εικόνες	569
10.4.1	Δορυφορικά συστήματα	571
10.5	Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας	578
10.5.1	Διορθώσεις	581
10.5.1.1	Ατμοσφαιρική διόρθωση	581
10.5.1.2	Γεωμετρική διόρθωση – γεωαναφορά	583
10.5.1.3	Ραδιομετρική διόρθωση – ενίσχυση εικόνας	587

10.5.1.4 Φιλτράρισμα	594
10.5.2 Μετασηματισμοί	598
10.5.2.1 Κύριες συνιστώσες	599
10.5.2.2 Μετασηματισμός Φουριέ	604
10.5.3 Ταξινομήσεις	608
10.6. Βιβλιογραφία	632
10.6.1 Ελληνική Βιβλιογραφία	632
10.6.2 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	634
10.6.3 Ιστοσελίδες στο διαδίκτυο	644
10.7 Ερωτήσεις, προβλήματα – ασκήσεις	646
10.7. 1 Ερωτήσεις	646
10.7. 2 Προβλήματα – ασκήσεις	650

Κεφάλαιο 11. Τοπογραφία με νέες τεχνολογίες 661

11.1 Η τεχνολογία του Λίνταρ (Lidar)	662
11.1.1 Οι βασικές αρχές του Λίνταρ (Lidar)	663
11.1.1.1 Ο ρόλος του αδρανειακού συστήματος	664
11.1.2 Τοπογραφικό λίνταρ	667
11.1.2.1 Προδιαγραφές συστήματος	667
11.1.2.2 Χρησιμότητα των δεδομένων λίνταρ	669
11.1.2.3 Μειονεκτήματα του λίνταρ	672
11.1.2.4 Επεξεργασία δεδομένων	673
11.1.3 Βυθομετρικό λίνταρ	674
11.1.3.1 Αρχή λειτουργίας	675
11.1.3.2 Τρόπος λειτουργίας	677
11.1.3.3 Περιορισμοί	678
11.1.3.4 Υπάρχοντα συστήματα	678
11.1.4 Ραντάρ απλού και συνθετικού διαφράγματος – συμβολομετρία	680
11.1.4.1 Βασικές αρχές του Ραντάρ	680
11.1.4.2 Ραντάρ συνθετικού διαφράγματος συμβολομετρίας (IfSAR)	688
11.2 Βιβλιογραφία	697
11.2.1 Βιβλιογραφία σχετικά με Lidar	697
11.2.2 Βιβλιογραφία σχετικά με IfSAR	702
11.2.3 Ιστοσελίδες στο διαδίκτυο	706
11.3 Ερωτήσεις	707

Παράρτημα Α. Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων 711

Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (εισαγωγή)	712
A.1 Συνδιασπορές – Βάρη	713
A.2 Συνδιασπορά παρατηρήσεων	713
A.3 Νόμος μετάδοσης συνδιασποράς	714

A.4 Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (MET)	716
A.4.1 Υπολογισμός των $\Sigma_{\Delta\Delta}$ και $\Sigma_{\omega\omega}$	719
A.5 Γραμμικοποίηση μη γραμμικών συναρτήσεων	721
A 5.1 Επαναληπτική επίλυση εξισώσεων και συστημάτων μέθοδος Newton – Raphson	722
A.6 MET όπου οι αρχικές προσεγγίσεις για τη γραμμικοποίηση θεωρούνται παρατηρήσεις γνωστού βάρους.	725
A.7 Εφαρμογές MET	727
A.7.1 Μετατροπή συντεταγμένων	727
A.7.1.1 Μετασχηματισμός ομοιότητας	727
A.7.1.2 Αφινικός μετασχηματισμός	728
A.7.1.3 Διγραμμικός μετασχηματισμός	729
A.7.1.4 Τρισδιάστατος μετασχηματισμός ομοιότητας	730
A.7.2 Γεωμετρία συντεταγμένων	732
A.7.2.1 Γραμμικοποιημένες εξισώσεις παρατήρησης οριζόντιων γωνιών και οριζόντιων αποστάσεων	732
A.7.2.2 Γραμμικοποιημένες εξισώσεις παρατήρησης κατακόρυφων γωνιών και κεκλιμένων αποστάσεων	734
A.7.2.3 Στατιστικό τεστ για την αποδοχή ή μη της συνόρθωσης MET	735
A.8 Βιβλιογραφία	738

Παράρτημα Β. Περιγραφή προγραμμάτων Η/Υ που συνοδεύουν το κείμενο

	739
B.1 Εισαγωγή	740
B.2 Γενικά σχόλια	742
B.2.1 Πρόγραμμα <i>XyzToFL_Jnh.exe</i>	743
B.2.2 Πρόγραμμα <i>Molodensky_Jnh.exe</i>	744
B.2.3 Πρόγραμμα <i>TrMercator_Jnh.exe</i>	745
B.2.4 Πρόγραμμα <i>TwoDTrans_Jnh.exe</i>	748
B.2.5 Πρόγραμμα <i>Cogo_Jnh.exe</i>	751
B.2.6 Πρόγραμμα <i>Digi_Jnh.exe</i>	759
B.2.7 Πρόγραμμα <i>Carto_Jnh.exe</i>	763
B.2.8 Πρόγραμμα <i>Topo_Jnh.exe</i>	765
B.2.9 Πρόγραμμα <i>Contr_Jnh.exe</i>	769
B.2.10 Πρόγραμμα <i>Perspe_Jnh.exe</i>	771
B.2.11 Πρόγραμμα <i>ZeqFxy_Jnh.exe</i>	773
B.2.12 Πρόγραμμα <i>NavCalc_Jnh.exe</i>	774
B.2.13 Πρόγραμμα <i>FitPoly_Jnh.exe</i>	776
B.2.14–15-17 <i>StrPtSelect_Jnh</i> , <i>Stereo_Jnh</i> και <i>StereoDTM_Jnh</i>	778
B.2.16 Πρόγραμμα <i>Impro_Jnh.exe</i>	782
B.3 Βιβλιογραφία	785

Αλφαβητικό ευρετήριο	787
-----------------------------	------------

Σύντομο βιογραφικό του συγγραφέα



Ο καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος γεννήθηκε στην Κωμιακή Νάξου. Πρωτότοκος από πέντε αδέρφια μεγάλωσε κάτω από δύσκολες συνθήκες στην ορεινή Νάξο όπου και έμεινε μέχρι την ηλικία των δεκατριών χρόνων. Περάτωσε τις σπουδές του στο Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ όπου πήρε το αντίστοιχο δίπλωμα το 1971 και εκεί ήρθε πρώτος μεταξύ των αποφοίτων και τιμήθηκε με το Χρυσόβεργιο Βραβείο. Υπηρέτησε τη στρατιωτική του θητεία και εργάστηκε σαν ελεύθερος επαγγελματίας Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός μέχρι το 1975 οπότε και πήρε υποτροφία ερευνητή από το University of Washington, Seattle ΗΠΑ και ξεκίνησε μεταπτυχιακές σπουδές στη Φωτογραμμετρία και Τηλεπισκόπηση. Το 1976 πήρε

το δίπλωμα του μεταπτυχιακού τίτλου μάστερ και το 1979 πήρε το διδακτορικό δίπλωμα. Καθόλη τη διάρκεια των σπουδών του διατήρησε την υποτροφία του ερευνητή και επιπλέον μετά την απόκτηση του διπλώματος μάστερ εργάστηκε με μερική απασχόληση στο South Seattle Community College όπου δίδαξε Φωτογραμμετρία και Τηλεπισκόπηση. Αμέσως μετά την απόκτηση του διδακτορικού του διπλώματος είχε προσφορές ακαδημαϊκής καριέρας από δύο Πανεπιστήμια των ΗΠΑ: το University of Illinois στην πόλη Urbana Champaign και από το California State University στην πόλη Fresno. Ανέλαβε καθήκοντα αναπληρωτή καθηγητή (associate professor) στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του California State University στην πόλη Fresno όπου εργάστηκε από το 1980 μέχρι το 1989. Με τη συνεισφορά του βοήθησε ώστε το πρόγραμμα σπουδών που εργάστηκε να γίνει ένα από τα καλύτερα στις ΗΠΑ. Το 1982 τιμήθηκε με το βραβείο του εξέχοντος καθηγητή (outstanding professor) και το 1984 πήρε προαγωγή στη θέση του καθηγητή και πήρε επίσης μόνιμη θέση (tenure). Στο Φρέσνο της Καλιφόρνιας γνώρισε και παντρεύτηκε την εκλεκτή της καρδιάς του και έκτοτε σύντροφο της ζωής του Ανδρονίκη Καρασμάνογλου από το Βόλο και μαζί απέκτησαν τρία παιδιά. Παιραιτήθηκε από το Πολιτειακό Πανεπιστήμιο της Καλλιφόρνιας όταν είχε εκλεγεί στη θέση του καθηγητή στο Τμήμα Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου όπου υπηρετεί από το 1989 που ανέλαβε καθήκοντα μέχρι σήμερα. Το 1995 Ίδρυσε το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και ΣΓΠ του οποίου είναι διευθυντής μέχρι σήμερα και το οποίο εξόπλισε με σύγχρονη υλικοτεχνική υποδομή και παρέχει τεχνική υποστήριξη σε όλους του Τομείς του Τμήματος Περιβάλλοντος. Το 1998 μαζί με τη βοήθεια συναδέλφων του υπέβαλε πρόταση ΕΠΕΑΕΚ η οποία εγκρίθηκε σαν ΠΣΕ και ιδρύθηκε το Τμήμα της Περιβαλλοντικής Χαρτογραφίας του οποίου υπήρξε πρόεδρος μέχρι το 2001. Στις ΗΠΑ και στην Ελλάδα εκπόνησε πολλά ερευνητικά προγράμματα και έχει πλήθος δημοσιεύσεων σε πρακτικά συνεδρίων και έγκυρων επιστημονικών περιοδικών. Στις δραστηριότητες του συμπεριλαμβάνονται έρευνα και διδασκαλία στην ευρύτερη περιοχή της Τοπογραφίας και σε εξειδικεύσεις όπως είναι η Τηλεπισκόπηση, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και η Πληροφορική. Είναι μέλος του ΤΕΕ από το 1971 και της ASPRS από το 1976.

