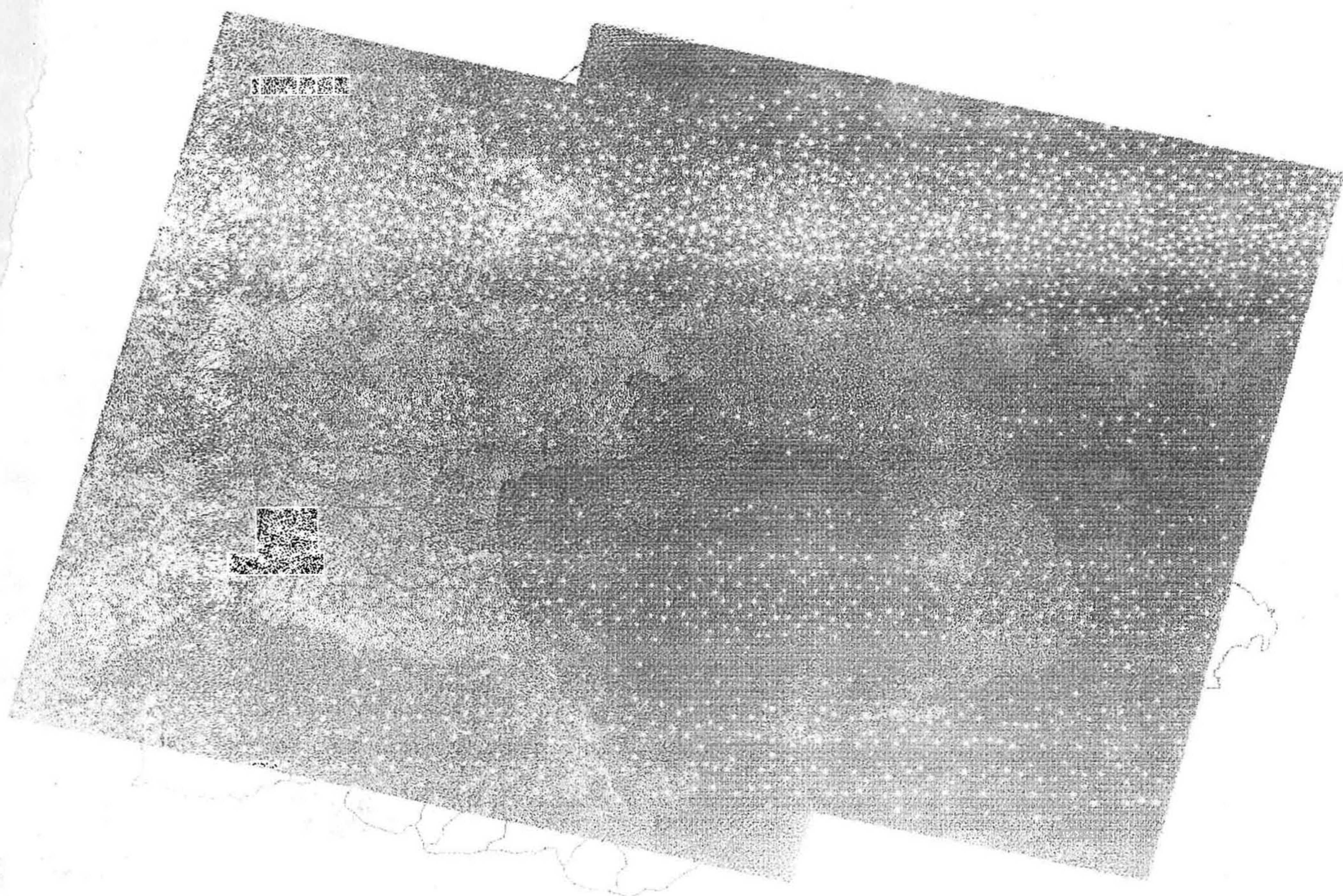


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική Διατριβή:

Διαχείριση Γεωγραφικών Πληροφοριών
με G.I.S και Τηλεπισκόπηση



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

G.I.S. ΚΑΙ ΤΗΛΕΤΙΣΚΟΠΗΣΗ

Κωτίδης Απόστολος, Σαντιμπαντάκης Κωνσταντίνος



Επιβλέποντες Καθηγητές

Δ. Γούσιος

Δ. Οικονόμου

Ν. Σπανίδης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας

ΙΟΥΝΙΟΣ, 1994



αρ. εισ. 89 / ΠΑ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 891/1
Ημερ. Εισ.: 17-09-1997
Δωρεά: Συγγραφείς
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΧΠΠΑ
1994
ΚΩΤ

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
1.1 Γενικά	7
1.2 Τα Γνωστικά Αντικείμενα	7
2. Τηλεπισκόπηση	11
2.1 Εισαγωγή	11
2.2 Βασικές Αρχές	13
2.3 Συμπεριφορά των Βασικών Στοιχείων του Γήινου Περιβάλλοντος	14
2.3.1 Βλάστηση	14
2.3.2 Έδαφος	15
2.3.3 Νερό	15
2.3.4 Αστικός Χώρος	16
2.4 Επεξεργασία της Δορυφορικής Εικόνας	16
2.4.1 Ραδιομετρικές και Γεωμετρικές Διορθώσεις	18
2.4.2 Βελτιστοποίηση Εικόνας	19
2.4.3 Έγχρωμη Απεικόνιση	20
2.4.4 Ταξινόμηση	20
3. Γεωπληροφοριακά Συστήματα	24
3.1 Γενικά	24
3.2 Οι Παραδοσιακές Κανναβικές και Διανυσματικές Δομές	26
4. Ολοκληρωμένο Γεωπληροφοριακό Σύστημα	30
4.1 Γενικά	30
4.2 G.I.S. και Ερμηνεία Εικόνας Δορυφόρου	32
4.3 Διάκριση Δεδομένων - Πληροφορίας	33
4.4 Δομή Δεδομένων και Πληροφορίας	35
4.5 Επεξεργασία Δεδομένων	36
4.6 Τύποι Εκρμών	37
4.7 Συμπέρασμα	37
5. Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών Βασισμένο σε Ψηφιακή Εικόνα	38
6. Περιπτωσιολογική Μελέτη	42

6.1 Εισαγωγή	42
6.1.1 Γενικά.....	42
6.1.2 Μεθοδολογικά Στάδια	43
6.1.3 Εξοπλισμός Εργαστηρίου.....	43
6.2 Η Περίπτωση της Μαγνησίας.....	44
6.2.1 Οι Δορυφορικές Εικόνες	44
6.2.2 Επεξεργασία των Δορυφορικών Εικόνων	45
6.2.3 Παραγωγή Χαρτών	51
6.2.4 Τι Δεν Έγινε.....	51
6.3 Συμπέρασμα.....	52

Πίνακες - Διαγράμματα

Διάγραμμα 1. Τα γνωστικά πεδία που σχετίζονται με το χώρο των γεωγραφικών πληροφοριών. _____	8
Διάγραμμα 2. Τομείς εφαρμογής των Γεωπληροφοριακών Συστημάτων. ____	9
Πίνακας 1. Οι πολιτικοί δορυφόροι που έχουν εκτοξευθεί μέχρι σήμερα. ____	12
Πίνακας 2 Η φασματική συμπεριφορά έξι συστατικών του αστικού τοπίου (ακτινοβολία σε W/m^2sr^1) _____	16
Πίνακας 3. Οι περισσότερο διαδεδομένοι αλγόριθμοι ταξινόμησης ψηφιακών εικόνων. _____	22
Πίνακας 4. Χωρικά φαινόμενα που αναπαρίστανται από ένα G.I.S. _____	25
Διάγραμμα 3. Συνοπτικά η δομή ενός G.I.S. _____	26
Διάγραμμα 4. Η απεικόνιση σε κανναβική δομή σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών φαινομένων. _____	27
Διάγραμμα 5. Η διανυσματική δομή ενός G.I.S. _____	29
Πίνακας 5. Ενδεικτικά σύνολα χωρικών πληροφοριών που μπορεί να περιλαμβάνει ένα Ολοκληρωμένο Γεωπληροφοριακό Σύστημα Σύστημα. ____	31
Διάγραμμα 6. Σχηματική αναπαράσταση ενός Ολοκληρωμένου Γεωπληροφοριακού Συστήματος Βασισμένου σε Ψηφιακή Εικόνα. _____	42

Πρόλογος

Το θέμα που θα μας απασχολήσει στο εξής αποτελεί το αντικείμενο (ίσως, της πρώτης, σίγουρα όμως) μιας από τις πρώτες διπλωματικές διατριβές που παρουσιάστηκαν από φοιτητές του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας. Ο χαρακτηρισμός “πρώτη” δεν εκλαμβάνεται τόσο ως τίτλος τιμής, όσο ως υποχρέωση δημιουργικής παραγωγής ενός αποτελέσματος, το οποίο σίγουρα δεν έχει προηγούμενο.

Δεν πρέπει να θεωρείται παράδοξο το γεγονός ότι τη στιγμή που προκύπτουν αυτές οι γραμμές, οι φιλοδοξίες, οι πραγματικές και οι θεωρητικές δυνατότητες αυτής της εργασίας στα πλαίσια μιας διπλωματικής διατριβής συμπίπτουν. Η διάκριση ανάμεσα σε θεωρητικές και πραγματικές δυνατότητες μιας διπλωματικής διατριβής γίνεται γιατί είναι φανερό ότι η θεματολογία του είδους που μας απασχολεί είναι μια ανεξάντλητη σχεδόν πηγή έρευνας, που θα προσέφερε υλικό για την εκπόνηση μάλλον διδακτορικού παρά μιας διπλωματικής διατριβής ενός εξαμήνου.

Στόχος των διευκρινήσεων αυτών δεν είναι να καλύψουν προκαταβολικά τις όποιες αδυναμίες ή κενά παρουσιαστούν στην εργασία αυτή, αλλά να προδιαθέσουν τον αναγνώστη για μια κριτική αυστηρή μεν καλοπροαίρετη δε, γιατί στις φιλοδοξίες αυτής της διατριβής είναι να υπάρξει ένα προϊόν αξιόλογο και παρουσιάσιμο. Δεν πρέπει, όμως, να αγνοείται ότι ο τομέας που μας απασχολεί δεν είναι ιδιαίτερα ανθηρός στην Ελλάδα, αλλά και σε διεθνή κλίμακα, όσον αφορά την Τηλεπισκόπηση, κάθε μέθοδος και τεχνική που αναπτύσσεται παραμένει σε πειραματικά πλαίσια μέχρι να αποδειχθεί ότι μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά. Και βέβαια, όσον αφορά τα G.I.S. η ερευνητική τους διάσταση δεν είναι καθόλου αμελητέα.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν, μετά από μία κατάλληλη εισαγωγή, παρουσιάζεται (στο Κεφάλαιο Β) η Τηλεπισκόπηση μέσα από τις βασικές αρχές και

Κεφάλαιο Α

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

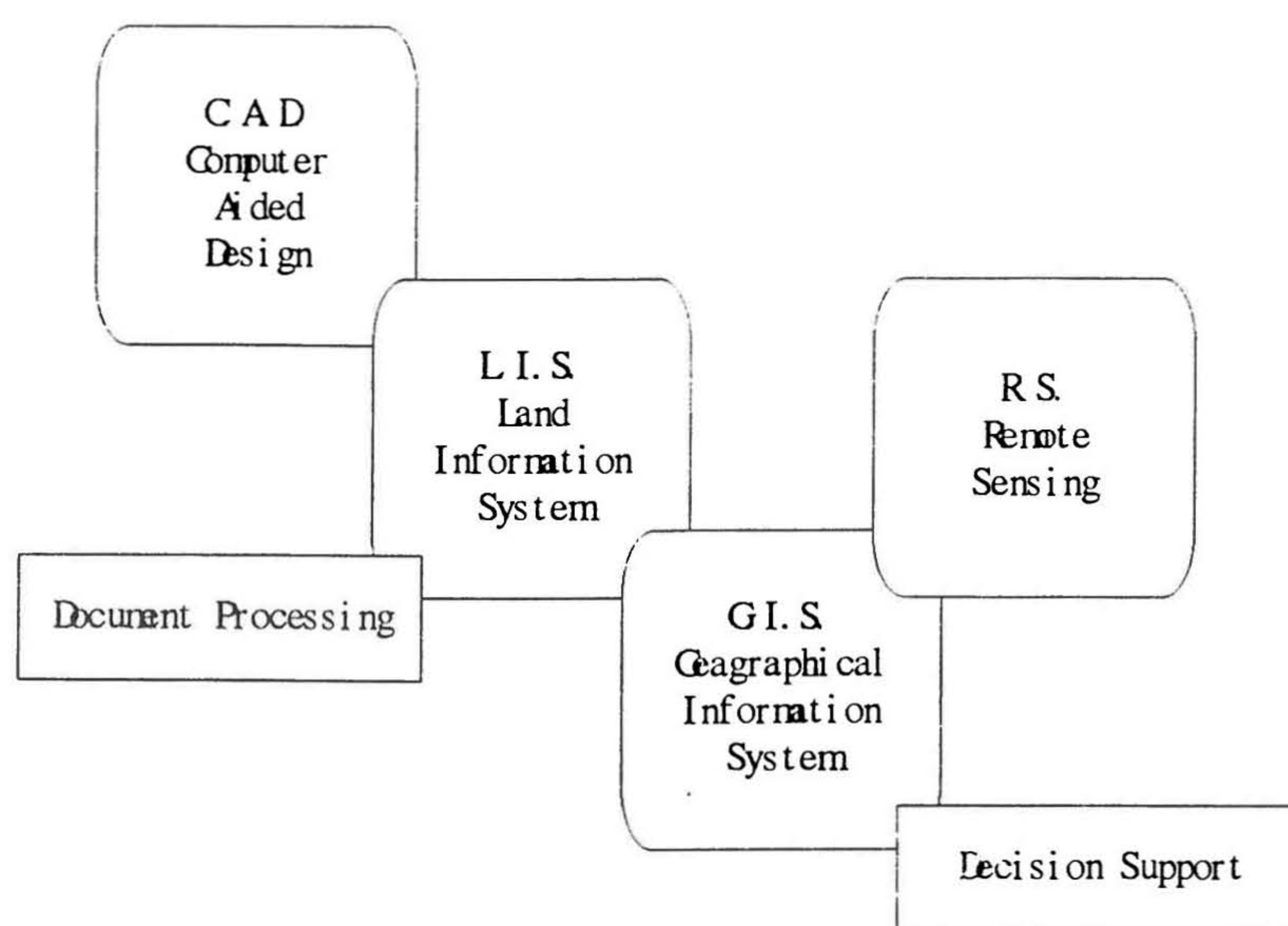
Τόσο τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.) όσο και η Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) αποτελούν, πλέον, τεχνολογίες που δύσκολα αμφισβητούνται. Ανάμεσα στις δύο αυτές τεχνολογίες, όμως, υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές, οι οποίες θέτουν όρια στο πεδίο εφαρμογής της μίας ή της άλλης. Παρόλ' αυτά, δεν υπάρχει σαφής προσδιορισμός των ορίων αυτών, στο βαθμό που κάθε χρήστης είναι σε θέση να διαπιστώσει ότι G.I.S. και Τηλεπισκόπηση είναι γνωστικά πεδία αλληλεξαρτώμενα. Θα μπορούσε να έχει κανείς την αίσθηση ότι και τα δύο δεν αρκούνται στο να υπάρχουν ξεχωριστά, αλλά αποτελούν συνιστώσες μιας μεγαλύτερης οντότητας που βρίσκει εφαρμογή στην ανάλυση και διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών και όπου κανένα από τα δύο δεν είναι το κυρίαρχο. Η ολοκλήρωση, βέβαια συστημάτων που να βασίζονται στη συνεργασία G.I.S. και Τηλεπισκόπησης είναι ακόμα μακριά, παρόλο που κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο να γίνει παρά τα εμπόδια που προκύπτουν από τεχνικούς, θεσμικούς ακόμα και εκπαιδευτικούς περιορισμούς.

1.2 Τα Γνωστικά Αντικείμενα

Έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί του όρου G.I.S.. Ο Goodchild το 1985 είχε ορίσει σαν G.I.S. "...ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης πληροφορίας, σχετικής με φαινόμενα που εξελίσσονται στο γεωγραφικό χώρο".¹ Ωστόσο, σημαντικό μέρος του περιοδικού τύπου ασχολείται με το χώρο αυτό, συντείνοντας στην αναπαραγωγή των συζητήσεων γύρω από το ποια είναι τα χαρακτηριστικά εκείνα που δίνουν στα G.I.S. οντότητα ξεχωριστή από τα

¹ Παρασχάκης, Ι., Παπαδοπούλου, Μ. και Πατιάς, Π., 1990. Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία.

C.A.D. (Computer Aided Design), τα L.I.S. (Land Information Systems), τα G.P.N.S. (Global Positioning Navigation Systems) αλλά και τα λογισμικά Τηλεπισκόπησης.



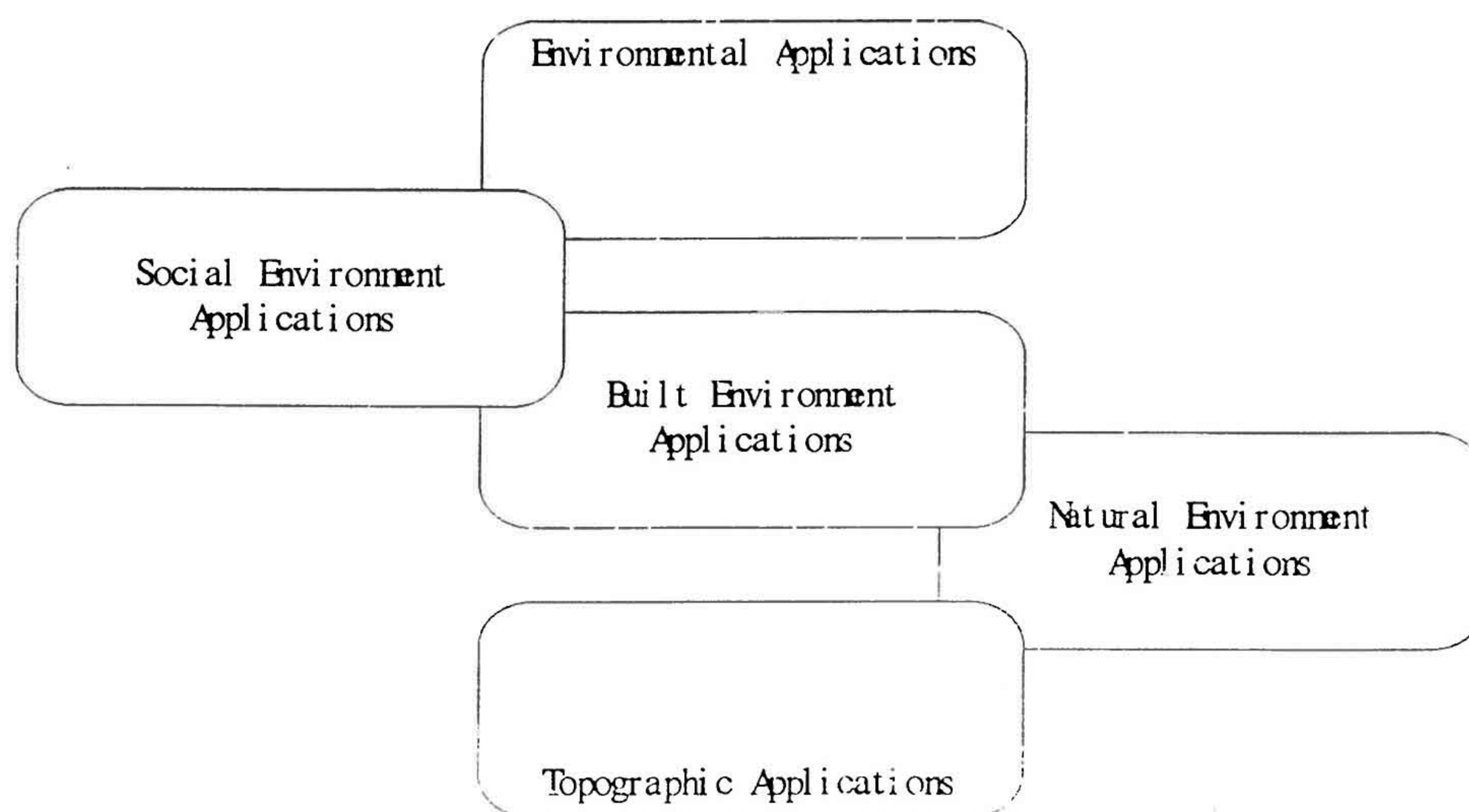
Διάγραμμα 1. Τα γνωστικά πεδία που σχετίζονται με το χώρο των γεωγραφικών πληροφοριών.

Προσπαθώντας να δώσει κανείς ένα περιγραφικό ορισμό του G.I.S., θα έλεγε ότι είναι ένα εργαλείο που, κυρίως, χρησιμοποιείται στη λήψη αποφάσεων. Τα δεδομένα για ένα G.I.S., είτε είναι αποτυπωμένα σε ένα κομμάτι χαρτί, είτε είναι αόρατες καταγραφές σε μαγνητικά μέσα, μπορούν ανά πάσα στιγμή να ενημερωθούν, να μετατραπούν και να επεξεργαστούν με στόχο τη διαμόρφωση στρατηγικών, διαμορφώνοντας μοντέλα της πραγματικότητας.² Πλήρη συστήματα του είδους προσφέρουν διαδικασίες ανάλυσης και σχεδιασμού με σκοπούς είτε ερευνητικούς είτε διαμόρφωσης πολιτικής. Ένα G.I.S. μπορεί να αποτελείται από βάσεις δεδομένων οι οποίες αποδίδουν στις οντότητες είτε χωρικά είτε αχωρικά χαρακτηριστικά, όπως επίσης και από τεχνικές συλλογής στοιχείων και ενημέρωσης των βάσεων, παραγωγής χωρικών αναλύσεων, προσομοίωσης της πραγματικότητας, αξιολόγησης και βελτιστοποίησης. Παρόλο που ο τομέας στον οποίο εστιάζεται το ενδιαφέρον των

² Burrough, P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.

G.I.S. βρίσκεται στην ανάλυση και διαχείριση χωρικών δεδομένων, ένας αυτόνομος και εξελισσόμενος τομέας είναι ο ερευνητικός, με τα δικά του προβλήματα, τις θεωρίες και τις τεχνικές που αναπτύσσονται για να αντιμετωπιστούν αυτά. Σχετικά πρόσφατα, τα συστήματα Τηλεπισκόπησης και τα G.I.S. έχουν εξελιχθεί σε σχεδόν συμπληρωματικά συστήματα στο βαθμό που τα πρώτα τείνουν να αποτελούν μια βασική και πολύ σημαντική πηγή πληροφορίας για τα G.I.S..

Στη δεκαετία του '60 όταν χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ο όρος “τηλεπισκόπηση” αναφερόταν στη διαδικασία παρατήρησης και μέτρησης ενός αντικειμένου χωρίς κανείς να το αγγίξει. Έκτοτε, η εξέλιξη που επείλθε στις μεθόδους Τηλεπισκόπησης την κατέστησαν ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στην υπηρεσία των περιβαλλοντικών επιστημών, της γεωγραφίας, της γεωλογίας, της μετεωρολογίας, της ωκεανογραφίας και -γιατί όχι- της χωροταξίας.



Διάγραμμα 2. Τομείς εφαρμογής των Γεωπληροφοριακών Συστημάτων.

Εάν επιχειρούσε κανείς να συμπυκνώσει εν ολίγοις το τι είναι Τηλεπισκόπηση θα έλεγε ότι είναι η λήψη και η επεξεργασία εικόνων του γήινου περιβάλλοντος που ελήφθησαν με τη χρήση ανιχνευτών ευαίσθητων στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και των οποίων η ερμηνεία αποδίδει πολύτιμες όσο και χρήσιμες πληροφορίες.

Είναι, ίσως, ενδιαφέρον να αναζητηθεί το σε ποιο βαθμό μπορεί η χωροταξία να αποκομίσει σύγχρονες όσο και χρήσιμες τεχνικές και δεδομένα, χωρίς να αμφισβητείται στο σύνολό της η υπάρχουσα κατάσταση. Αναμφισβήτητα, τα G.I.S. ξεπερνώντας, πλέον, το ερευνητικό επίπεδο βρίσκουν εφαρμογή σε τομείς, όπως αυτός του κτηματολογίου, του σχεδιασμού και της διαχείρισης αγαθών (ηλεκτρικό, τηλεπικοινωνίες, ύδρευση) που παρέχονται από δημοσίους οργανισμούς, του σχεδιασμού των μεταφορών, της επιχειρησιακής έρευνας και της χωροθέτησης λειτουργιών. Με δεδομένο, λοιπόν, ότι ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της χωροταξίας την υποχρεώνει να έχει πρόσβαση σε όλους τους παραπάνω τομείς εφαρμογής των G.I.S. δε θα μπορούσε να μείνει μακριά και από την εξέλιξη τους. Ενώ, βέβαια, το κύριο αντικείμενο της χωροταξίας παραμένει εστιασμένο στη χωροταξική ολοκλήρωση και πολυπλοκότητα, η έμφαση από την πλευρά των G.I.S. δίνεται στην ανάλυση και το σχεδιασμό των χωρικών και των αχωρικών οντοτήτων. Γίνεται, έτσι, φανερό η σημασία του ρόλου των G.I.S. στη χωροταξία, περισσότερο από ότι στους προηγούμενους τομείς, καθώς οι όποιες χωροταξικές αναλύσεις και δεδομένα αφορούν συγκεκριμένες γεωγραφικές ενότητες. Αυτό σημαίνει ότι η σχετική πληροφορία στο σύνολό της μπορεί να αποθηκευτεί να διασταυρωθεί και να διαχειριστεί εύκολα με τη βοήθεια ενός G.I.S..

Κεφάλαιο Β

2. Τηλεπισκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών, το γνωστικό αντικείμενο της Τηλεπισκόπησης άλλαξε τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη δομή του. Η μεγαλύτερη ώθηση προς την ανάπτυξη της Τηλεπισκόπησης δόθηκε, ουσιαστικά, εξ αιτίας της ευρείας δημοσιότητας που πήραν οι φωτογραφίες μιας φωτογραφικής μηχανής χειρός που υπήρχε στους δορυφόρους Mercury και Gemini, στη δεκαετία του '60.

Παρόλα αυτά, ορόσημο αποτελεί η εκτόξευση του δορυφόρου Landsat το 1972, που άνοιξε το δρόμο για την Τηλεπισκόπηση, όπως είναι σήμερα γνωστή. Αυτός ο δορυφόρος έφερε ένα σύστημα πολυφασματικής καταγραφής (Multispectral Scanning System (MSS)), που κατέγραφε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ψηφιακή μορφή για τετράγωνες περιοχές της γήινης επιφάνειας, πλευράς 185 χιλιομέτρων, σε τέσσερις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με περίοδο καταγραφής της ίδιας περιοχής 18 ημέρες και χωρική ανάλυση 80 μέτρα (δηλαδή, η περιοχή των 185x185 χιλιομέτρων χωρίζεται σε τετράγωνα στοιχειώδη τμήματα πλευράς 80 μέτρων (celis), όπου αντιστοιχεί μια ψηφιακή τιμή για κάθε μία από τις τέσσερις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, καθορίζοντας ταυτόχρονα και το γεωγραφικό φαινόμενο που απεικονίζεται). Αυτά τα δεδομένα μεταδίδονταν σε επίγειους σταθμούς καταγραφής σε όλο τον κόσμο, ώστε να είναι στη διάθεση των χρηστών. Όμως, χρειάστηκαν κάποιες δεκαετίες για να αντιληφθούν οι δυνητικοί χρήστες τη διαθεσιμότητα τέτοιων δεδομένων.

Σήμερα, υπάρχουν δώδεκα δορυφόροι που αποτυπώνουν τα γήινα φαινόμενα με τους ανιχνευτές τους (Πίνακας 1). Μέχρι τις αρχές της πρώτης δεκαετίας του 21ου αιώνα ο αριθμός αυτός θα έχει αυξηθεί στο σαράντα.

Περιοχή Εφαρμογών	Δορυφόρος
Ξηρά	Landsat SPOT (Systeme Probatoire d' Observation de la Terre) IRS (Indian Remote Sensing satellite) ERS (European Remote sensing Satellite) Fuyo ή JERS (Japanese Earth Resources Satellite)
Ωκεανοί/Ατμόσφαιρα	NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) GEOS (Geostationary Operational Environmental Satellite) GMS (Geostationary Meteorological Satellite) Insat Meteosat MOS (Marine Observational Satellite) UARS (Upper Atmosphere Research Satellite)

Πίνακας 1. Οι πολιτικοί δορυφόροι που έχουν εκτοξευθεί μέχρι σήμερα.

Ο βασικότερος, ίσως, λόγος της σύγχρονης ραγδαίας εξέλιξης στο χώρο της Τηλεπισκόπησης είναι η λειτουργικότητα και η αποτελεσματικότητα της χρήσης της. Τα τελευταία χρόνια οι επαγγελματικές εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης αυξάνονται ραγδαία, όσον αφορά τουλάχιστον στη διεθνή σκηνή, όπου συχνά επιδοτείται, από τις κυβερνήσεις, η χρήση δορυφορικών εικόνων. Η αύξηση αυτή, όμως, δεν αποτελεί έκπληξη αν αναλογιστεί κανείς ότι το κόστος των δεδομένων που προέρχονται από δορυφορικές εικόνες είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος δεδομένων παραδοσιακών πηγών. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των δορυφορικών μετεωρολογικών δεδομένων, το κόστος των οποίων είναι (για την Ευρώπη) στο ένα τρίτο, έναντι αυτών που προέρχονται εξ ολοκλήρου από μετεωρολογικούς σταθμούς εδάφους. Σε ανάλογα επίπεδα κυμαίνεται και το κόστος των δεδομένων χρήσιμων

για την αποτύπωση χρήσεων γης ή για περιβαλλοντικές μελέτες, σε χώρες όπου η τεχνογνωσία των μεθόδων ερμηνείας δορυφορικών εικόνων είναι σε αξιόλογο βαθμό αναπτυγμένη.

2.2 Βασικές Αρχές

Οι ευαίσθητοι στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αισθητήρες των δορυφορικών συσκευών αποτυπώνουν τα φαινόμενα στην επιφάνεια της Γης, στηριζόμενοι σε μια σχέση της μορφής:

$$R = f(x, t, \lambda, \theta)$$

Η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (R), που καταγράφεται από το δορυφόρο είναι συνάρτηση (f) της θέσης (x) που βρίσκεται ο δορυφόρος τη χρονική στιγμή (t) που συμβαίνει η καταγραφή, του συγκεκριμένου μήκους κύματος (λ) που καταγράφεται και της γωνίας λήψης ή “οπτικής γωνίας” (θ). Οι σύγχρονοι δορυφόροι είναι σε θέση να καταγράφουν κατά τη στιγμή της λήψης της εικόνας τις γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης που βρίσκονται, την ακριβή ώρα, ημέρα, μήνα, τη γωνία υπό την οποία λαμβάνεται η ακτινοβολία και φυσικά το μήκος κύματος που γίνεται η καταγραφή.

Ωστόσο, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που καταγράφεται από το δορυφόρο προέρχεται από κάθε σώμα που διέπεται από τις αρχές της θεωρίας του “μέλανος σώματος”. Έτσι, κάθε αντικείμενο στην επιφάνεια της Γης, γίνεται αντιληπτό από το δορυφόρο μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αυτό εκπέμπει, αντανακλά και απορροφά (ηλιακή ακτινοβολία). Κάθε συστατικό του ανθρωπογενούς και του φυσικού περιβάλλοντος έχει συγκεκριμένη συμπεριφορά στις διάφορες φασματικές περιοχές. Ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος είναι δυνατό να καταγραφεί διαφορετική ένταση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται σε μήκη κύματος από $0.03 \cdot 10^{-7}$

10^{-10} m³ - $0.3 \cdot 10^{-10}$ m (ακτίνες γ) έως 3km - 30km (τηλεοπτικά κανάλια). Οι περιοχές εκείνες που ενδιαφέρουν την Τηλεπισκόπηση είναι αυτή της ορατής ακτινοβολίας (με μήκος κύματος από 0.4μm -μπλε- έως 0.7μm -κόκκινο-) και της υπέρυθρης ακτινοβολίας (0.7μm έως 10μm: εγγύς, μέση και θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία).

2.3 Συμπεριφορά των Βασικών Στοιχείων του Γήινου Περιβάλλοντος

Αν ήθελε κανείς να διακρίνει τα κυριότερα στοιχεία που συνθέτουν τόσο το ανθρωπογενές όσο και το φυσικό περιβαλλον στη Γη, θα κατέληγε στη βλάστηση, το έδαφος, το νερό και τον αστικό χώρο. Θα επιχειρήσουμε, στο σημείο αυτό, να περιγράψουμε όσο πιο συνοπτικά γίνεται, τις διακυμάνσεις που παρουσιάζει η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, στην ορατή και την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος, όπως αυτή καταγράφεται για λογαριασμό καθενός από τα παραπάνω στοιχεία.⁴ Ο λόγος που αυτή η περιγραφή θα περιοριστεί μόνο στην ορατή και την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος δεν είναι άλλος από το ότι αυτές είναι οι περιοχές που ενδιαφέρουν τη λήψη και την ερμηνεία δορυφορικών εικόνων.

2.3.1 Βλάστηση

Για να γίνει ευκολότερα κατανοητή η συμπεριφορά της βλάστησης στην ορατή και την υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, αρκεί να ληφθεί υπ' όψιν η δομή ενός μεμονωμένου φύλλου. Γενικά, ένα φύλλο αποτελείται από ινώδη οργανική ύλη, μέσα στην οποία υπάρχουν χρωστικές ουσίες (κυρίως χλωροφύλλη), νερό και αεροσάκοι. Καθένα από τα τρία αυτά συστατικά έχει συγκεκριμένη επίδραση στην ανακλώμενη, απορροφώμενη και εκπεμπόμενη ακτινοβολία από ένα φυτό. Συνεπώς, τα φυτά στην ορατή περιοχή του φάσματος απορροφούν σε μέγιστα ποσοστά την ηλιακή ακτινοβολία (λόγω χλωροφύλλης - φωτοσύνθεσης), όπως επίσης και στην

³ Τα 10^{-10} m είναι 1 Angstrom.

⁴ Curran, P.J., 1986. Principles of Remote Sensing.

περιοχή του υπέρυθρου (λόγω νερού). Αυτό, όμως, που κάνει τη βλάστηση να διακρίνεται, σε δορυφορικές εικόνες, είναι τα μεγάλα ποσοστά ακτινοβολίας που αντανακλά και εκπέμπει στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου.

2.3.2 Έδαφος

Διαφορετική είναι η συμπεριφορά του εδάφους από αυτήν της βλάστησης και ένας επιπλέον λόγος είναι ότι αυτό δε μεταβάλλεται με τους ρυθμούς της βλάστησης στο χρόνο. Αμελητέο είναι το ποσοστό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, συγκρινόμενο με αυτό της ανακλώμενης ή της απορροφόμενης. Η ανομοιογένεια και η πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει κάθε τύπο εδάφους στο βαθμό που περιλαμβάνει στρώματα στερεών, νερού και αέρα καθιστά πολύπλοκη και τη φασματική του συμπεριφορά. Γενικά, όμως, για κάθε τύπο εδάφους ισχύει θετική σχέση ανάμεσα στην αύξηση του μήκους κύματος και το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας, ενώ η πιο χαρακτηριστική, ίσως, περιοχή του φάσματος, για διάκριση του εδάφους από άλλα στοιχεία, είναι αυτή του ερυθρού, λαμβάνοντας υπ' όψιν ταυτόχρονα τη δομή, τη σύσταση και την υγρασία που το χαρακτηρίζουν.

2.3.3 Νερό

Σε αντίθεση με το έδαφος και τη βλάστηση, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που καταγράφεται από το νερό δεν είναι τόσο ανακλώμενη, όσο είναι απορροφώμενη και εκπεμπόμενη. Στην περιοχή των ορατών μηκών κύματος του φάσματος τα ποσοστά ακτινοβολίας που απορροφώνται ή ανακλώνται είναι πολύ μικρά. Το σημαντικότερο μέρος της ακτινοβολίας που καταγράφεται είναι εκπεμπόμενη. Όσον αφορά στα υπέρυθρα μήκη κύματος, το νερό απορροφά στα μέγιστα την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ εκπέμπει ή αντανακλά ελάχιστη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ένας σαφέστατος διαχωρισμός ξηράς από νερό, με τη χρήση υπέρυθρων δεδομένων.

2.3.4 Αστικός Χώρος

Ο αστικός χώρος αποτελείται και από τα τρία προηγούμενα στοιχεία σε τόσο πολύπλοκους συνδιασμούς, που οποιαδήποτε γενίκευση όπως οι παραπάνω θα ήταν παρακινδυνευμένη. Όταν πρόκειται για αστικές περιοχές είναι προτιμότερη η χρήση αεροφωτογραφιών γιατί αυτές προφανώς παρέχουν υψηλότερη χωρική ανάλυση. Παρόλα αυτά και η χρήση πανχρωματικών δορυφορικών εικόνων (που προέρχονται, δηλαδή, από τη μονοδιάστατη καταγραφή της ακτινοβολίας σε ολόκληρο το ορατό και το υπέρυθρο φάσμα) παρέχει ικανοποιητική ανάλυση (10m x 10m για τον SPOT), κι αυτό γιατί η ακτινοβολία που καταγράφεται για τα χαρακτηριστικά στοιχεία του αστικού χώρου: κτίριο, μπετόν, δρόμος παραμένει υψηλή στα ορατά και υπέρυθρα μήκη κύματος, με μια μικρή μόνο φθίνουσα τάση όσο αυξάνεται τα μήκος κύματος (Πίνακας 2).

	Περιοχή		
	Ορατό Πράσινο (0.5μm-0.6μm)	Ηλεκτρομαγνητικού Ορατό Κόκκινο (0.6μm-0.7μm)	Φάσματος Εγγύς Υπέρυθρο (0.7μm-0.8μm)
Κτίριο	8.0	6.8	6.8
Δρόμος	8.4	6.0	5.3
Τσιμέντο	9.6	9.0	8.7
Δέντρο	4.9	2.5	6.0
Γρασίδι	7.6	5.2	8.2
Νερό	6.4	3.0	1.4

Πίνακας 2 Η φασματική συμπεριφορά έξι συστατικών του αστικού τοπίου (ακτινοβολία σε W/m^2sr^{-1})⁵

2.4 Επεξεργασία της Δορυφορικής Εικόνας

Ο καθένας αντιλαμβάνεται τις έννοιες που είναι δυνατό να αποδοθούν στον όρο “εικόνα”. Για τις ανάγκες της τηλεπισκόπησης σαν εικόνα νοείται η αποτύπωση της γήινης επιφάνειας σε δύο διαστάσεις. Στην περίπτωση των αεροφωτογραφιών αναφερόμαστε σε συνεχείς εικόνες δηλαδή που μπορεί κανείς να τις δει και να τις ερμηνεύσει.⁶ Όταν μια εικόνα προέρχεται από δορυφορικό ανιχνευτή είναι σε

⁵ Είναι η μονάδα μέτρησης της ακτινοβολίας: Watt ανά τετραγωνικό μέτρο και steradian (μονάδα μέτρησης της στερεάς γωνίας).

⁶ Curran, P.J., 1986. Principles of Remote Sensing.

ψηφιακή μορφή, κάτι που σημαίνει ότι η πληροφορία έχει καταγραφεί με τη βοήθεια ψηφιακής τεχνολογίας. Οι ψηφιακές εικόνες δεν μπορούν να ειδωθούν στην πρωτογενή τους μορφή, μπορούν όμως να επεξεργαστούν ποσοτικά. Η ψηφιακή εικόνα αποτελείται από στοιχειώδη τμήματα ή pixels (picture elements). Τα pixels χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των κυψελίδων (cells), από τις οποίες αποτελείται η περιοχή της εικόνας. Η αντιστοιχία pixels προς cells μπορεί να είναι και διαφορετική από 1 προς 1. Από αυτήν την αντιστοιχία, άλλωστε, εξαρτάται και το πόσο πιο κοντά ή μακριά (επίπεδο λεπτομέρειας (zoom)), θα φαίνεται ένα τμήμα της περιοχής αυτής (μεγέθυνση ή σμίκρυνση). Σε αντιστοιχία, συνεπώς, με τα cells, καθένα από τα pixels παίρνει τιμές σε μία κλίμακα με εύρος 2^8 (ή 8-bit) που σημαίνει ότι μπορεί να έχει τιμή από 0 έως 255, ανάλογα με την ένταση της ακτινοβολίας του τμήματος της επιφάνειας (cell), που αντιστοιχεί σε αυτό. Οι συντεταγμένες κάθε pixel στο εσωτερικό της εικόνας προσδιορίζονται από τις γραμμές και τις στήλες της εικόνας. Έτσι, το pixel με συντεταγμένες (1,1) είναι το πρώτο της πρώτης γραμμής και της πρώτης στήλης και βρίσκεται πάνω αριστερά. Τα όρια μεταξύ συνεχών και ψηφιακών εικόνων δεν είναι καθόλου αυστηρά στο βαθμό που η μετατροπή δεδομένων από τη συνεχή στην ψηφιακή μορφή και το αντίστροφο είναι στοιχειώδους προϋπόθεση οποιασδήποτε μεθόδου τηλεπισκόπησης. Για παράδειγμα, η αεροφωτογραφία μιας αστικής περιοχής χρειάζεται να μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή για να επεξεργαστεί με τη βοήθεια H/Y και στη συνέχεια να οπτικοποιηθεί και πάλι ώστε να ερμηνευθεί.

Στηριζόμενοι στην ασάφεια του διακριτικού προσδιορισμού συνεχούς και ψηφιακής εικόνας, θεωρούμε ότι αναφερόμενοι στην επεξεργασία των ψηφιακών δορυφορικών είναι δυνατό να καλύψουμε μια σημαντική περιοχή του χώρου της επεξεργασίας εικόνων της γήινης επιφάνειας.

Υπάρχουν πολλές κατευθύνσεις/τεχνικές επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων. Αυτές όμως που αφορούν την συγκεκριμένη ανάλυση είναι οι ραδιομετρικές και γεωμετρικές διορθώσεις, η βελτιστοποίηση της εμφάνισης της εικόνας με συγκεκριμένο στόχο, η έγχρωμη απεικόνιση και η ταξινόμηση της πληροφορίας της εικόνας σε κατηγορίες.

2.4.1 Ραδιομετρικές και Γεωμετρικές Διορθώσεις

Οι ραδιομετρικές διορθώσεις που χρειάζεται να γίνουν σε μια ψηφιακή εικόνα αφορούν στην απενεργοποίηση παραγόντων των οποίων η επίδραση είναι γνωστή, όπως η καμπυλότητα της Γης και η μη γραμμική λειτουργία των ανιχνευτών του δορυφόρου. Στόχος των ραδιομετρικών διορθώσεων είναι να αποκαταστήσουν μια γραμμική σχέση ανάμεσα στην αύξηση των τιμών των pixels (στην κλίμακα 0-255) και στην αύξηση της έντασης της καταγραφόμενης ακτινοβολίας. Αυτό πρέπει να γίνει, γιατί οι ανιχνευτές των δορυφόρων αποδίδουν μη γραμμικές σχέσεις, ενισχύοντας έτσι την πολυπλοκότητα της ερμηνείας μίας εικόνας.

Οι γεωμετρικές διορθώσεις μιας εικόνας γίνονται για μεγάλο αριθμό λόγων, όπως η εξάλειψη προβλέψιμων σφαλμάτων δειγματοληψίας που προκύπτουν από μεταπτώσεις στην ακτίνα περιστροφής του δορυφόρου, η αλλαγή της προβολής μιας εικόνας με στόχο την παραγωγή στερεοσκοπικού ζεύγους εικόνων, η παραμόρφωση μιας εικόνας με στόχο την προσαρμογή της σε κάποια άλλη εικόνα ή κάποιο χάρτη. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος που ακολουθείται από τους χρήστες για να γίνουν οι γεωμετρικές διορθώσεις είναι η εξ ολοκλήρου αναπροσαρμογή της εικόνας σε μια νέα βάση. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικά σημεία που είναι κοινά ανάμεσα στην εικόνα και τη νέα βάση. Αυτά τα σημεία λέγονται σημεία ελέγχου, επιλέγονται έτσι ώστε να ξεχωρίζουν από το περιβάλλον τους και είναι συνήθως διασταυρώσεις οδικών αρτηριών, ακρωτήρια, αεροδιάδρομοι κ.α.. Τα σημεία ελέγχου αναγνωρίζονται στην εικόνα από τις συντεταγμένες γραμμής - στήλης (x,y),

ενώ στη νέα βάση από τις γεωγραφικές συντεταγμένες (φ,λ). Ανάμεσα στις συντεταγμένες x,y και φ,λ διαμορφώνονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων συναρτήσεις της μορφής:

$$x=f_1(\varphi,\lambda)$$

$$y=f_2(\varphi,\lambda)$$

Με βάση τις παραπάνω σχέσεις, ο H/Y είναι σε θέση να προχωρήσει στη δημιουργία μιας νέας εικόνας, γεωμετρικά διορθωμένης και με τις ορθές γεωγραφικές συντεταγμένες, με ακρίβεια ± 1 pixel.

2.4.2 Βελτιστοποίηση Εικόνας

Προκειμένου να γίνουν ορατά, στην ψηφιακή εικόνα ορισμένα συγκεκριμένα σημεία για τις ανάγκες κάποιας ανάλυσης, είναι δυνατό να παρεμβληθούν οι παρακάτω διαδικασίες επεξεργασίας μιας ψηφιακής εικόνας.

Αρχικά, μπορεί να μεταβληθεί η σχέση μεταξύ της φωτεινότητας του pixel και της έντασης της ακτινοβολίας, που αντιστοιχεί σε αυτό. Έτσι, τα pixels με μικρές τιμές έντασης ακτινοβολίας στην κλίμακα 0 - 255 μπορούν να φαίνονται λιγότερο φωτεινά από τα pixels με μεγαλύτερες τιμές. Μια τέτοιου είδους επεξεργασία είναι δυνατό να κάνει να διακρίνονται με μεγαλύτερη ευχέρεια οι περιοχές που είναι καλυμμένες με βλάστηση από τις υπόλοιπες, για παράδειγμα.

Στη συνέχεια, είναι δυνατό να διεξαχθούν αριθμητικές πράξεις ανάμεσα στα μεγέθη ακτινοβολίας που καταγράφονται σε διαφορετικά μήκη κύματος. Έτσι, για παράδειγμα, θα μπορούσε με κατάλληλη διαμόρφωση μίας σχέσης ανάμεσα στα μεγέθη της ακτινοβολίας που έχουν καταγραφεί σε διαφορετικές περιοχές του φάσματος να εξαχθεί ένας δείκτης αστικοποίησης, κάτι που θα απλοποιούσε σε σημαντικό βαθμό την πολυπλοκότητα της σύνθεσης των αστικών περιοχών, στην προσπάθεια ερμηνείας μιας εικόνας.

2.4.3 Έγχρωμη Απεικόνιση

Το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται περισσότερα χρώματα από τόνους του γκρι. Άρα, η έγχρωμη απεικόνιση μιας εικόνας είναι χρήσιμη στο βαθμό που αυξάνει σημαντικά την ποσότητα της πληροφορίας μιας ψηφιακής εικόνας που μπορεί να οπτικοποιηθεί. Η έγχρωμη απεικόνιση μπορεί να γίνει είτε με ψευδόχρωμη απεικόνιση μιας μόνο φασματικής περιοχής, είτε με κανονική χρωματική σύνθεση, αντιστοιχίζοντας στα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε) από μία φασματική περιοχή της ίδιας εικόνας. Οι διαφορετικές τιμές που καταγράφονται για το ίδιο κομμάτι γης σε κάθε φασματική περιοχή έχει σαν αποτέλεσμα τη σύνθεση ενός χρώματος, με βάση τα παραπάνω τρία. Για παράδειγμα, αν ένα κομμάτι γης έχει τιμή 50 (στην κλίμακα 0-255) στη φασματική περιοχή που αντιστοιχεί στο ορατό πράσινο, 70 στο ορατό κόκκινο και 180 στο εγγύς υπέρυθρο και αν η φασματική περιοχή του ορατού πράσινου απεικονισθεί με μπλε, του ορατού κόκκινου με κόκκινο και του εγγύς υπέρυθρου με πράσινο, τότε το συγκεκριμένο κομμάτι γης θα πάρει το χρώμα που προκύπτει από την ανάμιξη 17% μπλε, με 23% κόκκινο και 60% πράσινο.

2.4.4 Ταξινόμηση

Όπως μπορούν να προκύψουν διαμερίσματα στο εσωτερικό μιας γεωγραφικής περιοχής με βάση τη γεωλογία της, τη χλωρίδα της ή τον πληθυσμό της, το ίδιο μπορεί να συμβεί και με βάση τη συμπεριφορά της στις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Μια δημοφιλής μέθοδος ταξινόμησης είναι η ομαδοποίηση περιοχών της εικόνας που έχουν παρόμοιες τιμές pixel, διαιρώντας το ιστόγραμμα κατανομής της πληροφορίας στην κλίμακα 0 - 255, σε περιοχές όπου γίνεται φανερό ότι αντιστοιχούν σε διαφορετική κάλυψη του εδάφους.

Μια αποτελεσματικότερη αλλά και περισσότερο χρονοβόρα μέθοδος ταξινόμησης είναι η καθοδηγούμενη ταξινόμηση, υπό την έννοια ότι ο αναλυτής

ορίζει (επεμβαίνοντας στην εικόνα) το ποιές θα είναι οι κατηγορίες στις οποίες θα κατανεμηθεί η πληροφορία, αλλά και το τι είδους πληροφορία θα περιλαμβάνει κάθε κατηγορία. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των περιοχών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που θα χρησιμοποιηθούν, γιατί η χρησιμοποίηση περιοχών του φάσματος με υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, μάλλον αυξάνει τη διάρκεια της διαδικασίας παρά την ακρίβεια του αποτελέσματος. Θα πρέπει, επίσης, να γίνει σχολαστική διαμόρφωση των περιοχών - δειγμάτων με βάση τις οποίες θα αποφασιστεί η κάθε κατηγορία.

Υπάρχουν πέντε ευρέως διαδεδομένοι αλγόριθμοι βάσει των οποίων αποφασίζεται σε ποιά κατηγορία θα ταξινομηθεί κάθε pixel. Θεωρούμε ότι ο Πίνακας 3 δείχνει αρκετά συνοπτικά αλλά και ουσιαστικά τα χαρακτηριστικά καθενός από τους αλγόριθμους και άρα η περαιτέρω εμβάθυνση δε βρίσκεται τόσο επί του παρόντος, όσο είναι η αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας του αποτελέσματος μιας διαδικασίας ταξινόμησης.⁷ Η άριστη αλλά και μη πραγματοποιήσιμη μέθοδος θα ήταν να διαπιστωθεί με επί τόπου παρατήρηση το αν ορθώς κάθε pixel ταξινομήθηκε στην αντίστοιχη κατηγορία. Ωστόσο, αυτό είναι δυνατό να συμβεί για ορισμένα μεν, χαρακτηριστικά και αντιπροσωπευτικά δε, pixel από όλη την εικόνα.

Αλγόριθμος Ταξινόμησης	Περιγραφή
Maximum Likelihood	Ταξινομεί με βάση την απόσταση, σταθμισμένη με τον πίνακα συνδιακύμανσης των μέσων όρων των κατηγοριών και με την πιθανότητα που έχει το pixel να ανήκει σε αυτήν την κατηγορία.
Minimum Distance	Ταξινομεί κάθε pixel στην κατηγορία, από της οποίας το μέσο όρο, απέχει τη μικρότερη απόσταση.

⁷ De Jong, S.M., 1990. Integration of Remotly Sensed and G.I.S. Data to Determine SPOT Classification Accuracy.

Haemers, P.B.M., 1990. Integration of G.I.S. and Remote Sensing Data: Accuracy Assesment.

Minimum Distance (Std. Deviation)	Ταξινομεί κάθε pixel στην κατηγορία, από της οποίας το μέσο όρο απέχει τη μικρότερη απόσταση εκφρασμένη σε τυπικές αποκλίσεις.
Parallelepiped	Κάθε pixel ταξινομείται στην πρώτη κατηγορία ανάμεσα στις οποίας το μέγιστο και ελάχιστο έχει βρεθεί.
Mahalanobis	Ταξινομεί κάθε pixel στην κατηγορία, από της οποίας το μέσο όρο απέχει τη μικρότερη απόσταση, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπ' όψη και την ακτινική διασπορά των δεδομένων των κατηγοριών χρησιμοποιώντας τον πίνακα συνδιακύμανσης των μέσων όρων.

Πίνακας 3. Οι περισσότερο διαδεδομένοι αλγόριθμοι ταξινόμησης ψηφιακών εικόνων.

Για να υπολογιστεί η ακρίβεια μιας ταξινόμησης δεν αρκεί ο απλουστευτικός συλλογισμός, όπου αν π.χ. στο σύνολο των 50 pixels μιας κατηγορίας τα 45 έχουν ταξινομηθεί σωστά τότε η ταξινόμηση έχει ακρίβεια 90%. Θα πρέπει να γίνει αναδρομή στη θεωρία των πιθανοτήτων και τους αντίστοιχους στατιστικούς πίνακες επιπέδων εμπιστοσύνης, απ' όπου προκύπτει ότι για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% οι 45 σωστές προβλέψεις στις 50 μπορούν να επιτευχθούν με ακρίβεια από 78.6% έως 95.7%.

Η ακρίβεια της ταξινόμησης αυξάνεται όσο λιγότερες είναι οι κατηγορίες στις οποίες πρέπει να ταξινομηθούν τα pixels. Επίσης, οι ταξινομήσεις που διενεργούνται για εικόνες με χαμηλή χωρική ανάλυση έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Όσο παράδοξο και αν φαίνεται αυτό είναι προφανές ότι μία περιοχή που αποτελείται από πολύπλοκο συνδυασμό στοιχείων της επιφάνειας της Γης (π.χ. ένας αστικός χώρος) θα απεικονιζόταν με σαφώς λιγότερα pixels σε μια εικόνα με χωρική ανάλυση (μέγεθος cell!) 30m x 30m απ' ότι σε μία άλλη χωρικής ανάλυσης 10m x 10m. Αυτό σημαίνει ότι τα pixels, που αντιστοιχούν σε cells πλευράς 30m έχουν περισσότερες πιθανότητες να ταξινομηθούν σωστά.

Η ταξινόμηση της ψηφιακής εικόνας έχει βαρύνουσα σημασία για την ανάλυσή μας γιατί είναι ο αντιπροσωπευτικότερος συνδετικός κρίκος της Τηλεπισκόπησης με τα G.I.S.. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης είναι (σγκρινόμενο με την πρωτότυπη

εικόνα) ένα εύχρηστο αρχείο που φέρει συμπυκνωμένη την πληροφορία που είναι απαραίτητη για τις ανάγκες μιας συγκεκριμένης μελέτης. Στα επόμενα θα επιχειρήσουμε να δώσουμε απτή μορφή σε μία ιδέα χαρακτηριστικότερη συνθήκη της οποίας είναι ο συνδυασμός Τηλεπισκόπησης, G.I.S. και Χωροταξίας.

Κεφάλαιο Γ

3. Γεωπληροφοριακά Συστήματα

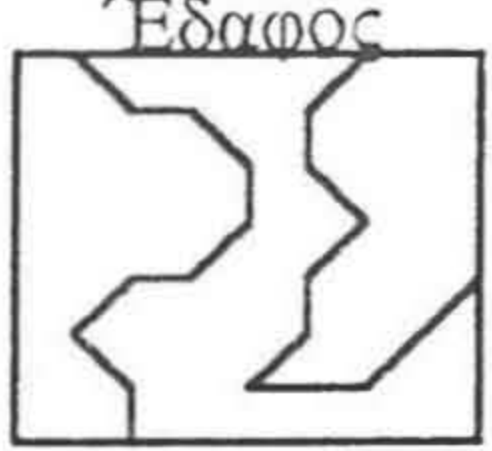
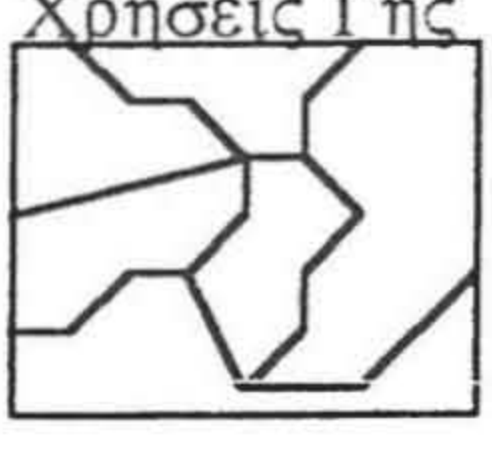
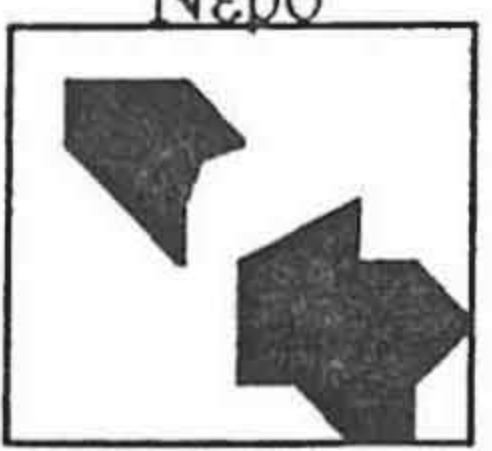
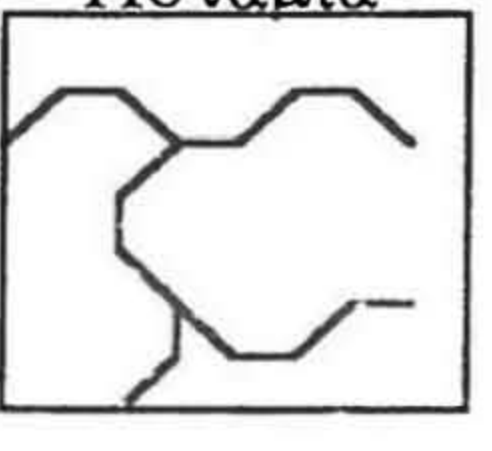
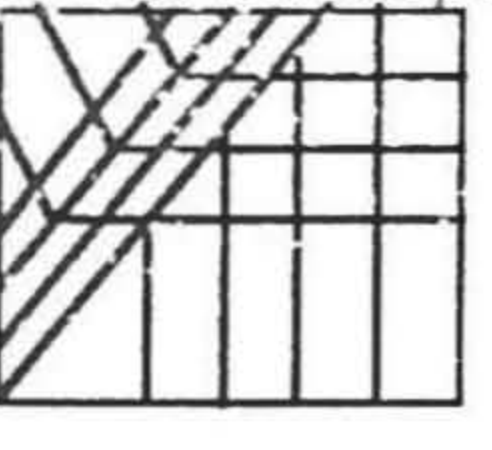
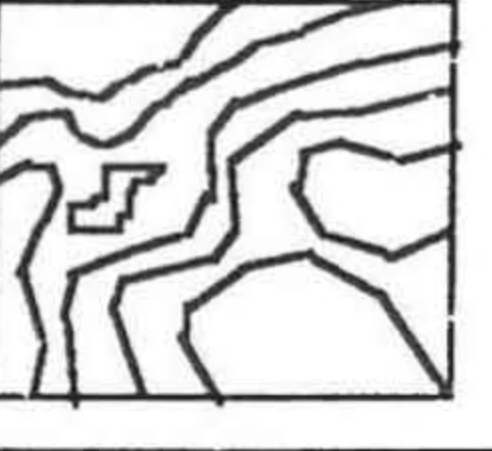
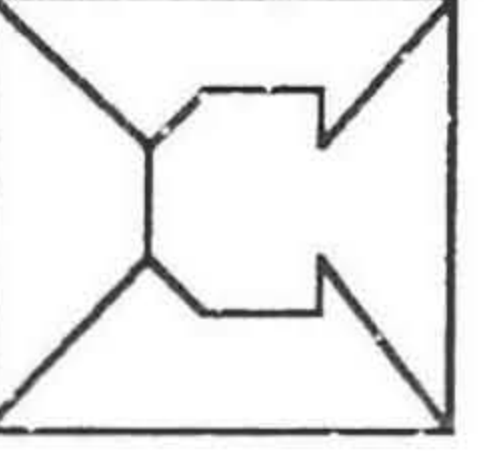
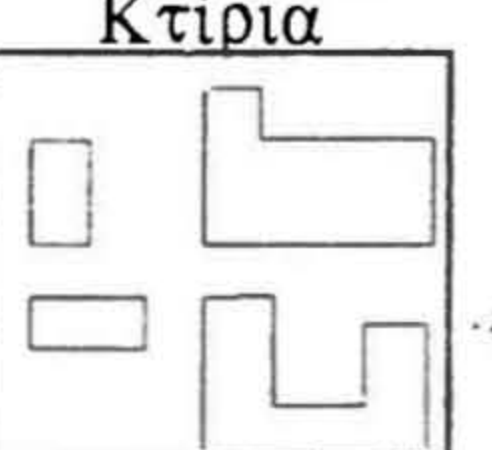
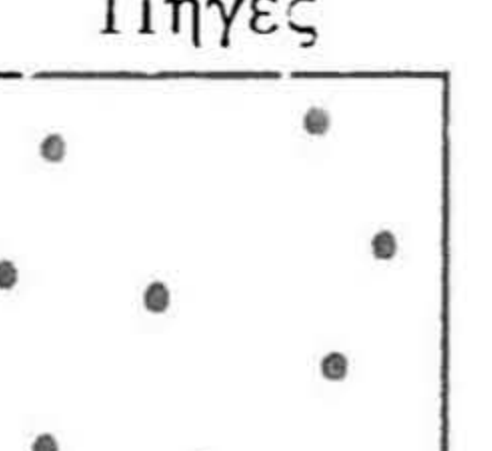
3.1 Γενικά

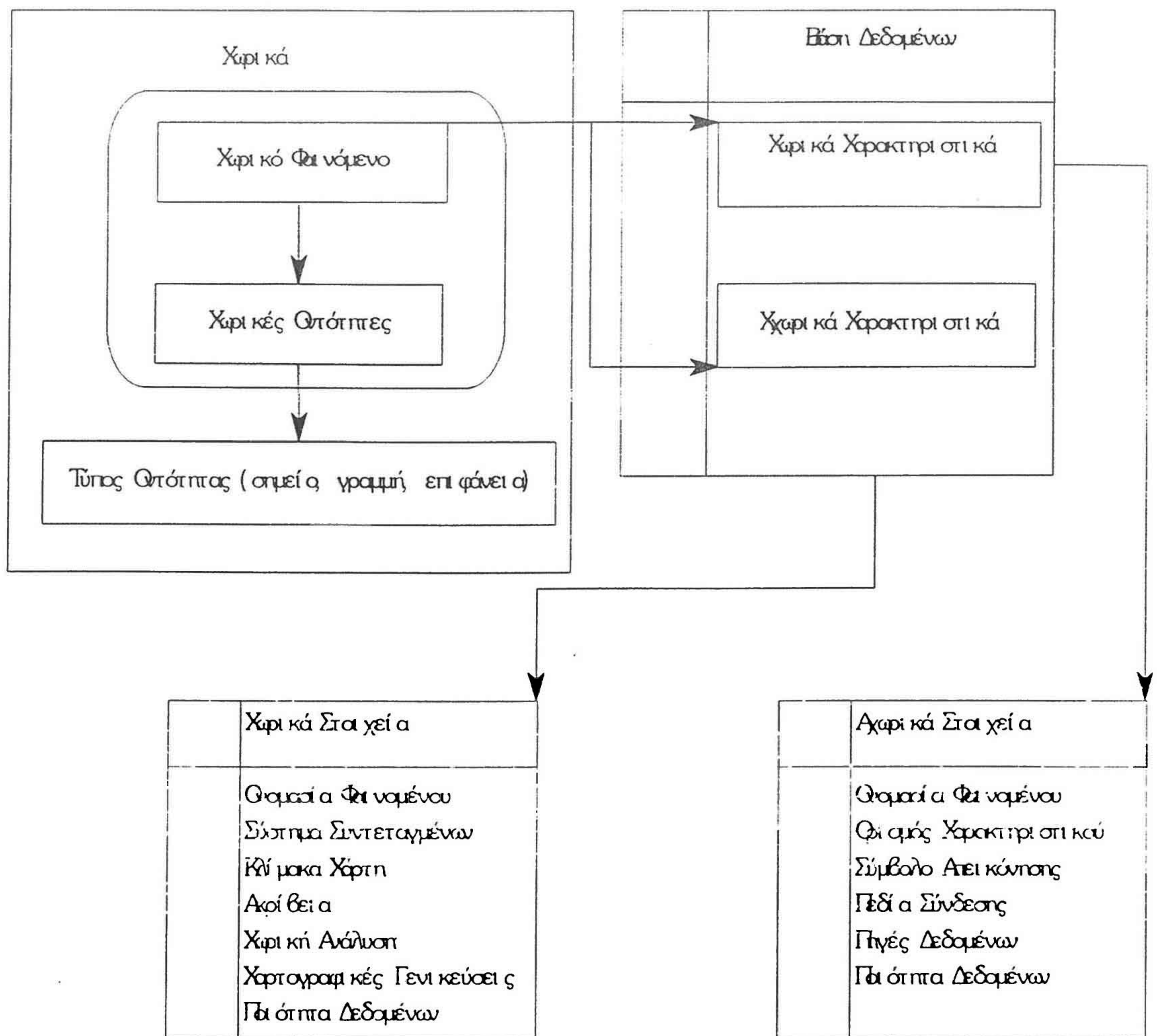
Στο χώρο των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.) ή Γεωπληροφοριακών Συστημάτων έχουν αναπτυχθεί δύο εναλλακτικές μέθοδοι αποθήκευσης χωρικών δεδομένων: α) τα χωρικά στοιχεία θεωρούνται/αναγνωρίζονται έχοντας σαν βασικό προσδιορισμό τη θέση που αυτά κατέχουν στο χώρο και β) η θέση κάποιου χωρικού στοιχείου αναγνωρίζεται από ένα σύνολο αχωρικών χαρακτηριστικών που αναφέρονται σε αυτό.

Αυτές οι δύο εναλλακτικές δομές των G.I.S. έχουν οδηγήσει στην ανάγκη χρησιμοποίησης δύο θεμελιωδών δομικών στοιχείων, τα οποία στη διεθνή βιβλιογραφία αποκαλούνται “vector” και “raster” αντίστοιχα. Εμείς διατρέχοντας κάποιον παραφραστικό κίνδυνο θα χρησιμοποιούμε στο εξής τις έννοιες: “διάνυσμα” και “κάνναβος” αντίστοιχα.

Όσο οι τομείς εφαρμογής των G.I.S. διευρύνονται, τόσο γίνεται και πιο επιτακτική η ανάγκη συσχέτισης διανυσματικού και κανναβικού G.I.S. προς ένα ολοκληρωμένο G.I.S.. Η ανάγκη αυτή γίνεται φανερή όχι μόνο από τη διαφορετική χρήση μαθηματικών αλγορίθμων, από τις διαφορετικές υπολογιστικές προδιαγραφές και τις απαραίτητες συσκευές απεικόνισης αλλά και από την ανομοιογένεια και τη σε μεγάλη έκταση διαφοροποίηση του είδους της πληροφορίας που απαιτείται για την επαρκή περιγραφή ενός προβλήματος. Επιπλέον, οι κατασκευαστές λογισμικών G.I.S. αναπτύσσουν αξιόπιστα μέσα διαχείρισης διαφορετικού τύπου δεδομένων και οι χρήστες γίνονται περισσότερο ικανοί να καθορίσουν τη μορφή των απαιτήσεών τους σε δεδομένα. Στη συνέχεια η ανάλυσή μας θα επικεντρωθεί στην ταυτόχρονη χρησιμοποίηση και των δύο τύπων δεδομένων στα πλαίσια ενός λειτουργικού G.I.S..

Πίνακας 4. Χωρικά φαινόμενα που αναπαρίστανται από ένα G.I.S.

	Χωρικό Φαινόμενο	Τρόπος Απεικόνισης	Αχωρικά Χαρακτηριστικά
<p>Έδαφος</p> 	Τύπος Εδάφους	Περιοχές	Υλικά Σύνθεση Κλίση Βάθος Διάβρωση
<p>Χρήσεις Γης</p> 	Εδαφοκάλυψη	Περιοχές	Κυρίαρχες Χρήσεις Πυκνότητα Βλάστησης
<p>Νερό</p> 	Υγροί Όγκοι Λίμνες Δεξαμενές	Περιοχές	Τύπος Ονομασία
<p>Ποτάμια</p> 	Ποτάμια Ρέματα	Γραμμές	Τύπος Ονομασία Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά
<p>Δίκτυα Υποδομών</p> 	Οδικό Σιδηροδρομικό Υδρευσης Ηλεκτρικού	Γραμμές	Τύπος Κατάσταση Φέρουσα Ικανότητα
<p>Υψομετρικές</p> 	Υψομετρικές Μεταπτώσεις	Επιφάνειες	
<p>Ιδιοκτησίες</p> 	Οικόπεδα Κλήροι Ιδιοκτησίας	Περιοχές	Ιδιοκτήτης Διεύθυνση Όροι Δόμησης
<p>Κτίρια</p> 	Κατόψεις Κτιρίων	Περιοχές	Τύπος Κτιρίου Φωτογραφία Διεύθυνση
<p>Πηγές</p> 	Γεωτρήσεις Αντλίες	Σημεία	Βάθος Τύπος Αντλίας Όνομα Παροχή



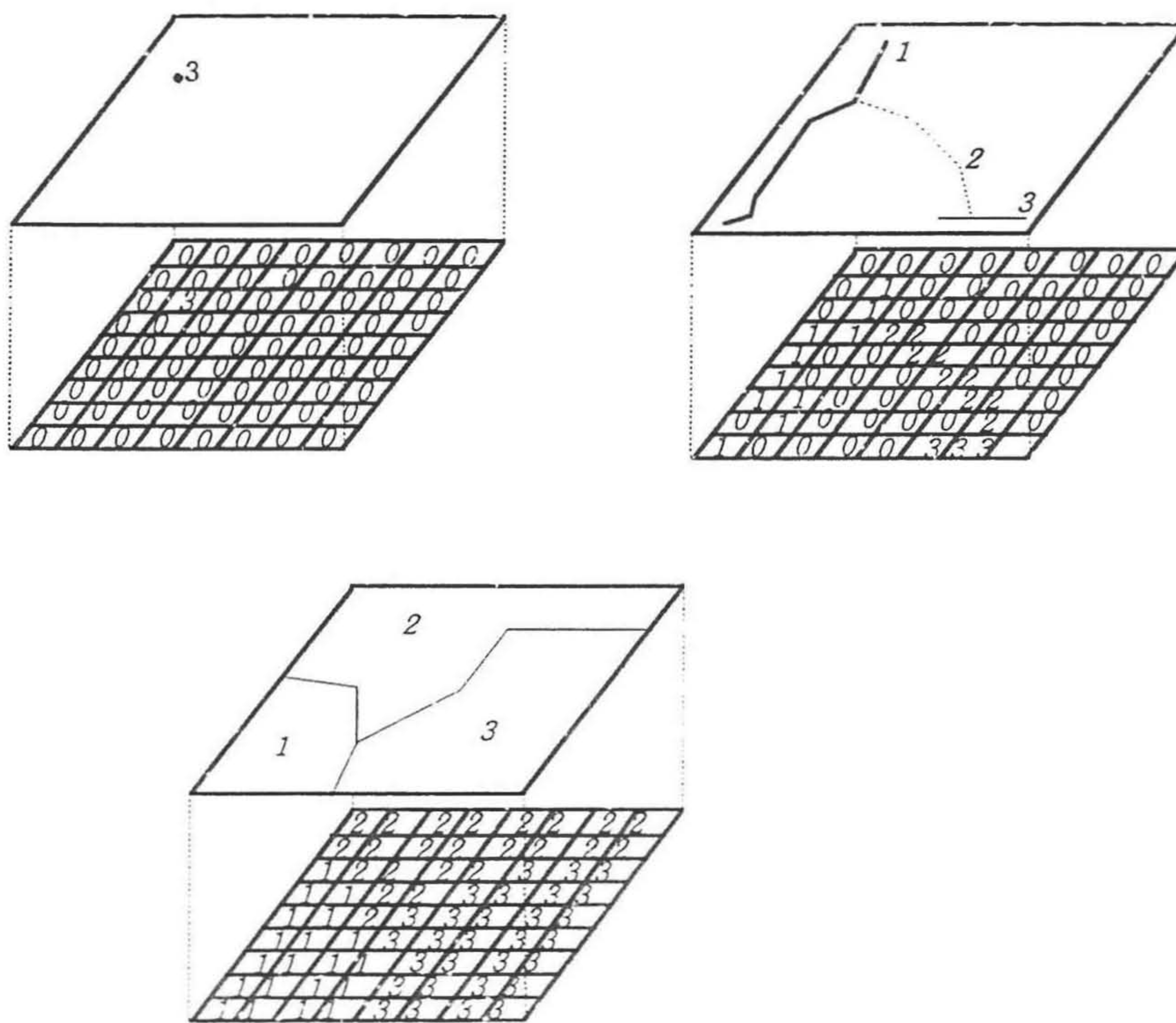
Διάγραμμα 3. Συνοπτικά η δομή ενός G.I.S.

Προκειμένου να αποδώσουμε αυτήν ακριβώς την έννοια της ταυτόχρονης χρήσης και των διανυσματικών και των κανναβικών μορφών δεδομένων θα επιχειρήσουμε να δώσουμε τη θεωρητική μορφή ενός Ολοκληρωμένου Γεωπληροφοριακού Συστήματος (Integrated Geographical Information System).

3.2 Οι Παραδοσιακές Κανναβικές και Διανυσματικές Δομές

Στο βαθμό που μπορεί κανείς να αναφέρεται σε παράδοση μιας τεχνολογίας ηλικίας λίγων μόνο δεκαετιών, αυτή επιδεικνύει ότι η δομή ενός G.I.S. έχει μία συγκεκριμένη βάση διανυσματική ή κανναβική, με μία ακολουθία μαθηματικών

αλγορίθμων που πραγματικά ταιριάζουν σε αυτήν τη δομή. Παραδοσιακά, λοιπόν, τα διανυσματικά και τα κανναβικά συστήματα θεωρούνται αυστηρά ξεχωριστά και αυτόνομα, αφού οι αλγόριθμοι του ενός δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν στον τύπο των δεδομένων του άλλου. Κάτι που συντείνει στον πλήρη διαχωρισμό των δύο ειδών συστημάτων είναι οι απαιτήσεις των κανναβικών σε μνήμη H/Y, τόσο για την αποθήκευση όσο και για τη διαχείριση των τεράστιων αρχείων που προκύπτουν με αυτήν τη μορφή. Όμως, και τα διανυσματικά συστήματα παρόλο που συγκριτικά έχουν ελάχιστες απαιτήσεις σε μνήμη για αποθήκευση, όταν πρόκειται για χωρικές αναλύσεις απασχολούν στο σύνολό της την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (C.P.U.) του H/Y. Παρόλ' αυτά τα τελευταία αναβαθμισμένα υπολογιστικά συστήματα είναι δυνατό να παρέχουν τις απαραίτητες λύσεις, ώστε να εξυπηρετούνται τόσο τα κανναβικά όσο και τα διανυσματικά εργαλεία.



Διάγραμμα 4. Η απεικόνιση σε κανναβική δομή σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών φαινομένων.

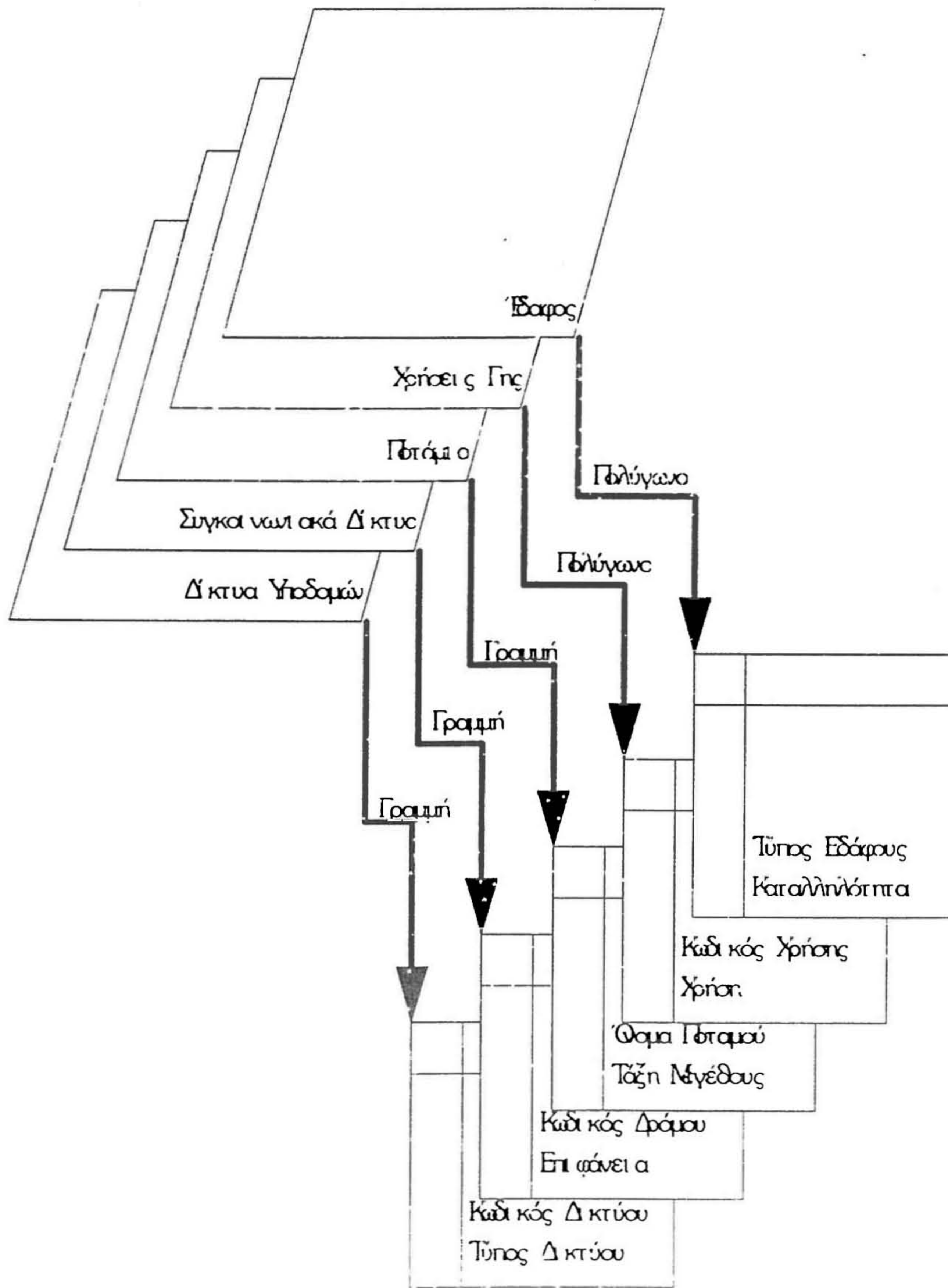
Είναι φανερό ότι τη στιγμή που τα χωρικά φαινόμενα δεν υφίστανται μοναδικά δεν είναι δυνατό να αποδίδονται με μία μόνο συγκεκριμένη δομή δεδομένων. Συγκεκριμένοι τύποι χωρικών στοιχείων αποδίδονται καλύτερα με κανναβική δομή πληροφορίας, ενώ άλλοι με διανυσματική. Η επιλογή του κατάλληλου τρόπου απεικόνισης κάποιου χωρικού στοιχείου δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι στοιχεία που χαρακτηρίζονται από επιφανειακή συνέχεια (π.χ. χρήσεις γης, υψομετρική κλιμάκωση) αποδίδονται καλύτερα σε κανναβική μορφή, ενώ τα σημειακά και τα γραμμικά φαινόμενα (π.χ. οικισμοί σε πολύ μικρές κλίμακες, όρια ιδιοκτησιών) αναπαρίστανται αποτελεσματικότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια σε διανυσματική μορφή.

Προφανώς, ένα G.I.S., το οποίο θα εκμεταλευόταν τα πλεονεκτήματα και των δύο δομικών μορφών θα είχε την απόλυτη ισχύ. Ιδιαίτερα δε, όταν κάποιος χρήστης έχει την ανάγκη εκμετάλευσης χωρικών στοιχείων τα οποία είναι ανιχνεύσιμα και διακριτά στην επιφάνεια της Γης με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης. Αυτός ο ισχυρισμός μπορεί να στηριχθεί στα παρακάτω επιχειρήματα:

- I. η ομοιομορφία μεταξύ και στο εσωτερικό των δορυφορικών εικόνων καθιστά πολύ εύκολα εφαρμόσιμη τη συγκριτική διαχωρική όπως και διαχρονική ανάλυση,
- II. η έγκαιρη και ταχεία καταγραφή των δορυφορικών δεδομένων προσφέρει δυνατότητες αποτύπωσης προσφάτων ή ραγδαία εξελισσόμενων φαινομένων,
- III. η δομή της πληροφορίας των δορυφόρων είναι απλή διευκολύνοντας έτσι τη γρήγορη αξιόπιστη ανάλυση,
- IV. για ορισμένες γεωγραφικές περιοχές, οι δορυφορικές εικόνες είναι, ίσως, ο μοναδικός τρόπος συλλογής πληροφορίας.

Όσον αφορά στη διανυσματική δομή απεικόνισης εκτός από τη συμπυκνωμένη ορφή των δεδομένων, η χρήση της έχει και τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- I. πολύ ακριβής γραφική αναπαράσταση,
- II. ισχυρά εργαλεία δημιουργίας δεσμών ανάμεσα στα χωρικά και τα αχωρικά χαρακτηριστικά των χωρικών φαινομένων,
- III. ικανότητα δημιουργίας δικτύων μέσω της συγκεκριμένης δομής, που βασίζεται στο κτίσιμο τοπολογίας για κάθε στοιχείο.



Διάγραμμα 5. Η διανυσματική δομή ενός G.I.S.

Κεφάλαιο Δ

4. Ολοκληρωμένο Γεωπληροφοριακό Σύστημα

4.1 Γενικά

Η ταυτόχρονη χρήση διανυσματικών και κανναβικών δεδομένων δε θα μπορούσε να μείνει μακριά από τις τεχνικές και τα αντίστοιχα λογισμικά Τηλεπισκόπησης. Ο λόγος είναι ότι (όπως έχει και προηγουμένως αναφερθεί) οι εκροές των τεχνικών αυτών αποτελούν μια σημαντική και προνομιούχο πηγή δεδομένων. Επιστρέφουμε, λοιπόν, στο χώρο της Τηλεπισκόπησης, αυτή τη φορά υπό διαφορετική οπτική γωνία, τέτοια που να μας επιτρέψει να αναφερθούμε στα προβλήματα που προκύπτουν από τις αδυναμίες τόσο των λογισμικών Τηλεπισκόπησης, όσο και των διανυσματικών και κανναβικών Γεωπληροφοριακών Συστημάτων. Θεωρούμε ότι με αυτόν τον τρόπο θα οδηγηθούμε στη δομή ενός Ολοκληρωμένου Γεωπληροφοριακού Συστήματος με βάση την ψηφιακή εικόνα. Τέλος, η ανάλυσή μας θα επικεντρωθεί στη δυνητική ανάγκη ενός τέτοιου συστήματος δομημένου με προσανατολισμό στη Χωροταξία.⁸

Το σημερινό επίπεδο των σχέσεων Τηλεπισκόπησης και G.I.S. βρίσκεται στη χρησιμοποίηση από πλευράς Τηλεπισκόπησης γεωγραφικών δεδομένων που προέρχονται από G.I.S. στην καλύτερη ανάλυση και ταξινόμηση των ψηφιακών εικόνων, ενώ τα G.I.S. είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουν ανάμεσα στα δεδομένα τους το αποτέλεσμα μίας ταξινόμησης. Τα προβλήματα, όμως, που υπάρχουν δυσχεραίνουν την περαιτέρω ολοκλήρωση των δύο αυτών ειδών λογισμικών συστημάτων σε ένα. Τέτοια προβλήματα είναι:

⁸ Lemmens, M., 1990. Strategies for the Integration of Raster and Vector Data.

Zhou, Q. and Garner, B.J., 1991. On the Integration of G.I.S. and Remotely Sensed Data: Towards an Integrated System to Handle the Large Volume of Spatial Data.

Χωρικό Σύνολο	Δομή	Χωρικά Αντικείμενα	Χρήση
Διανυσματικό G.I.S.	Διανυσματική	Σημειακά Γραμμικά Επιφανειακά Δίκτυα	Χωρική ανάλυση και μοντελοποίηση της πραγματικότητας. Παραγωγή Χαρτών.
Κανναβικό G.I.S.	Κανναβική	Στοιχειώδεις Επιφάνειες (cells)	Απεικόνιση επιφανειών. Χωρική ανάλυση. Παραγωγή χαρτών.
Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους	Επιφάνεια, Triangulated Irregular Network	Τριγωνικό Δίκτυο Κόμβων με Συντεταγμένες x,y,z	Μοντελοποίηση υψομετρικών διακυμάνσεων του εδάφους.
Τρισδιάστατη Απεικόνιση	Επιφάνεια, Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, Κανναβική	Σημεία με Συντεταγμένες x,y,z	Απεικόνιση υψομετρικών διακυμάνσεων. Απεικόνιση επιφανειών.
Ψηφιακή Εικόνα	Κανναβική	Pixels Φασματικές Περιοχές	Επεξεργασία ψηφιακής εικόνας. Ανάλυση χωρικών μεταβολών. Ψηφιακές εικόνες σαν πηγή χωρικών δεδομένων. Ψηφιακές εικόνες σαν αχωρικά χαρακτηριστικά.
Σχεδιαστικό	C.A.D.	Σχεδιασμένα Αντικείμενα	Σχέδια σαν αχωρικά χαρακτηριστικά. Σύνθεση χαρτών.

Πίνακας 5. Ενδεικτικά σύνολα χωρικών πληροφοριών που μπορεί να περιλαμβάνει ένα Ολοκληρωμένο Γεωπληροφοριακό Σύστημα Σύστημα.

- I. οι πολυπλοκότητες του περιβάλλοντος ενός G.I.S. δεν έχουν ληφθεί σημαντικά υπ' όψη κατά την ανάπτυξη συστημάτων Τηλεπισκόπησης, με αποτέλεσμα τα τελευταία να έχουν ισχνές ικανότητες διαχείρισης καταστάσεων πολύπλοκης τοπολογίας,
- II. η έλλειψη Συστήματος Διαχείρισης Βάσεως Δεδομένων (Data Base Management System -D.B.M.S.-) από το περιβάλλον λειτουργίας ενός συστήματος Τηλεπισκόπησης δημιουργεί προβλήματα υπερπληθώρας δεδομένων. Αυτό γίνεται περισσότερο ουσιαστικό όταν ο μεγάλος όγκος δεδομένων από συμβατικές πηγές αναμιγνύεται με τα δορυφορικά δεδομένα. Επιπλέον, η διαχείριση χωρικών χαρακτηριστικών είναι αδύνατη,
- III. ένα G.I.S. δεν παρέχει τεχνικές επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας είτε είναι διανυσματικό είτε κανναβικό, ενώ από την άλλη μεριά ένα χαρακτηριστικό σύστημα Τηλεπισκόπησης δεν είναι σε θέση να διαχειριστεί μη ψηφιακά δεδομένα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει εκτεταμένες αναφορές στην ανάγκη ενός δυναμικού G.I.S. που να προσφέρει το συνδυασμό διαχείρισης δορυφορικών δεδομένων και χωρικών βάσεων δεδομένων, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για εφαρμογές που κατευθύνονται σε δυναμική επεξεργασία, με καταγραφή χωρικών μεταβολών. Αυτό γίνεται πολύ σημαντικό σε προβλήματα που χρήζουν πληροφορίας πραγματικού χρόνου ή έστω συχνά μεταβαλλόμενης, όπως είναι η ανάλυση των χρήσεων γης του εξωαστικού χώρου.

Συνοψίζοντας έως αυτού του σημείου, είναι φανερό ότι για τέτοιου είδους εφαρμογές το απλό γραμμικό μοντέλο της μονοσήμαντης σχέσης Τηλεπισκόπησης-G.I.S., το οποίο θέλει το πρώτο να παρέχει δεδομένα στο δεύτερο, είναι ανεπαρκές. Οι εννοιολογικές κρίσεις, που ακολουθούν, αφορούν αυτήν τη μονοσήμαντη σχέση.

4.2 G.I.S. και Ερμηνεία Εικόνας Δορυφόρου

Στο χώρο της Τηλεπισκόπησης μία έκφραση του γραμμικού μοντέλου της μονοσήμαντης σχέσης Τηλεπισκόπησης - G.I.S. είναι παράλληλα και ένας αρκετά

ενδιαφέρον τομέας εφαρμογής των G.I.S.: η βελτίωση της ταξινόμησης της δορυφορικής εικόνας.⁹ Η βελτίωση αυτή είναι δυνατό να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μέσω του G.I.S. χωρική πληροφορία για ένα συγκεκριμένο μέρος της εικόνας, που παρέχει στον ταξινομητή τη δυνατότητα να επιτύχει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, σε μία διαδικασία καταγραφής χρήσεων γης από δορυφορικά δεδομένα είναι δυνατό να προκύψουν αδυναμίες διάκρισης ενός τύπου βλάστησης από έναν άλλο (γιατί, απλώς, δεν υπάρχει αρκετή πληροφορία διαθέσιμη από τα φασματικά στοιχεία του δορυφορικού ανιχνευτή για να γίνει η διάκριση). Αν, όμως, είναι γνωστό ότι, π.χ. αυτοί οι δύο τύποι βλάστησης, συνήθως και υπό κανονικές συνθήκες αναφύονται σε διαφορετικά είδη εδαφών και αν τα είδη του εδάφους της περιοχής μπορούν να παρασχεθούν μέσω ενός G.I.S., τότε προφανώς μπορεί να επιτευχθεί μία πολύ πιο αξιόπιστη ταξινόμηση. Η διαδικασία αυτή μπορεί και να εκληφθεί ως “ερμηνεία εικόνας” στο βαθμό που χρησιμοποιούνται χωρικά δεδομένα σαν πληροφορία αναφοράς για την καλύτερη ερμηνεία ή κατανόηση της δορυφορικής εικόνας. Η μορφή μίας τέτοιας διαδικασίας φαίνεται σχηματικά παρακάτω.

4.3 Διάκριση Δεδομένων - Πληροφορίας

Η έννοια των όρων “δεδομένα” (data) και “πληροφορία” (information) είναι διαφορετική για τις ανάγκες ενός G.I.S. από αυτήν που έχουν στην Τηλεπισκόπηση. Για ένα G.I.S. “δεδομένο” θεωρείται ένα είδος πληροφορίας που αντικαθιστά πραγματικά φαινόμενα με χωρικά χαρακτηριστικά. Με άλλα λόγια, ο όρος “δεδομένα” αποδίδεται στις εισροές του συστήματος, τα οποία, συνεπώς, είναι ανάγκη να συσχετίζονται με χωρικά χαρακτηριστικά. Για την Τηλεπισκόπηση, από την άλλη πλευρά, οι όροι “δεδομένα” και “πληροφορία” θεωρούνται εντελώς διαφορετικοί στη φύση τους. Η έννοια “δεδομένο” αποδίδεται σε όχι απαραίτητα χωρικά

⁹ Wilkinson, G.G. and Megier, J., 1990. A Belief Function Approach for Using G.I.S. Derived Spatial Context in Satellite Image Understanding.

Janssen, L.1990. G.I.S. Supported Land Cover Classification of Satellite Images.

χαρακτηριστικά, όπως είναι οι τιμές των pixels σε κάποιο μήκος κύματος. Αντίθετα, ο όρος “πληροφορία” χρησιμοποιείται στη φάση του αποτελέσματος και άρα είναι ανάγκη να δηλώνει κάποια χωρικά φαινόμενα. Με άλλα λόγια, από διάφορους τύπους φασματικών “δεδομένων” οι διαδικασίες Τηλεπισκόπησης παράγουν “πληροφορία” με τη βοήθεια των τεχνικών που έχουν περιγραφεί παραπάνω. Συνεπώς, είναι φανερό πως η πληροφορία που αφορά χωρικά χαρακτηριστικά είναι ένα προϊόν, το οποίο λογικά αποτελεί το δεδομένο που εισάγεται σε ένα G.I.S.. Όμως, οι μέθοδοι μετατροπής της πληροφορίας που προκύπτει από την Τηλεπισκόπηση, σε δεδομένα που χρειάζεται ένα G.I.S. δεν είναι ολοκληρωμένες με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα κενό δεδομένων που αποτελεί εμπόδιο στη σύνδεση των δύο συστημάτων.

Γενικά, οι χρήστες θεωρούν ότι μία ταξινομημένη δορυφορική εικόνα παρέχει ανεπαρκή χωρική ανάλυση και μη ικανοποιητική ακρίβεια, συγκρινόμενη με τις διανυσματικές χωρικές οντότητες που μπορούν να προκύψουν από άλλες πηγές. Από τη στιγμή που οι ψηφιακές δορυφορικές εικόνες είναι “στατιστικές επιφάνειες” και όλες σχεδόν οι τεχνικές Τηλεπισκόπησης στηρίζονται στη θεωρία των πιθανοτήτων, τα προϊόντα της πολυφασματικής ταξινόμησης, για παράδειγμα, συχνά περιέχουν σφάλματα που μπορούν να αξιολογηθούν με στατιστική εκτίμηση. Τέτοια σφάλματα είναι συχνά αναμενόμενα σε εφαρμογές Τηλεπισκόπησης. Αντίθετα στο χώρο των G.I.S. προϋποτίθεται ότι η εισροή δεδομένων βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα χωρικής ακρίβειας. Επιπλέον, αυτά προκύπτουν και από σημαντικά γενικευμένα πληροφορία, όπως, π.χ. από θεματικούς χάρτες, ενώ παράλληλα ένα τυπικό G.I.S. δεν παρέχει τις στατιστικές μεθόδους για την εκτίμηση σφαλμάτων από την επεξεργασία ψηφιακών δεδομένων.

Συνοπτικά και σύμφωνα με τα παραπάνω, πριν αναπτυχθεί η χρήση δορυφορικών δεδομένων από ένα λειτουργικό G.I.S., πρέπει να αναθεωρηθούν τα παρακάτω σημεία:

- I. οι μέθοδοι επεξεργασίας πρέπει να αναπτυχθούν ώστε να είναι δυνατή η μετατροπή των δορυφορικών δεδομένων σε ουσιώσεις και χρήσιμες μορφές αποδεκτές από ένα G.I.S.
- II. η χωρική ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων πρέπει να συμπίπτει με τη χωρική ακρίβεια των δεδομένων από άλλες πηγές, που χρησιμοποιούνται από τα G.I.S., ώστε τόσο τα δορυφορικά όσο και τα άλλα δεδομένα να αντιμετωπίζονται στην ίδια βάση.

4.4. Δομή Δεδομένων και Πληροφορίας

Τα πλέον δημοφιλή G.I.S. είναι δομημένα σε διανυσματικές βάσεις. Αυτό δημιουργεί ένα πολύ σημαντικό εμπόδιο στη σύνδεση G.I.S. με συστήματα Τηλεπισκόπησης, τα οποία προφανώς επεξεργάζονται δεδομένα και παρέχουν πληροφορία δομημένη σε κανναβικές βάσεις. Άρα η ασυμβατότητα της δομής των δεδομένων χρειάζεται να ληφθεί υπ' όψη όταν σχεδιάζεται η ολοκλήρωση τέτοιων συστημάτων.¹⁰

Δεν υπάρχουν τεχνικές δυσκολίες στη μετατροπή μίας ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας (που έχει κανναβική δομή) σε ένα ομοιογενές σύνολο πολυγώνων με διανυσματική δομή. Οι δυσκολίες είναι από λίγο έως πολύ θεωρητικής και ουσιαστικής καταλληλότητας των μεθόδων. Τα διανυσματικά G.I.S. (όπως έχει προαναφερθεί) προϋποθέτουν αφενός μεν ότι η εισαγόμενη πληροφορία είναι υψηλής χωρικής ακρίβειας αφετέρου δε ότι προηγείται εκτεταμένη γενίκευση αχωρικών χαρακτηριστικών. Δυστυχώς τα συστήματα Τηλεπισκόπησης μόνο σπάνια παράγουν τέτοιου είδους πληροφορία. Ανταυτού, μία ταξινομημένη δορυφορική εικόνα περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό διασκορπισμένων μικρών πολυγώνων, τα οποία δημιουργούν σοβαρά προβλήματα αποθήκευσης και διαχείρισης μεγάλων

¹⁰ Donnay, J.P., Collette, B. and Binard, M., 1990. Vector Data Handling with a G.I.S. Raster-Based.

πληροφοριακών συνόλων (data sets). Ενισχύεται, συνεπώς, η δυσκολία χρησιμοποίησης δορυφορικής εικόνας στη δημιουργία ενός χωρικού μοντέλου με ένα G.I.S..

4.5 Επεξεργασία Δεδομένων

Οι διαφορές στη διάκριση δεδομένων - πληροφορίας αλλά και στη δομή δεδομένων - πληροφορίας, δημιουργούν προβλήματα, όχι μόνο στη συμβατότητα των δεδομένων, αλλά και στην επεξεργασία τους. Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται από ένα σύστημα γαι τη διαχείριση χωρικών δεδομένων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή των δεδομένων. Οι χωρικές οντότητες ενός διανυσματικού συστήματος περιγράφουν μη συνεχείς επιφάνειες ενός τρισδιάστατου χώρου. Θεωρείται ότι στο εσωτερικό ενός πολυγώνου δεν υπάρχει διακύμανση στην πληροφορία, η οποία διαφέρει οριστικά πέρα από τα όρια του πολυγώνου. Απεναντίας, στο εσωτερικό μιας δορυφορικής εικόνας κάθε ρίχει μπορεί να θεωρηθεί μοναδικό, ενώ τα αχώρικά χαρακτηριστικά διαφέρουν σημαντικά από το ένα στο άλλο.

Χρησιμοποιώντας διαφορετική δομή δεδομένων ένα διανυσματικό G.I.S. έχει τις μεθόδους που απευθύνονται στην επεξεργασία των δεδομένων, να στηρίζονται σε μαθηματικούς αλγόριθμους οι οποίοι θεωρούν τα πολύγωνα σαν στοιχειώδη δομικά στοιχεία, ενώ ένα σύστημα Τηλεπισκόπησης έχει για δομικό στοιχείο το pixel. Γενικότερα, οι αλγόριθμοι που βασίζονται σε πολύγωνα, τείνουν να ακολουθούν τη συμβατική μεθοδολογία της παραδοσιακής χαρτογραφίας: τομή γραμμής, σύνολο πολυγώνων και διαστρωμάτωση (overlay) πολυγώνων. Οι αλγόριθμοι με βάση το pixel λαμβάνουν τα δεδομένα σαν αυτόνομες επιφάνειες και τείνουν να ακολουθούν λογικές, μαθηματικές ή στατιστικές λειτουργίες. Αυτές οι δύο ομάδες αλγορίθμων δεν είναι άμεσα συμβατές. Συνεπώς, το αποτέλεσμα της εφαρμογής ενός τύπου αλγορίθμου δεν είναι απαραίτητα χρησιμοποιήσιμο από τον άλλο. Οι μετατροπές των δεδομένων που απαιτούνται για τη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα στους δύο τύπους αλγορίθμων είναι δυνατό να προκαλέσουν μη απόδεκτη απώλεια πληροφορίας.

Ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται μεγάλα πληροφοριακά σύνολα, οι συχνές μετατροπές μπορούν να προκαλέσουν υπερπληθώρα και ανακολουθία δεδομένων, κάνοντας μη εφαρμόσιμα τα μοντέλα της πραγματικότητας.

4.6 Τύποι Εκροών

Ένα G.I.S. χρησιμοποιεί χαρτογραφικές μεθόδους για να παράγουν χάρτες παρόμοιους με τους συμβατικούς. Οι χωρικές οντότητες αναπαρίστανται με συγκεκριμένα σύμβολα σε μία οθόνη ή εκτυπωτή. Ένα σύστημα Τηλεπισκόπησης, αντίθετα, χρησιμοποιεί φωτογραφικές μεθόδους σύνθεσης χρωμάτων για την απεικόνιση των ψηφιακών δορυφορικών δεδομένων. Προφανώς, η ασυμβατότητα ανάμεσα στους τρόπους απεικόνισης δεδομένων θέτει όρια στη ροή δεδομένων από το ένα σύστημα στο άλλο.

4.7 Συμπέρασμα

Είναι φανερό ότι όποτε υπάρχει μιας κατεύθυνσης ροή δεδομένων από συστήματα Τηλεπισκόπησης σε G.I.S. και το αντίστροφο, οι περιορισμοί είναι σοβαροί. Από την άποψη της ολοκλήρωσης, τα διανυσματικά G.I.S. αποτυγχάνουν, κυρίως, για λόγους ασυμβατότητας στη δομική μορφή και την επεξεργασία των δεδομένων, τα κανναβικά κυρίως στην επεξεργασία, ενώ τα συστήματα Τηλεπισκόπησης αποτυγχάνουν εξαιτίας της αδυναμίας τους στη διαχείριση χωρικής πληροφορίας. Προκειμένου να γίνει εκμετάλευση, στο μέγιστο βαθμό, του ενδεχομένου δημιουργίας ενός συστήματος συνδυασμού Τηλεπισκόπησης - G.I.S., είναι απαραίτητο ένα πολύπλοκο μοντέλο βασισμένο στη συμβίωση των δύο. Γείνοντας στο να επιτευχθεί αυτό, η ανάπτυξη ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών Βασισμένου σε Ψηφιακή Εικόνα (Image-based G.I.S. ή I.G.I.S.) αποτελεί ένα σημαντικό χώρο έρευνας.

Κεφάλαιο Ε

5. Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών Βασισμένο σε Ψηφιακή Εικόνα

Ένα I.G.I.S. έχει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά που είναι δυνατό να το κάνουν να ξεχωρίζει από τα άλλα G.I.S.. Ένα I.G.I.S., παρόλο που πρέπει να είναι έχει τις δομές ενός συστήματος επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας, είναι κατά βάση G.I.S. και όχι σύστημα επεξεργασίας δορυφορικής εικόνας, έχοντας έτσι δυνατότητες διαχείρισης χωρικών δεδομένων. Ακόμα, διαθέτει κανναβική δομή (κάτι που το κάνει πλήρως συμβατό με τη δομή των δορυφορικών εικόνων) χρησιμοποιώντας παράλληλα αλγορίθμους επεξεργασίας κανναβικών δεδομένων. Επιπλέον, ένα I.G.I.S. περιλαμβάνει αποτελεσματικά μέσα μετατροπής διανυσματικών δεδομένων σε κανναβική δομή, για την ανταλλαγή χωρικής πληροφορίας και για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων τόσο με χαρτογραφικές όσο και με φωτογραφικές μεθόδους.

Στο εσωτερικό ενός I.G.I.S., συνεπώς, η σύνδεση του G.I.S. και του συστήματος Τηλεπισκόπησης είναι τέτοια που επιτρέπει τη ροή δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις. Έτσι, στο περιβάλλον ενός I.G.I.S., η χωρική πληροφορία μπορεί να μεταφερθεί στον επεξεργαστή ψηφιακής εικόνας, με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας της ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων.¹¹ Τα πρωτότυπα δορυφορικά δεδομένα, όπως επίσης και το αποτέλεσμα της ταξινόμησης, μπορούν να εισαχθούν από τον επεξεργαστή ψηφιακής εικόνας στο G.I.S. για τις πολύπλοκες χωρικές αναλύσεις. Ακόμα, διανυσματικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό, αλλά και το αποτέλεσμα των χωρικών αναλύσεων του I.G.I.S. μπορεί να αποτελέσει εκ νέου εισροή για ένα διανυσματικό G.I.S..

¹¹ De Jong, S.M., 1990. Integration of Remotly Sensed and G.I.S. Data to Determine SPOT Classification Accuracy.

Haemers, P.B.M., 1990. Integration of G.I.S. and Remote Sensing Data: Accuracy Assesment.

Παρόλο που η περιγραφή ενός συστήματος όπως το παραπάνω αποδεικνύει τις θεωρητικά αυξημένες δυνατότητές του για διαχείριση και των δύο τύπων δεδομένων, αυτές περιορίζονται σημαντικά όταν αναμιγνύονται πολύπλοκα πληροφοριακά σύνολα, που περιλαμβάνουν χωρικά και αχωρικά δεδομένα. Επομένως, είναι σημαντικό, ένα I.G.I.S. να είναι σχεδιασμένο γύρω από ένα σύστημα διαχείρισης βάσεως δεδομένων (D.B.M.S.). Η δομή μπορεί να είναι τέτοια ώστε μία χωρική ταυτότητα να αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα σε χωρικές και αχωρικές οντότητες στη χωρική βάση δεδομένων.¹² Με αυτήν την αρχιτεκτονική τα αχωρικά χαρακτηριστικά ενός χωρικού φαινομένου μπορούν εύκολα να ανασυρθούν από τη βάση δεδομένων, όπως και μία χωρική οντότητα μπορεί να επιλεγεί από τα αντίστοιχα αχωρικά χαρακτηριστικά στη βάση δεδομένων. Οι ίδιες σχέσεις συσχέτισης χωρικών και αχωρικών χαρακτηριστικών αναπαράγονται και μεταξύ διανυσματικών και κανναβικών δεδομένων. Επιπλέον, τα αχωρικά χαρακτηριστικά μπορούν να επεξεργαστούν ανάλογα με το αν αναφέρονται σε διανυσματικού ή κανναβικού τύπου δεδομένα.

Καταλήγουμε, έτσι, σε ένα σύστημα το οποίο μπορεί να παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες ενημέρωσης και διαχείρισης μεγάλων και πολύπλοκων σχεσιακών χωρικών πληροφοριακών συνόλων:

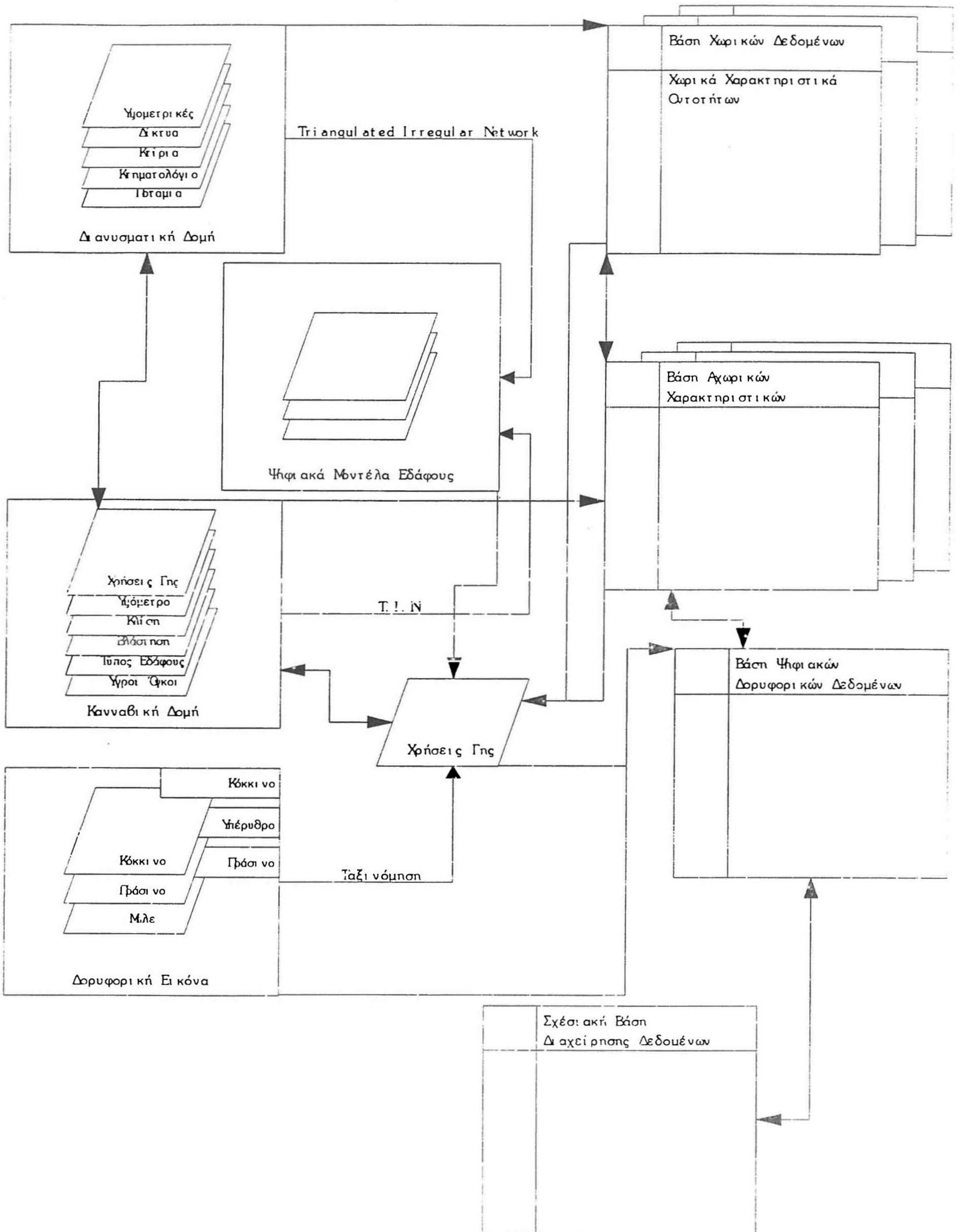
- I. τα αχωρικά χαρακτηριστικά αναφέρονται τόσο σε κανναβικές όσο και σε διανυσματικές μορφές ελαττώνοντας, έτσι, σημαντικά την υπερπληθώρα δεδομένων. Αυτό το πλεονέκτημα διευκολύνει την αποτελεσματικότερη αποθήκευση και ενημέρωση μεγάλων χωρικών και αχωρικών βάσεων δεδομένων,
- II. πολλές διαδικασίες επεξεργασίας κανναβικών δεδομένων μπορούν να αντικατασταθούν από διαδικασίες διαχείρισης αχωρικών χαρακτηριστικών στη

¹² Chance, A., Newell, R.G., and Theriault, D.G., 1990. An Object-Oriented G.I.S. - Issues and Solutions.

βάση δεδομένων, ώστε να αποφευχθούν οι χωρικές αναλύσεις που απασχολούν στο σύνολό του ένα υπολογιστικό σύστημα,

III.η γνησιότητα και η ακρίβεια των δεδομένων μπορεί να διατηρηθεί μειώνοντας τις μετατροπές τους από τη διανυσματική στην κανναβική δομή και το αντίστροφο,

IV.μπορούν να αναπτυχθούν ισχυρότερες μέθοδοι επεξεργασίας δεδομένων βασισμένες τόσο σε τεχνικές χωρικής ανάλυσης όσο και σε διαδικασίες διαχείρισης βάσεων δεδομένων.



Διάγραμμα 6. Σχηματική αναπαράσταση ενός Ολοκληρωμένου Γεωπληροφοριακού Συστήματος Βασισμένου σε Ψηφιακή Εικόνα.

Κεφάλαιο ΣΤ

6. Περιπτώσιολογική Μελέτη

6.1 Εισαγωγή

6.1.1 Γενικά

Στα προηγούμενα κεφάλαια είδαμε τις θεωρητικές δυνατότητες που έχει ο συνδυασμός συστημάτων Τηλεπισκόπησης και G.I.S.. Δεν ισχυριζόμαστε, ουδαμώς, ότι εξαντλήσαμε το θέμα. Κάτι τέτοιο, άλλωστε, θα ήταν παράλογο και αντιφατικό τη στιγμή που ήδη έχουμε ισχυριστεί, ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο θα προσφερόταν, ενδεχομένως, και για διδακτορική διατριβή. Έχουμε, όμως, την αίσθηση, ότι καταφέραμε να θίξουμε σε κάποιο βάθος ένα γνωστικό αντικείμενο, το οποίο στην Ελλάδα, τουλάχιστον, βρίσκεται σε νηπιακά στάδια ανάπτυξης. Και για να συνεχιστεί ο μεταφορικός αυτός συλλογισμός, θα λέγαμε, ότι τα νηπιακά στάδια ανάπτυξης προμηνύουν ραγδαίες αλλαγές στο χώρο.

Στο κεφάλαιο αυτό θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε, όσο γίνεται πιο παραστατικά την προσπάθεια που έγινε για να στηριχθούν και με παράδειγμα εφαρμογής (στο βαθμό που επέτρεπαν τα τεχνικά και τα χρονικά μας περιθώρια) τα παραπάνω. Το επίπεδο στο οποίο έφτασε η ολοκλήρωση ενός συστήματος Τηλεπισκόπησης και ενός G.I.S. είναι της παραγωγής χαρτών. Ωστόσο, αν αναλογιστεί κανείς από που ξεκίνησε αυτή η προσπάθεια, σε συνδυασμό με τη χρησιμότητα τέτοιων χαρτών στο χωροταξικό σχεδιασμό, αντιλαμβάνεται ότι το αποτέλεσμα δεν είναι άκρως πενιχρό.

Θα πρέπει, εδώ, να διευκρινιστεί ότι στόχος της μελέτης αυτής δεν ήταν τόσο το να καταλήξουμε σε ένα αποτέλεσμα που να είναι ένα άμεσα εφαρμόσιμο μοντέλο της πραγματικότητας, όσο το να αναπτυχθεί μεθοδολογία τέτοια που επιτρέπει τη δημιουργία αξιόπιστων μοντέλων. Άλλωστε, όπως έχει πολλάκις προαναφερθεί, στην

Ελλάδα μεθοδολογίες στο συγκεκριμένο χώρο έχουν ελάχιστα διαδοθεί και άρα η καλοπροαίρετη κριτική πάνω σε όσα παρουσιάζουμε, είναι ευπρόσδεκτη.

6.1.2 Μεθοδολογικά Στάδια

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε κατά τη διεξαγωγή αυτής της μελέτης μπορεί να διαιρεθεί στα παρακάτω στάδια. Σαν πρώτο στάδιο μπορούμε να θεωρήσουμε την εισαγωγή των εικόνων στο σύστημα επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας, που διαθέτει το πανεπιστήμιο. Δεύτερο στάδιο, ήταν η οπτικοποίηση των πολυφασματικών εικόνων στην οθόνη του υπολογιστή. Το τρίτο στάδιο το αποτελεί η γεωμετρική διόρθωση των εικόνων, ώστε να γίνει δυνατή η προσαρμογή τους στο σύστημα πραγματικών συντεταγμένων, αλλά και η ένωση διαφορετικών εικόνων για την παραγωγή “μωσαϊκού”¹³, κάτι που μπορεί να θεωρηθεί σαν το τέταρτο στάδιο. Στο πέμπτο στάδιο, περιλαμβάνεται η βελτιστοποίηση της εικόνας, με επέμβαση στα ιστογράμματα πληροφορίας. Στο επόμενο στάδιο είναι η ταξινόμηση των ψηφιακών δεδομένων σε κατηγορίες χρήσεων γης, κάτι που έγινε για ένα τμήμα εικόνας, για λόγους που διευκρινίζονται στη συνέχεια. Στο τελευταίο στάδιο, είχαμε την παραγωγή χαρτών που προέκυψαν από το συνδυασμό διανυσματικών δεδομένων με ταξινομημένη ψηφιακή εικόνα.

6.1.3 Εξοπλισμός Εργαστηρίου

Η συγκεκριμένη μελέτη έγινε στο Εργαστήριο G.I.S. και Τηλεπισκόπησης του τμήματος. Στη διάθεσή μας ήταν δύο σταθμοί εργασίας (workstations) SUN, ένας IPX και ένας IPC, με οθόνες διαστάσεων 20” και 17”, αντίστοιχα. Το σύστημα επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ER Mapper (Unix, έκδοση 4.1), ενώ για το συνδυασμό των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε το Arc/Info (Unix, έκδοση 6.1). Για την εκτύπωση χαρτών είχαμε στη διάθεσή μας έναν plotter

¹³ Όταν μία γεωγραφική περιοχή δεν είναι δυνατό να καλυφθεί από μία μόνο δορυφορική εικόνα (λόγω έκτασης, προφανώς) τότε η συνένωση των περισσότερων εικόνων που αφορούν την ίδια περιοχή, στην Τηλεπισκόπηση, λέγεται “μωσαϊκό”.

NOVAJET(300 dpi¹⁴, διάστασης A0). Οι σταθμοί εργασίας ήταν συνδεδεμένοι μεταξύ τους αλλά και με πέντε ακόμα προσωπικούς υπολογιστές (PC), μέσω ενός τοπικού δικτύου ETHERNET.

6.2 Η Περίπτωση της Μαγνησίας

Η περιπτωσιολογική μελέτη (ή case study) που θα μας απασχολήσει αφορά το ηπειρωτικό τμήμα του νομού Μαγνησίας. Βέβαια τόσο τα δορυφορικά όσο και τα ψηφιοποιημένα στοιχεία που θα μπορούσαμε να έχουμε στη διάθεσή μας αφορούσαν ολόκληρη την περιφέρεια της Θεσσαλίας. Παρόλ' αυτά θεωρήσαμε (πιστεύουμε όχι αβάσιμα) ότι θα ήταν υπερβολή μία ερευνητική μελέτη αυτού του είδους να αφορά μία ολόκληρη περιφέρεια.

6.2.1 Οι Δορυφορικές Εικόνες

Οι εικόνες SPOT, που χρησιμοποιήσαμε περιλαμβάνουν ολόκληρη την περιφέρεια Θεσσαλίας. Το ηπειρωτικό τμήμα της περιφέρειας καλύπτεται από πέντε πολυφασματικές εικόνες (SPOT XS) ενώ το νησιωτικό (Βόρειες Σποράδες) από μία πανχρωματική εικόνα (SPOT PAN(CHROMATIC))¹⁵. Κάθε μία από τις εικόνες αυτές απεικονίζει μία τετράγωνη περιοχή, πλευράς 60 χιλιομέτρων. Όταν πρόκειται, όμως, να καλυφθεί μία ολόκληρη περιφέρεια, είναι φανερό ότι ανάμεσα στις εικόνες θα υπάρχουν επικαλύψεις.

Η χωρική ανάλυση¹⁶ (cell πλευράς 20 μέτρων) που προσφέρουν οι πολυφασματικές εικόνες του SPOT θεωρείται αρκετά ικανοποιητική για την

¹⁴ dpi: Dots per inch.

¹⁵ Οι εικόνες του γαλλικού δορυφόρου SPOT (Systeme Probatoire d' Observation de la Terre) είναι δυνατό να έχουν είτε πολυφασματικές (XS) είτε πανχρωματικές (PAN) καταγραφές. Μία πολυφασματική εικόνα SPOT XS έχει καταγραφές σε τρεις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος: το ορατό πράσινο (0.54μm), το ορατό κόκκινο (0.65μm) και το εγγύς υπέρυθρο (0.84μm). Η πανχρωματική εικόνα αποτελείται από καταγραφές σε όλο το εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που εκτείνεται στα ορατά και τα υπέρυθρα μήκη κύματος.

¹⁶ Βλ. παράγραφο 2.1.

καταγραφή χρήσεων γης σε χάρτες κλίμακας μέχρι και 1:25000. Προφανώς, οι πανχρωματικές εικόνες προσφέρουν χωρική ανάλυση σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Όμως, η μονοδιάστατη φασματική καταγραφή που προσφέρουν δε διευκολύνει τη διάκριση πολλών κατηγοριών χρήσεων γης. Ο συνδυασμός πολυφασματικής με πανχρωματική εικόνα είναι δυνατό να αποφέρει αξιόλογη πληροφορία για αστικές περιοχές (αυτό θα μπορούσε να είναι και το αντικείμενο της μελέτης αυτής αν η πανχρωματική εικόνα της Θεσσαλίας δεν κάλυπτε τις Β. Σποράδες αλλά, π.χ. το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου).

6.2.2 Επεξεργασία των Δορυφορικών Εικόνων

Τα τεχνικά προβλήματα, που συναντήσαμε, άρχισαν να εμφανίζονται από το πρώτο κιόλας στάδιο της εισαγωγής των εικόνων στο σύστημα ER Mapper. Κάθε εικόνα είχε σταλεί από την SPOT σαν μαγνητική καταγραφή σε δύο διαφορετικές μαγνητοταινίες μίας ίντσας, σε μορφή B.I.L.¹⁷. Θεωρητικά, το ER Mapper δε θα συναντούσε πρόβλημα κατά την εισαγωγή μιας εικόνας με αυτά τα δεδομένα. Στην πράξη, όμως, φάνηκε το αντίθετο καθώς το σύστημα δεν αναγνώριζε τη δεύτερη μαγνητοταινία. Ανακαλύψαμε, ότι αυτό οφειλόταν στην έλλειψη ενός αρχείου από την αρχή της δεύτερης μαγνητοταινίας και το ξεπεράσαμε δημιουργώντας μία νέα στη θέση της, η οποία περιείχε αυτή τη φορά το επίμαχο αρχείο αντιγεγραμμένο από την πρώτη μαγνητοταινία. Το ίδιο πρόβλημα υπήρξε στην εισαγωγή και των πολυφασματικών και της πανχρωματικής εικόνας και ξεπεράστηκε με τον ίδιο τρόπο.

Για τις ανάγκες αυτής της μελέτης, λοιπόν, χρησιμοποιήσαμε δύο από τις πέντε πολυφασματικές εικόνες της Θεσσαλίας και οι οποίες αφορούν το ηπειρωτικό τμήμα του νομού Μαγνησίας. Στη διεθνή βιβλιογραφία, όταν πρόκειται να αναπαρασταθεί μία πολυφασματική εικόνα SPOT, με τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε), επιλέγεται να απεικονίζεται η φασματική περιοχή του ορατού πρασίνου με

¹⁷ B.I.L.: Band Interleaved by Line

μπλε, του ορατού κόκκινου με πράσινο και του εγγύς υπέρυθρου με κόκκινο. Εμείς, αφού λάβαμε υπ' όψιν την ισχυρή αντανάκλαση της βλάστησης στο εγγύς υπέρυθρο, προτιμήσαμε να απεικονίσουμε την περιοχή του ορατού πρασίνου με μπλε, του ορατού κόκκινου με κόκκινο και του εγγύς υπέρυθρου με πράσινο, θεωρώντας ότι έτσι προσομοιώνονται με μεγαλύτερη προσέγγιση τα φυσικά χρώματα.

Σε επόμενο στάδιο έπρεπε να γίνει γεωμετρική διόρθωση κάθε μιας από τις δύο εικόνες, ώστε να προσαρμοστεί αυτή σε ένα αποδεκτό σύστημα προβολής και βέβαια σε πραγματικές συντεταγμένες. Υπήρχαν δύο τρόποι για να γίνει αυτή η διόρθωση. Ο ένας τρόπος ήταν να ληφθούν σαν σημεία ελέγχου (control points) οι τέσσερις κορυφές της εικόνας των οποίων οι συντεταγμένες ήταν γνωστές (από την SPOT), αλλά δεν είχαν αποδοθεί στα pixels της εικόνας και να μετασχηματιστούν όλα τα pixels με βάση αυτά τα σημεία ελέγχου και την επιλεγόμενη προβολή. Ένας δεύτερος τρόπος, ήταν να επιλεγούν σαν σημεία ελέγχου, σημεία κοινά ανάμεσα στην εικόνα και τα ψηφιοποιημένα υπόβαθρα της περιοχής, που είχαμε στη διάθεσή μας. Τέτοια σημεία είναι κάποια ακρωτήρια, εμφανείς διασταυρώσεις οδικών αρτηριών, κ.α.. Στο σημείο αυτό έχουμε ένα δείγμα της συσχέτισης διανυσματικών Γεωπληροφοριακών Συστημάτων και συστημάτων Τηλεπισκόπησης.

Εμείς ακολουθήσαμε το δεύτερο τρόπο, αφού είχαμε στη διάθεσή μας ψηφιοποιημένα υπόβαθρα με πραγματικές συντεταγμένες. Τα υπόβαθρα αυτά είχαν ψηφιοποιηθεί από χάρτες κλίμακας 1:250000 και αφορούσαν την ακτογραμμή και τα όρια του νομού Μαγνησίας και τα όρια των κοινοτήτων. Το σφάλμα μετασχηματισμού (RMS error) που προέκυψε ήταν σε αποδεκτά επίπεδα της τάξης του 0.028. Επιπλέον, για τη διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης έπρεπε να επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα προβολής, όπως και ένα γεωδαιτικό στοιχείο κατάλληλο για τη γεωγραφική περιοχή της Ελλάδας.¹⁸ Δυστυχώς, δεν είχαμε στη διάθεσή μας το Ελληνικό

¹⁸ Ρωσικόπουλος, Δ., 1992. Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί.

Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Ε.Γ.Σ.Α. 87, που αποτελείται από το Ελλειψοειδές Εκ Περιστροφής GRS 80 και την εγκάρσια Μερκατορική προβολή με κεντρικό το μεσημβρινό των 24°). Έτσι, το πλέον κατάλληλο σύστημα προβολής που είχαμε στη διάθεσή μας ήταν της Παγκόσμιας Εγκάρσιας Μερκατορικής προβολής (U.T.M.)¹⁹ με κεντρικό το μεσημβρινό των 21° και με γεωδαιτικό στοιχείο το ED 50²⁰.

Η γεωμετρική διόρθωση μίας δορυφορικής εικόνας, με βάση κάποια σημεία ελέγχου στηρίζεται στην κανναβική δομή της. Πιο συγκεκριμένα τα σημεία ελέγχου χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός νέου καννάβου, προσαρμοσμένου στα νέα δεδομένα προβολής και συντεταγμένων. Στη συνέχεια τα pixels της εικόνας μεταφέρονται στο νέο κάνναβο και το αποτέλεσμα είναι ο επιτυχής μετασχηματισμός της εικόνας.

Η διαδικασία αυτή δεν ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα (στο ER Mapper τουλάχιστον) και με το συνολικό σφάλμα μετασχηματισμού (0.028) που είχαμε μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη. Όταν είχε διορθωθεί γεωμετρικά η πρώτη εικόνα, ακολούθησε η διόρθωση της δεύτερης εικόνας με την ίδια μέθοδο των σημείων ελέγχου και με βάση την πρώτη εικόνα.

Οι όποιες αποκλίσεις εμφανίστηκαν στην σύμπτωση της ψηφιοποιημένης ακτογραμμής με την αντίστοιχη της εικόνας, μπορούν να εξηγηθούν στο σύνολό τους όχι τόσο από το σφάλμα μετασχηματισμού, όσο από την μεγάλο βαθμού γενίκευση, την οποία επέφερε η ψηφιοποίηση από τη σχετικά μικρή κλίμακα του 1:250000. Με αυτό σαν δεδομένο, λοιπόν, θεωρούμε ότι δεν υποπέσαμε σε πρακτική αντίφαση αντικαθιστώντας την ψηφιοποιημένη ακτογραμμή με μίαν άλλη που προέκυψε από την παρακάτω διαδικασία:

¹⁹ Η προβολή U.T.M. (Universal Transverse Mercatoric) θεωρεί την υδρόγειο χωρισμένη σε ζώνες των έξι μοιρών, χρησιμοποιώντας για κάθε ζώνη τις αντίστοιχες εξισώσεις μετασχηματισμού.

²⁰ E.D. 50: European Datum 1950, το ευρωπαϊκό γεωδαιτικό στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1950 και βασίζεται στο Ελλειψοειδές Εκ Περιστροφής του Hayford.

Με κατάλληλη επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων καταφέραμε να διαχωρίσουμε την ξηρά από τη θάλασσα. Από το αποτέλεσμα δημιουργήσαμε ένα νέο αρχείο ψηφιακής εικόνας όπου απεικονιζόταν, πλέον, μόνο ό,τι ήταν ξηρά. Το αρχείο αυτό μετατράπηκε σε διανυσματική δομή απ' όπου κρατήσαμε μόνο την ακτογραμμή, η οποία ενώθηκε με το υπόλοιπο αρχικό αρχείο των ορίων των κοινοτήτων. Έτσι, στο τελικό προϊόν είχαμε ένα ψηφιοποιημένο υπόβαθρο στο οποίο περιέχονταν τόσο τα όρια των κοινοτήτων όσο και η λεπτομερής ακτογραμμή.

Όταν, πλέον, είχαμε τις δύο εικόνες που αφορούσαν τη Μαγνησία προσαρμοσμένες σε πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες, προχωρήσαμε στη σύνθεση του “μωσαϊκού”. Αυτή η διαδικασία δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Απλώς, πρέπει να ζητηθεί από το σύστημα να συντεθούν σε ένα αρχείο οι εικόνες, που απεικονίζονται, πλέον, στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων.

Η ευκρίνεια μίας εικόνας, στην οποία απλώς αντιστοιχίζονται οι καταγραφές σε μία περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σε ένα από τα βασικά χρώματα δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντική. Μία από τις στοιχειώδεις δυνατότητες ενός συστήματος επεξεργασίας εικόνας είναι η επέμβαση στα ιστογράμματα πληροφορίας. Ένα ιστόγραμμα πληροφορίας αφορά κάθε περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ξεχωριστά. Με αυτό το ιστόγραμμα αναπαριστάται η συχνότητα εμφάνισης των pixels που έχουν τιμές στην κλίμακα 0 - 255. Συνήθως, ένα τέτοιο ιστόγραμμα έχει τη μορφή, σχεδόν, κανονικής κατανομής. Οι κορυφές που, ενδεχομένως, εμφανίζονται, αφορούν διαφορετικές κατηγορίες χρήσεων γης.

Όταν, λοιπόν, απεικονίζεται πρωτογενώς μία εικόνα, η φωτεινότητα με την οποία απεικονίζεται κάθε pixel στην οθόνη του υπολογιστή, είναι μία απλή γραμμική σχέση ανάμεσα στην τιμή που αυτό έχει στην κλίμακα 0 - 255 και στη συχνότητα εμφάνισης pixels με την ίδια τιμή. Αυτό που μπορεί να γίνει είναι ένας

μετασχηματισμός αυτής της γραμμικής σχέσης, έτσι ώστε τα pixels με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης να απεικονίζονται με μεγαλύτερη φωτεινότητα.

Με τη βελτιστοποίηση της εικόνας που προηγήθηκε, υπήρχε, πλέον, η δυνατότητα διάκρισης σε σημαντικό βαθμό των κατηγοριών χρήσεων γης και άρα σε επόμενο στάδιο μπορούσε να γίνει ταξινόμηση της πληροφορίας της εικόνας σε κατηγορίες χρήσεων γης. Όσον αφορά στην ταξινόμηση, όμως, δεν ήταν μέσα στα πλαίσια του εφικτού το να ασχοληθούμε με ολόκληρη την εικόνα της Μαγνησίας, για τους εξής λόγους:

- I. η εικόνα του “μωσαϊκού” της Μαγνησίας ήταν τεράστια σε όγκο, κάτι σημαίνει ότι κάθε προσπάθεια επξεργασίας θα είχε μεγάλες απαιτήσεις σε μνήμη τόσο για την αποθήκευση του αποτελέσματος όσο και για την επεξεργασία της εικόνας,
- II. μία ταξινόμηση σε τέτοια κλίμακα θα μπορούσε να αποτελέσει τη μοναδική απασχόληση μίας ομάδας ερευνητών για αρκετούς μήνες.

Επιλέξαμε, λοιπόν, δύο χαρακτηριστικές περιοχές του νομού Μαγνησίας: την περιοχή του ταμιευτήρα της Κάρλας και το νοτιοδυτικό τμήμα του νομού (περιοχή Αλμυρού). Σε αυτές τις δύο περιοχές προχωρήσαμε στη διαδικασία της ταξινόμησης (στο χάρτη, που παρατίθεται, φαίνεται η περιοχή του ταμιευτήρα της Κάρλας).

Η ευκρίνεια που απέκτησε η εικόνα μετά την επέμβαση στα ιστογράμματα πληροφορίας, διευκόλυνε αρκετά την εκλογή κατηγοριών χρήσεων γης για την ταξινόμηση. Οι κατηγορίες που επιλέχθηκαν αφορούσαν, κυρίως, αγροτικές χρήσεις γης, γιατί αφενός μεν η συγκεκριμένη περιοχή δεν περιλαμβάνει κανένα μεγάλο αστικό κέντρο, αφετέρου δε η χωρική ανάλυση που προσφέρει η εικόνα είναι κατάλληλη για διάκριση αγροτικών χρήσεων. Επιπλέον, η κλίμακα του χάρτη (1:50000) που αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα αυτής της μελέτης είναι μάλλον

ακατάλληλη για την αναπαράσταση αστικών χρήσεων. Οι κατηγορίες που προέκυψαν από την ταξινόμηση ήταν οι παρακάτω:

- I. Δυναμικές καλλιέργειες (Βαμβάκι, Ζαχαρότευτλα, κ.α.)
- II. Δενδροκαλλιέργειες (Ελίες, Αμυγδαλιές, Οπωροφόρα δένδρα)
- III. Σιτηρά
- IV. Θαμνώδεις εκτάσεις
- V. Δασικές εκτάσεις
- VI. Άγονες εκτάσεις
- VII. Νερό

Για ορισμένες από τις κατηγορίες που επιλέχθηκαν επιβεβαιώθηκε ο χαρακτηρισμός που τους δώσαμε, τόσο με επί τόπου παρατήρηση όσο και από γνώστες της περιοχής. Αυτό ήταν αναγκαίο στο βαθμό που σε ορισμένες περιπτώσεις δεν ήταν αρκετή η απεικόνιση στην οθόνη του υπολογιστή και σε συνδυασμό με την αντανάκλαση σε κάθε περοχή του φάσματος, για να διαπιστωθεί αν κάτι που διέφερε οπτικά στην οθόνη του υπολογιστή ήταν και στην πραγματικότητα κάποια διαφορετική κατηγορία χρήσεων γης. Προκειμένου να γίνει καλύτερα αντιληπτό αυτό αναφέρουμε το εξής παράδειγμα: με δεδομένο ότι οι εικόνες για την περιοχή που μας απασχολεί έχουν αποτυπωθεί από το δορυφόρο στα μέσα του καλοκαιριού (Ιούλιος - Αύγουστος 1993), είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι όσον αφορά στις εκτάσεις της καλλιέργειας σιτηρών άλλες είναι ακόμα καλυμένες από τα υπολείματα του θερίσματος και άλλες τελείως γυμνές (ίσως και οργωμένες). Είναι φανερό, λοιπόν, ότι για να συμπεριληφθούν στην ίδια κατηγορία αυτές οι εκτάσεις, είναι απαραίτητη η επί τόπου παρατήρηση.

Στο σημείο αυτό θα έπρεπε, ενδεχομένως, να αναφερθούμε σε κάποιου τύπου αξιολόγηση του αποτελέσματος της ταξινόμησης. Ο λόγος που δε θα κάνουμε κάτι

τέτοιο είναι ότι αξιολόγηση του αποτελέσματος μιας ταξινόμησης θα είχε νόημα στην περίπτωση που αυτή αφορούσε πραγματικές εφαρμογές. Το στάδιο της ταξινόμησης, στη συγκεκριμένη μελέτη είχε σαν στόχο να παρέσχει ένα αρχείο περισσότερο εύχρηστο (κυρίως, λόγω όγκου και συμπυκνωμένης πληροφορίας) από μία πρωτογενή δορυφορική εικόνα. Είναι προφανές ότι το αποτέλεσμα μίας ταξινόμησης θα είναι τόσο πιο αξιόπιστο όσο περισσότερο ασχοληθεί κανείς με τη διαδικασία αυτή.

6.2.3 Παραγωγή Χαρτών

Το σημαντικότερο δείγμα συνδυασμού του συστήματος Τηλεπισκόπησης με το G.I.S., είναι το χαρτογραφικό τμήμα της μελέτης. Τα διανυσματικά στοιχεία που είχαμε στη διάθεσή μας ήταν ψηφιοποιημένες υψομετρικές καμπύλες, περιοχές εδαφοκάλυψης ψηφιοποιημένες από χάρτες (1:50000) της Γ.Υ.Σ. (δάσος, οπωροφόρα, θάμνοι και αμπελώνες), όρια οικισμών και κοινοτήτων, όρια νομού και πρωτεύον οδικό δίκτυο. Φυσικά, τα κανναβικά δεδομένα μας αποτελούνταν από το αποτέλεσμα της ταξινόμησης.

Για την παραγωγή ενός χάρτη δεν ήταν απαραίτητο να γίνει καμία μετατροπή διανυσματικού σε κανναβικό δεδομένο ή το αντίστροφο. Το ότι δε χρειάστηκε να γίνει αυτό είναι αποτέλεσμα της δυνατότητας που έχει το G.I.S. που χρησιμοποιούσαμε (Arc/Info) να απεικονίζει κανναβικά δεδομένα, χωρίς όμως να παρέχει διαδικασίες διαχείρισης τέτοιων δεδομένων. Συνεπώς, η εισαγωγή της ταξινομημένης εικόνας στο G.I.S. έγινε μόνο και μόνο για την παραγωγή των χαρτών.

6.2.4 Τι Δεν Έγινε

Ό,τι περιγράφεται στα πρώτα πέντε κεφάλαια και δεν εφαρμόστηκε στην περιπτώσιολογική μελέτη του τελευταίου κεφαλαίου, θα μπορούσε να αποτελέσει από μόνο του το αντικείμενο μίας νέας διπλωματικής διατριβής, ίσως και παραπάνω. Θα μπορούσε, δηλαδή, να αναπτυχθεί ένα σύστημα, τὸ οποίο θα χρησιμοποιούσε το

αποτέλεσμα μιας διαδικασίας ταξινόμησης σαν αυτούσια εισροή (π.χ. το G.I.S. (Arc/Info), μετά από την κατάλληλη μετατροπή της εικόνας). Η ύπαρξη ενός κατάλληλα διαμορφωμένου Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων για το συνδυασμό και τη διαχείριση των χωρικών και των χωρικών δεδομένων, θα αποτελούσε το χαρακτηριστικότερο σημείο σύγκλισης της Τηλεπισκόπησης με το G.I.S.. Παρόλ' αυτά, το σημαντικότερο στοιχείο της ανάπτυξης ενός τέτοιου συστήματος θα αποτελούσε η δυναμική του. Το κατά πόσο, δηλαδή, θα είχε την ευελιξία να ενημερώνεται με νέα κανναβικά δορυφορικά δεδομένα, ώστε να είναι σε θέση ο χρήστης να διεξάγει επίκαιρες αναλύσεις.

6.3 Συμπέρασμα

Ακόμα και αν δεχθεί κανείς, ότι η μεθοδολογία που μόλις αναπτύχθηκε δεν είναι αρκετή για να οδηγήσει σε ασφαλή και άμεσα εφαρμόσιμα αποτελέσματα, είμαστε σίγουροι ότι δεν αμφισβητείται το γεγονός, ότι προκειμένου να ολοκληρωθεί (ή έστω να φθάσει στο σημείο αυτό) αυτή η διπλωματική διατριβή, έπρεπε προηγουμένως να στηθεί ένα ολόκληρο εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και G.I.S., από την αρχή.

Επιπλέον, πιστεύουμε ότι το τελικό αποτέλεσμα δεν είναι διόλου ευκαταφρόνητο, αλλά αξιοποιήσιμο για λογαριασμό της χωροταξίας.

Βιβλιογραφία

1. Burrough, P.A., 1986. "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment". Clarendon Press, Oxford.
2. Chance, A., Newell, R.G. and Theriault, D.G., 1990. "An Object - Oriented G.I.S. - Issues and Solutions". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
3. Curran, P.J., 1986. "Principles of Remote Sensing". Longman Group Ltd, Harlow.
4. De Jong, S.M., 1990. "Integration of Remotely Sensed Data to Determine SPOT Classification Accuracy". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
5. Donnay, J.P., Collette, B. and Binard, M., 1990. "Vector Data Handling with a G.I.S. Raster - Based". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
6. Downey, I.D., Heywood, D.I. and Petch, J.R., 1990. "Digital Remote Sensing Information in Urban Environment G.I.S.". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
7. E.R.M. (Earth Resource Mapping), 1993. "Applications Manual". San Diego, U.S.A.
8. E.R.M. (Earth Resource Mapping), 1993. "Reference Manual". San Diego, U.S.A.
9. E.S.R.I. (Environmental Systems Research Institute), 1992. "ARCEDIT Command References". Redlands, California.
10. E.S.R.I. (Environmental Systems Research Institute), 1992. "AML User's Manual". Redlands, California, U.S.A.
11. E.S.R.I. (Environmental Systems Research Institute), 1992. "ARCPLLOT Command References". Redlands, California, U.S.A.
12. E.S.R.I. (Environmental Systems Research Institute), 1991. "Image Integration". Redlands, California, U.S.A.
13. E.S.R.I. (Environmental Systems Research Institute), 1991. "Map Display & Query". Redlands, California, U.S.A.
14. E.S.R.I. (Environmental Systems Research Institute), 1991. "Map Projections & Coordinate Management". Redlands, California, U.S.A.

15. Haemers, P.B.M., 1990. "Integration of G.I.S. and Remote Sensing Data: Accuracy Assessment". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
16. Janjaap, H., Henk, F.L. and Henk, J.S., 1990. "E.G.I.S. '90 and the Development and Application of Geographical Information Systems in Europe. Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
17. Jansen, L., 1990. "G.I.S. Supported Land Cover Classification of Satellite Images. Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
18. Κατσάμπαλος, Κ.Ε. και Τζιάβος, Η.Ν., 1991. "Φυσική Γεωδαισία". Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
19. Κουτσόπουλος, Κ. 1990. "Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου". Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
20. Λιβιεράτος, Ε., 1988. "Γενική Χαρτογραφία και Εισαγωγή στη Θεματική Χαρτογραφία". Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
21. Lemmens, M., 1990. "Strategies for the Integration of Raster and Vector Data". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
22. Pantazis, D., 1994. "La Methode de Conception de Systeme d' Information Geographique (ME.CO.S.I.G.) et le Formalisme CON.G.O.O. (Conception Geographique Orientee Objet)". Conference Proceedings, EGIS/MARI, Paris.
23. Παρασχάκης, Ι., Παπαδοπούλου, Μ. και Πατιάς, Π., 1990. "Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία". Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
24. Ρωσσικόπουλος, Δ., 1992. "Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί". Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
25. Wilkinson, G.G. and Megier, J., 1990. "A Belief Function Approach for Using G.I.S. Derived Spatial Context in Satellite Image Understanding". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.
26. Yeorgaroudakis, Y., 1990. "The G.I.S. of the Future". Conference Proceedings, E.G.I.S. '90, Amsterdam.

27. Zhou, Q. and Garner, B.J., 1991. "On the Integration of G.I.S. and Remotely Sensed Data: Towards an Integrated System to Handle the Large Volume of Spatial Data". Conference Proceedings, SSD '91, Zurich.

