

# Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία

Ι. Παρασχάκης  
Μ. Παπαδοπούλου  
Π. Πατιάς



Εκδόσεις Ζήτη  
Θεσσαλονίκη

## Πρόλογος

Η Χαρτογραφία είναι μια ευρεία επιστήμη, η οποία ασχολείται με την επεξεργασία και τη γραφική απόδοση στοιχείων, που αφορούν στα φυσικά φαινόμενα, όπως πχ η επιφάνεια και το υπέδαφος της γης, στα μετεωρολογικά φαινόμενα κλπ, αλλά και στα ανθρωπογενή (κοινωνικο-οικονομικά) φαινόμενα, όπως πχ οι απογραφές πληθυσμού, η εργασία, η αναψυχή, οι χρήσεις γης κλπ. Επίσης συνδέεται στενά με τις συγγενείς επιστήμες της Γεωδαισίας, της Τοπογραφίας, της Φωτογραμμετρίας και της Τηλεπισκόπησης, των οποίων το κύριο αντικείμενο είναι η συλλογή δεδομένων.

Η Χαρτογραφία παραδοσιακά έχει χωρισθεί σε διάφορους κλάδους, που ασχολούνται με επί μέρους γνωστικά αντικείμενα. Έτσι η επονομαζόμενη “Μαθηματική Χαρτογραφία”, ασχολείται με τον τρόπο απόδοσης μιας μη-επίπεδης επιφάνειας σε μια επίπεδη επιφάνεια με τη βοήθεια μαθηματικών προβολών, καθώς και τους τρόπους μοντελοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων μέσω μεθόδων παρεμβολής, εξομάλυνσης και γενίκευσης. Αντίστοιχα ο κλάδος της “Θεματικής Χαρτογραφίας” ασχολείται με την επεξεργασία και απόδοση της θεματικής (μη-γεωμετρικής) πληροφορίας, ενώ κάποιο ιδιαίτερο κομμάτι της, ασχολείται με τη μελέτη του συμβολισμού και των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται, όπως και τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα χάρτη. Τα τελευταία χρόνια, εμφανίστηκαν στη Χαρτογραφία διάφοροι όροι, όπως “Αναλυτική Χαρτογραφία” και “Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία” ή “Χαρτογραφία με χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή”. Οι όροι αυτοί είχαν ως σκοπό τον επαναπροσδιορισμό των χαρτογραφικών διαδικασιών, κάτω από τις συνθήκες που επέβαλλε η ανάπτυξη της σύγχρονης τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών (ΗΥ) και της Πληροφορικής.

Ο όρος “Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία”, ο οποίος έχει επικρατήσει την τελευταία δεκαετία, δεν αναφέρεται απλώς σ’ ένα τμήμα της Χαρτογραφίας, αλλά αφορά στην εξέλιξη του συνόλου των χαρτογραφικών διαδικασιών (δηλ. της συλλογής, επεξεργασίας, αποθήκευσης, ενημέρωσης και απόδοσης δεδομένων). Έτσι, πέρα από τα αντικείμενα που παραδοσιακά απασχολούν τη Χαρτογραφία, η Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία καλύπτει ένα πλήθος δραστηριοτήτων, όπως πχ η αυτόματη σχεδίαση με ΗΥ, οι μεθοδολογίες συμπίεσης δεδομένων, οι τρόποι και οι μεθοδολογίες αποθήκευσης στοιχείων, οι δομές βάσεων δεδομένων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών κλπ.

Το βιβλίο αυτό είναι η πρώτη προσπάθεια που γίνεται στην ελληνική βιβλιογραφία στο νέο αυτό χώρο της Αυτοματοποιημένης Χαρτογραφίας. Αν

μάλιστα λάβει κανείς υπόψη του και τη σχετική έλλειψη αντίστοιχου βοηθήματος, που παρατηρείται στη διεθνή βιβλιογραφία, γίνεται εύκολα κατανοητή η ιδιαιτερότητα του συγγράμματος, στην οποία οφείλονται και οι τυχόν παραλείψεις. Κύριος σκοπός του βιβλίου, είναι να καλύψει τις ανάγκες του μαθήματος “Εφαρμογές Αυτοματοποιημένης Χαρτογραφίας”, το οποίο διδάσκεται στο 7ο εξάμηνο του Τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Πέρα όμως από αυτό απευθύνεται ταυτόχρονα και στους όλους τους Τοπογράφους Μηχανικούς, παρέχοντας βασικές αλλά και βαθύτερες γνώσεις σχετικά με τον αυτοματισμό στη Χαρτογραφία. Επίσης, εξ αιτίας της συγγένειας του αντικειμένου του βιβλίου με τους ΗΥ, αρκετές μέθοδοι αυτοματισμού που παρατίθενται, παραπέμπουν στο βιβλίο “Σχεδίαση με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή”, των συγγραφέων.

Έχει καταβληθεί προσπάθεια από μέρος των συγγραφέων, ώστε το παρόν σύγγραμμα να καλύψει τις εξής ανάγκες: α) να παρουσιάσει όλους εκείνους τους όρους και τις διαδικασίες της παραδοσιακής Χαρτογραφίας, αλλά και την αναθεώρησή τους, σύμφωνα με τις καινούργιες πρακτικές και τη σύγχρονη τεχνολογία των ΗΥ, β) να παρουσιάσει και να εφαρμόσει στην Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία διάφορες μεθοδολογίες και διαδικασίες (όπως πχ τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους), που ήδη χρησιμοποιούνται από άλλες επιστήμες (όπως πχ Φωτογραμμετρία, Γεωδαισία κά) και οι οποίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στη λύση χαρτογραφικών προβλημάτων και γ) να εξετάσει τις νέες τάσεις αλλά και τις ανάγκες (Βάσεις χαρτογραφικών δεδομένων, συμπίεση δεδομένων, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Έμπειρα Συστήματα), που εμφανίζονται στη σύγχρονη Χαρτογραφία.

Πιστεύουμε ότι το βιβλίο αυτό θα πρέπει να εκτιμηθεί μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο της εποχής των Επικοινωνιών της Πληροφορικής που ζούμε. Αυτό, διότι ο ουσιαστικότερος σκοπός της σημερινής Χαρτογραφίας (αλλά και πολλών άλλων επιστημών) είναι να δώσει αποτελεσματικές λύσεις στα εξής δύο βασικά προβλήματα: α) την ανάγκη συλλογής και επεξεργασίας όλο και μεγαλύτερου ποσού Πληροφορίας και β) την ανάγκη επεξεργασίας και επιλεκτικής απόδοσης της Πληροφορίας με τέτοιο τρόπο, ώστε πράγματι να υπάρχει Επικοινωνία χρήστη-πληροφορίας και να είναι δυνατή η λήψη αποφάσεων.

Πριν κλείσουμε, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τη συνάδελφο κ. Όλγα Γεωργούλα για την ουσιαστική βοήθεια που παρείχε κατά τη συγγραφή του κειμένου και τη δημιουργία του εξωφύλλου.

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 1991

Οι συγγραφείς

Ι. Παρασχάκης, Επ. Καθηγητής ΑΠΘ

Μ. Παπαδοπούλου, Λέκτορας ΑΠΘ

Π. Πατιάς, Λέκτορας ΑΠΘ

# Περιεχόμενα

<b>1. Αυτοματισμός &amp; Χαρτογραφία</b> .....	1
1.1 Χαρτογραφικά δεδομένα .....	3
Βιβλιογραφία .....	6
<b>2. Διανυσματική και ψηφιδωτή απεικόνιση του χάρτη</b> .....	7
2.1 Μετατροπή χάρτη από διανυσματική μορφή σε ψηφιδωτή .....	10
Ψηφιδωποίηση .....	11
Πάχυνση των γραμμών .....	13
2.2 Μετατροπή χάρτη από ψηφιδωτή μορφή σε διανυσματική .....	15
Σκελετοποίηση .....	11
Εξαγωγή των γραμμών .....	20
Ανακατασκευή της τοπολογίας .....	22
2.3 Αυτόματη συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων για πρωτογενείς χάρτες .....	23
2.4 Αυτόματη συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων για παράγωγους χάρτες .....	27
Ψηφιοποιητής .....	27
Σαρωτής .....	30
Βιβλιογραφία .....	33
<b>3. Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία και ψηφιακός χάρτης</b> .....	35
3.1 Δομή του ψηφιακού χάρτη .....	37
Σημειακές γραφικές μορφές .....	38
Γραμμικές γραφικές μορφές .....	38
Επιφανειακές γραφικές μορφές .....	39
Αλφαριθμητικές γραφικές μορφές .....	39
Γεωμετρικές και αλφαριθμητικές γραφικές μορφές .....	40
3.2 Ψηφιοποίηση και διαχείριση χάρτη κατά τη φάση της συλλογής .....	42
3.3 Διαχείριση και ενημέρωση του ψηφιακού χάρτη .....	45
3.4 Απόδοση του ψηφιακού χάρτη .....	46
Οθόνη γραφικών .....	46
Αυτόματος σχεδιαστής .....	48
Ηλεκτροστατικός αυτόματος σχεδιαστής .....	52
Σταθμός εργασίας γραφικών .....	53
3.5 Συστήματα CAC .....	54
Βιβλιογραφία .....	59
<b>4. Βάσεις χαρτογραφικών δεδομένων</b> .....	61
4.1 Μοντέλο του απλού πίνακα .....	61
4.2 Ιεραρχικό μοντέλο .....	62
4.3 Μοντέλο δικτύου .....	64
4.4 Σχεσιακό μοντέλο .....	65
4.5 Αντικειμενοστρωφές μοντέλο .....	66
4.6 Βάση χαρτογραφικών δεδομένων .....	67
4.7 Συμβατότητα χαρτογραφικών βάσεων .....	68
Βιβλιογραφία .....	74

<b>5. Γεωμετρικοί μετασχηματισμοί συντεταγμένων ψηφιοποίησης</b> .....	75
5.1 Σφάλματα ψηφιοποίησης χάρτη .....	76
5.2 Απαλοιφή σφαλμάτων ψηφιοποίησης με τη Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων .....	77
5.3 Μετασχηματισμός ομοιότητας ή σύμμορφος .....	78
5.4 Αφινικός μετασχηματισμός .....	81
5.5 Διγραμμικός μετασχηματισμός .....	84
5.6 Επιλογή του κατάλληλου γεωμετρικού μετασχηματισμού .....	88
Μεθοδολογία απαλοιφής όρων του μετασχηματισμού .....	89
Μεθοδολογία πρόσθεσης όρων στο μετασχηματισμό .....	91
Βιβλιογραφία .....	93
<b>6. Επεξεργασία δεδομένων</b> .....	95
6.1 Ντετερμινιστικά και στατιστικά μοντέλα χαρτογραφικών φαινομένων .....	95
6.2 Ντετερμινιστικά μοντέλα .....	96
Πολυωνυμικά μοντέλα .....	96
Πεπερασμένα στοιχεία και κυβικές splines .....	98
6.3 Στοχαστικά μοντέλα .....	100
Γενικά πολυωνυμικά μοντέλα .....	101
Μοντέλα Αυτοπαλινδρόμησης (AR) .....	101
Μοντέλα Κινητού Μέσου Όρου (MA) .....	102
Μικτά ARMA μοντέλα .....	102
Μοντέλα διαφορικών εξισώσεων .....	103
Η έννοια των Fractals ως στοχαστικό μοντέλο .....	104
6.4 Μια ολοκληρωμένη άποψη για τη μοντελοποίηση των χαρτογραφικών φαινομένων .....	106
6.5 Χαρτογραφική παρεμβολή, εξομάλυνση και γενίκευση .....	111
Συναρτήσεις βάρους στη 1-Δ και στις 2-Δ .....	112
Διδιάστατες μέθοδοι παρεμβολής .....	114
6.6 Αναλυτικές παρεμβολές .....	116
Απλή, πιστή και αναλυτική παρεμβολή ( $m=n$ ) .....	117
Πιστή αναλυτική παρεμβολή και πιστή αναλυτική παρεμβολή του ελαχίστου μέτρου με τη MET ( $m>n$ ) .....	120
Εξομαλυντική αναλυτική και υβριδική εξομαλυντική αναλυτική παρεμβολή με τη MET ( $m<n$ ) .....	125
6.7 Αλγοριθμικές διακριτές διδιάστατες παρεμβολές .....	128
Πιστή και εξομαλυντική παρεμβολή με τη μέθοδο της σημειακής προσαρμογής .....	128
Μέθοδος της απλής και της κεντροβαρικής κινητής μέσης τιμής και δυναμικό χαρτογραφικής επιφάνειας .....	132
Βιβλιογραφία .....	136
<b>7. Χαρτογραφική γενίκευση</b> .....	139
7.1 Ταξινόμηση μεθόδων χαρτογραφικής γενίκευσης .....	140
7.2 Η γραμμή ως σύνολο σημείων .....	142
7.3 Γενίκευση γραμμής που αποτελείται από εξίσου σημαντικά σημεία .....	142
Η μέθοδος διατήρησης του K-οστού σημείου .....	142
Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή της απόστασης .....	143
7.4 Η γραμμή αποτελείται από λιγότερο και περισσότερο σημαντικά σημεία .....	144
Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή της γωνίας .....	145
Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή της κάθετης απόστασης.....	146

	Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή μέσω της οπτικής γωνίας .....	147
7.5	Η γραμμή ως γραμμικό φαινόμενο .....	147
7.6	Η γραμμή ως ντετερμινιστικό γραμμικό φαινόμενο .....	148
	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες σε πολυωνυμικά μοντέλα .....	148
	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες στη φασματική ανάλυση .....	152
7.7	Η γραμμή ως στοχαστικό γραμμικό φαινόμενο .....	155
	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες στη σημειακή προσαρμογή .....	155
	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες σε ARMA μοντέλα .....	156
	Η μέθοδος της κινητής κεντροβαρικής μέσης τιμής .....	156
7.8	Η γραμμή ως fractal .....	162
7.9	Η γραμμή ως επιφανειακό φαινόμενο απειροστού πλάτους .....	163
7.10	Ένα γενικό πλαίσιο για την αξιολόγηση των διαφόρων μεθόδων γενίκευσης.....	165
	Χαρτογραφικά κριτήρια .....	165
	Αλγοριθμικά κριτήρια .....	166
7.11	Το πρόβλημα της μετατόπισης των χαρτογραφικών αντικειμένων μετά τη γενίκευση .....	166
	Βιβλιογραφία .....	169
	Γενική βιβλιογραφία .....	169
1.	Η γραμμή ως σύνολο σημείων .....	171
1.1	Η μέθοδος της διατήρησης του K-οστού σημείου .....	171
1.2	Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή της απόστασης .....	171
1.3	Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή της γωνίας .....	171
1.4	Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή της κάθετης απόστασης.....	172
1.5	Η μέθοδος της απαλοιφής σημείων με επιλογή μέσω της οπτικής γωνίας .....	172
2.	Η γραμμή ως γραμμικό φαινόμενο .....	172
2.1	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες σε πολυωνυμικά μοντέλα .....	172
2.2	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες σε φασματική ανάλυση .....	173
2.3	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες στη σημειακή προσαρμογή .....	173
2.4	Μέθοδοι γενίκευσης βασισμένες σε ARMA μοντέλα .....	174
<b>8.</b>	<b>Αυτοματοποιημένη απόδοση φύλλου χάρτη</b> .....	<b>177</b>
8.1	Διόρθωση των λαθών που προέρχονται από ψηφιοποίηση .....	178
8.2	Η αυτοματοποιημένη σχεδίαση των εξωτερικών γνωρισμάτων του φύλλου .....	182
8.3	Αποκοπές του γεωμετρικού περιεχομένου ως προς τα όρια του φύλλου .....	184
8.4	Αυτοματοποιημένη σχεδίαση του περιεχομένου του φύλλου. Σημειακά σύμβολα .....	187
8.5	Αυτόματοποιημένη σχεδίαση γραμμικών συμβολισμών .....	188
8.6	Αυτοματοποιημένη σχεδίαση επιφανειακών συμβολισμών .....	191
8.7	Αυτοματοποιημένη σχεδίαση ονομάτων .....	194
	Βιβλιογραφία .....	197
<b>9.</b>	<b>Ψηφιακά μοντέλα εδάφους</b> .....	<b>199</b>
9.1	Εισαγωγή .....	199
9.2	Δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους .....	200
9.3	Επιλογή του βέλτιστου βήματος του τετραγωνικού καννάβου .....	204

	Μέθοδος διαδοχικών προσεγγίσεων .....	204
	Μέθοδος μετασχηματισμού Fourier .....	205
9.4	Δημιουργία τετραγωνικού καννάβου από ισοΐψείς καμπύλες .....	206
	Χαρακτηριστικά των ισοΐψών καμπύλων .....	207
	Μεθοδολογίες παρεμβολής από ισοΐψείς σε τετραγωνικό καννάβο .....	208
9.5	Δημιουργία καννάβου από τυχαία συλλεγμένα σημεία .....	210
9.6	Χαρακτηριστικές γραμμές της επιφάνειας του εδάφους .....	212
9.7	Κατηγοροποίηση εδαφών .....	214
	Παράμετροι περιγραφής του αναγλύφου .....	214
	Βιβλιογραφία .....	216
<b>10.</b>	<b>Σύγχρονες προοπτικές και προβλήματα .....</b>	<b>219</b>
10.1	Συμπύεση δεδομένων .....	219
	Η ανάγκη της συμπύεσης .....	219
	Εισαγωγή στη συμπύεση ψηφιακών δεδομένων .....	221
	Μέθοδοι συμπύεσης δεδομένων .....	225
10.2	Τεχνητή νοημοσύνη και έμπειρα συστήματα .....	226
10.3	Τα χαρακτηριστικά ενός έμπειρου συστήματος .....	227
	Έμπειρο νοημοσύνη .....	228
	Συμβολική διαλεκτική .....	228
	Εμβάθυνση .....	229
	Αυτογνωσία .....	230
10.4	Έμπειρα συστήματα και Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία .....	231
	Βιβλιογραφία .....	233
<b>11.</b>	<b>Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Συστήματα Πληροφοριών Γης (GIS/ LIS) .....</b>	<b>235</b>
11.1	Τι είναι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών/ Σύστημα Πληροφοριών Γης .....	235
11.2	Η ιστορική εξέλιξη των GIS/LIS .....	238
11.3	Η διάρθρωση ενός GIS/LIS .....	239
11.4	Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της δομής ενός GIS/LIS .....	243
11.5	Μια καταγραφή των GIS/LIS .....	246
11.6	Τάσεις και εξελίξεις στα GIS/LIS .....	249
	Βιβλιογραφία .....	256
	<b>Παράρτημα .....</b>	<b>257</b>
1.	Σειρά και μετασχηματισμός Fourier .....	257
2.	Ανάπτυξη συνάρτησης σε σειρά Fourier στη 1-Δ .....	257
3.	Διακριτός μετασχηματισμός Fourier στη 1-Δ .....	258
4.	Ανάπτυξη συνάρτησης σε σειρά Fourier στις 2-Δ .....	259
5.	Διακριτός μετασχηματισμός Fourier στις 2-Δ .....	260
6.	Βαθμός ανάλυσης της πληροφορίας στη 1-Δ και στις 2-Δ .....	260
7.	Φάσμα ενέργειας .....	262
	Βιβλιογραφία .....	263

# Αυτοματισμός & Χαρτογραφία

Η μεγάλη εξέλιξη των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (ΗΥ) –κυρίως τις δύο τελευταίες δεκαετίες –και γενικότερα της επιστήμης της Πληροφορικής, δημιούργησε καινούργιες προοπτικές στις εφαρμοσμένες επιστήμες, εισάγοντας σ' αυτές την έννοια της **αυτοματοποίησης**. Ειδικά στη Χαρτογραφία οι επιδράσεις αυτές είχαν καταλυτικό χαρακτήρα και συνέτειναν στη δημιουργία ενός νέου κλάδου, ο οποίος αφομοίωσε την τεχνολογία των ΗΥ και ονομάζεται **Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία** (Automated Cartography) ή **Χαρτογραφία μέσω ΗΥ** (Computer Assisted Cartography, CAC).

Με τον όρο Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία ή Χαρτογραφία μέσω ΗΥ, εννοούμε το αυτοδύναμο εκείνο κομμάτι της Χαρτογραφίας, το οποίο συλλέγει, επεξεργάζεται και αποδίδει τα χαρτογραφικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας ως εργαλεία τους ΗΥ και τις ειδικές περιφερειακές συσκευές τους. Όλα αυτά γίνονται σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που παρέχονται από το **λογισμικό για γραφικά** (graphics software), τα διάφορα **περιβάλλοντα γραφικών** (Graphical User Interfaces, GUI), τις **βιβλιοθήκες γραφικών** (graphics libraries) και τα προγράμματα διαχείρισης **βάσεων δεδομένων** (data bases). Για λόγους απλούστευσης, από δω και στο εξής θα χρησιμοποιούμε μόνο τον όρο “Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία”, για να εκφράσουμε τον αυτοματισμό στη Χαρτογραφία. Έτσι λοιπόν η Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία, η οποία αποτελεί στην ουσία *τη σύγχρονη έκφραση της Χαρτογραφίας*, τείνει στο εγγύς μέλλον να αντικαταστήσει σχεδόν ολοκληρωτικά τις παραδοσιακές χαρτογραφικές μεθόδους στις διάφορες χαρτογραφικές διαδικασίες.

Η εισαγωγή του αυτοματισμού στη Χαρτογραφία, δημιούργησε την ανάγκη για αυστηρότερους και ακριβέστερους –από μαθηματική άποψη– ορισμούς, κυρίως σε θέματα επεξεργασίας των χαρτογραφικών δεδομένων, όπως πχ, προσαρμογές σε μαθηματικά μοντέλα, παρεμβολές, εξομαλύνσεις κλπ. Επίσης αφ' ενός μεν συνετέλεσε στην απελευθέρωση του ανθρώπινου δυναμικού από επίπονες και χρονοβόρες διαδικασίες, αφ' ετέρου δε μαζικοποίησε και επιτάχυνε την παραγωγή των χαρτών. Η χαρτογράφηση των



διαφόρων δυναμικών φαινομένων και ιδιαίτερα αυτών που μεταβάλλονται πολύ γρήγορα, όπως πχ τα μετεωρολογικά φαινόμενα, απέκτησε με τον αυτοματισμό καινούργια διάσταση, καθώς αυξήθηκε η ταχύτητα των φάσεων της επεξεργασίας και της απόδοσής τους σε γραφικό αρχείο (χάρτης). Η Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία δημιούργησε επιπλέον καινούργια χαρτογραφικά προϊόντα, όπως είναι οι **οπτικοηλεκτρονικοί** (video maps) και οι **ψηφιακοί χάρτες** (digital maps). Οι τελευταίοι παρέχουν ταυτόχρονα τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης, μέσω της οθόνης γραφικών στην οποία απεικονίζονται. Επιπλέον ο αυτοματισμός επεξέτεινε τα όρια της “κλασσικής” Χαρτογραφίας.

Η παρέμβαση του αυτοματισμού στη χαρτογραφική διαδικασία από πλευράς Χαρτογραφίας, εξαρτάται βασικά από το είδος του χάρτη, δηλαδή αν αυτός είναι πρωτογενής ή παράγωγος. Για τους **πρωτογενείς χάρτες γεωμετρικού και θεματικού** περιεχομένου, ο αυτοματισμός υπεισέρχεται στη φάση της **επεξεργασίας** για την προσαρμογή των δεδομένων σε κάποιο **γεωμετρικό ή μαθηματικό** μοντέλο, όπως πχ στη χάραξη ισαριθμικών καμπύλων με παρεμβολή ή με προσαρμογή μιας μαθηματικής επιφάνειας και στη φάση της **αρχαιοθέτησης**, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1-1. Η συλ-

	ΣΥΛΛΟΓΗ	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΧΑΡΤΕΣ	Παρατηρήσεις γεωμετρικού τύπου. Τοπογραφία, Φωτογραμμετρία (Γεωδαισία, Τηλεπισκόπηση).	Τοπογραφία, Φωτογραμμετρία, (Γεωδαισία, Τηλεπισκόπηση), <b>Χαρτογραφία</b>	Χάρτες γεωμετρικού τύπου με χαρτομετρική εφαρμογή. <b>Χαρτογραφία</b>
	Παρατηρήσεις θεματικού τύπου. Τηλεπισκόπηση, Φυσικές & Ανθρώπινες Επιστήμες.	Τηλεπισκόπηση, Φυσικές & Ανθρώπινες Επιστήμες. <b>Χαρτογραφία</b>	Χάρτες θεματικού τύπου. <b>Χαρτογραφία</b>
ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ΧΑΡΤΕΣ	Επινοήσεις γεωμετρικού τύπου. <b>Χαρτογραφία</b>	<b>Χαρτογραφία</b>	Χάρτες επινοήσεων γεωμετρικού τύπου. <b>Χαρτογραφία</b>
	Επινοήσεις θεματικού τύπου. <b>Χαρτογραφία</b>	<b>Χαρτογραφία</b>	Χάρτες επινοήσεων θεματικού τύπου. <b>Χαρτογραφία</b>

Πίν. 1-1. Η χαρτογραφική διαδικασία στους πρωτογενείς και τους παράγωγους χάρτες.

λογή των δεδομένων στους πρωτογενείς χάρτες, καθώς και ένα μέρος της επεξεργασίας τους, είναι καθαρά αντικείμενο των αντίστοιχων Επιστημών. Στους **παράγωγους** χάρτες **γεωμετρικού ή θεματικού** περιεχομένου, ο χαρτογραφικός αυτοματισμός υπεισέρχεται **σ' όλες τις φάσεις** της χαρτογραφικής διαδικασίας (Πίν. 1-1).

## 1.1 Χαρτογραφικά δεδομένα

Ως **χαρτογραφικά δεδομένα**, θεωρούμε το σύνολο των δεδομένων, που είναι απαραίτητα για την κατασκευή του χάρτη. Τα χαρτογραφικά δεδομένα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Ανάλογα με τον **τύπο** τους, διακρίνονται σε **γεωμετρικά** και **θεματικά** (μη γεωμετρικά). Ανάλογα με την **προέλευσή** τους, κατατάσσονται σε **παρατηρούμενα** (συγκεκριμένα) και **επινοήσεις** (αφηρημένα). Έτσι δεδομένα που προέρχονται από **παρατηρήσεις γεωμετρικού τύπου**, συλλέγει η Γεωδαισία, η Τοπογραφία, η Φωτογραμμετρία και η Τηλεπισκόπηση. Αντίστοιχα δεδομένα που είναι **παρατηρήσεις θεματικού τύπου**, συλλέγονται από τη Φωτογραμμετρία, Τηλεπισκόπηση και τις Φυσικές και Ανθρώπινες Επιστήμες, όπως πχ, η Μετεωρολογία, η Σεισμολογία, η Κοινωνιολογία, η Οικονομία κá. Οι **επινοήσεις γεωμετρικού τύπου**, όπως πχ, οι ισαριθμικές καμπύλες, ο κάρναβος, κλπ και αντίστοιχα οι **επινοήσεις θεματικού τύπου**, όπως πχ, οι αφηρημένες χαρτογραφικές επιφάνειες, το δυναμικό κλπ, περιγράφουν **αφηρημένα** φαινόμενα. Αντιθέτως, οι **παρατηρήσεις γεωμετρικού τύπου**, περιγράφουν **συγκεκριμένα** φαινόμενα, όπως είναι πχ, η ρυμοτομία, το οδικό δίκτυο, οι κτιριακές κατασκευές κλπ. Στο σχήμα 1-1, φαίνεται η κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, όπως περιγράφηκε προηγουμένως.

Με την επεξεργασία παρατηρήσεων **γεωμετρικού τύπου** (όπως πχ, πλευρές, γωνίες κλπ), έχουμε τη δυνατότητα να ορίσουμε το **γεωμετρικό μοντέλο αναφοράς** του χάρτη (γεωμετρικό υπόβαθρο). Αποδίδοντας στο γεωμετρικό μοντέλο αναφοράς, φαινόμενα που είναι δυνατό να περιγραφούν από **γεωμετρικές παρατηρήσεις**, δημιουργούνται χάρτες με **γεωμετρικές δυνατότητες** (όπως πχ, τεχνικοί χάρτες κλπ). Οι χάρτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν **χαρτομετρικά**, που σημαίνει ότι παρέχουν **μετρητική** πληροφορία και καθιστούν δυνατή τη **γεωμετρική αναπαραγωγή** της πραγματικότητας, μέσα βέβαια στα ανεκτά λόγω της κλίμακας του χάρτη όρια. Η αναπαραγωγή γίνεται με μετρήσεις πάνω στο χάρτη και η ακρίβειά της εξαρτάται άμεσα από την κλίμακα. Η απόδοση στο γεωμετρικό μοντέλο αναφοράς κάποιων αφηρημένων φαινομένων, που είναι όμως δυνατό να περιγραφούν από επινοήσεις γεωμετρικού τύπου, δίνει τη δυνατότητα κατασκευής χαρτών, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι σε κάποιο **μο-**



Σχ. 1-1. Κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, ανάλογα με τον τύπο και την προέλευσή τους.

**ντέλο γεωμετρικής αναπαράστασης.** Αντίστοιχα οι χάρτες **θεματικής αναπαράστασης**, αναφέρονται σε θεματικές παρατηρήσεις. Αποδίδοντας στο μοντέλο αναφοράς αφηρημένα φαινόμενα, που περιγράφονται από θεματικές επινοήσεις, δημιουργούμε χάρτες προσαρμοσμένους σε κάποιο μαθηματικό μοντέλο. Στον πίνακα 1-1 είδαμε το χωρισμό των βασικών κατηγοριών χαρτών, ανάλογα με τον τρόπο συλλογής επεξεργασίας και αρχειοθέτησης των δεδομένων τους.

Ανεξάρτητα απ' τον τύπο και την προέλευσή τους, τα χαρτογραφικά δεδομένα μπορούν να χωρισθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες, που είναι: α) τα **ονομαστικά**, β) τα **ποιοτικά-ποσοτικά** και γ) τα **αριθμητικά** (Σχ. 1-2). Πιο αναλυτικά έχουμε:

**Ονομαστικά:** Τα ονομαστικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από την **ονομασία** τους, όπως πχ τα ονόματα πόλεων και χωριών, ονομασίες οδών κλπ.



**Σχ. 1-2.** Κατάταξη των χαρτογραφικών δεδομένων, ανεξάρτητα από τον τύπο και την προέλευσή τους.

**Ποιοτικά–ποσοτικά:** Τα ποιοτικά–ποσοτικά δεδομένα αναφέρονται σε κάποιο **ποιοτικό–ποσοτικό χαρακτηριστικό** ή **είδος**, όπως πχ κύρια οδική αρτηρία, δευτερεύουσα οδική αρτηρία, πρωτεύουσα νομού, πρωτεύουσα επαρχίας, χωριό, είδος ηλεκτρικού δικτύου, είδος καλλιέργειας κλπ. Το ποσοτικό στην προηγούμενη περίπτωση δεν έχει να κάνει με μια συγκεκριμένη τιμή του δεδομένου, αλλά περισσότερο με τον ποιοτικό χαρακτηρισμό, πχ πολυώροφη οικοδομή, οδός με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας κλπ.

**Αριθμητικά:** Τα αριθμητικά δεδομένα περιγράφουν φαινόμενα **αναλογικά** με συνεχή κατανομή στο χώρο, όπως είναι πχ, οι συντεταγμένες των σημείων, το υψόμετρο του εδάφους, η θερμοκρασία του αέρα, η ατμοσφαιρική πίεση, η βαρύτητα κλπ, καθώς και φαινόμενα **διακριτά (ψηφιακά)**, όπως πχ, ο πληθυσμός πόλεων, ο αριθμός των επιβατών που διακινήθηκαν από κάποιο λιμάνι ή αεροδρόμιο, ο αριθμός των ορόφων μιας πολυκατοικίας κλπ. Τα αριθμητικά δεδομένα που αναφέρονται σε διακριτά φαινόμενα, αποδίδονται με **ακεραίους**, ενώ αντίστοιχα τα αναλογικά φαινόμενα με **πραγματικούς** αριθμούς. Η μετατροπή ενός **αναλογικού** μεγέθους σε **ψηφιακό** γενικά, ονομάζεται **ψηφιοποίηση**.

Η παράσταση των ονομαστικών, όπως και των ποιοτικών–ποσοτικών δεδομένων, γίνεται με **σύμβολα** ή με **λέξεις**. Τα αριθμητικά δεδομένα παρίστανται με τον **αριθμό** που εκφράζει το φαινόμενο και ο οποίος είναι ακέραιος (διακριτά) ή πραγματικός (αναλογικά).

## Διανυσματική και ψηφιδωτή απεικόνιση του χάρτη

Στη γενική περίπτωση ένας χάρτης για να είναι *συμβατός* μ' έναν ΗΥ και τις περιφερειακές συσκευές του και κατ' επέκταση *αναγνώσιμος* απ' αυτές, θα πρέπει να μετατραπεί απ' τη φυσική του μορφή, σε κάποια άλλη αναγνωρίσιμη από τον ΗΥ. Η διαδικασία αυτή μετατρέπει τη διδιάστατη *αναλογική* κατανομή του χάρτη σε *ψηφιακή*. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικές μέθοδοι **μορφοποίησης** ή **μορφής** (format) των χαρτογραφικών δεδομένων, σε κάποιου είδους **ψηφιακή μορφή** (digital format). Οι μέθοδοι ξεχωρίζουν ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιούν. Η πρώτη απ' αυτές μετατρέπει τη μορφή του χάρτη σε **μορφή διανύσματος** (vector format) ή **διανυσματική μορφή**, χρησιμοποιώντας την τεχνική του διανύσματος και η δεύτερη σε **μορφή ψηφιδωτού** (raster format) ή **ψηφιδωτή μορφή**, χρησιμοποιώντας την τεχνική του ψηφιδωτού. Οι μέθοδοι ονομάζονται αντίστοιχα **μέθοδος του διανύσματος** ή **διανυσματική μέθοδος** και **μέθοδος του ψηφιδωτού** ή **ψηφιδωτή μέθοδος**. Και οι δύο μέθοδοι, συγχρόνως με τη μετατροπή αυτή καθ' αυτή του χάρτη σε ψηφιακή μορφή, παρέχουν και **τοπολογική-ποιοτική** πληροφορία για τον ακριβή τρόπο επανασύστασής του.

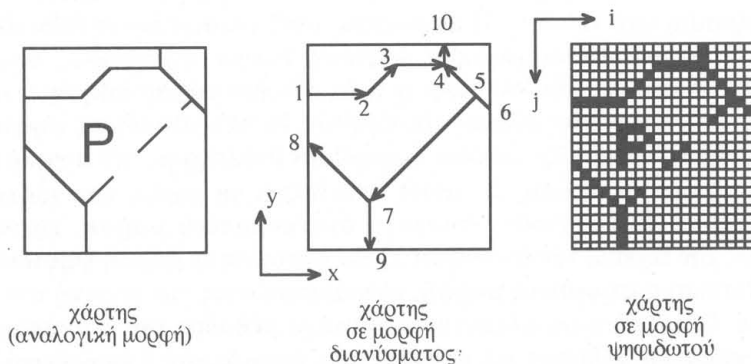
Η φιλοσοφία της διανυσματικής μεθόδου, στηρίζεται στην ανάλυση του χάρτη σε επιμέρους τμήματα, τα οποία περιγραφόμενα κατάλληλα τον αποδίδουν σε μια ψηφιακή μορφή. Τα επιμέρους τμήματα ορίζονται από **διανύσματα** (vectors) –γι' αυτό η μέθοδος ονομάζεται διανυσματική– και η επιπλέον τοπολογική πληροφορία για τον τρόπο συναρμογής μεταξύ των επιμέρους διανυσμάτων, δίνεται μέσω των *εντολών σχεδίασης*, που προσαρμόζονται ανάλογα με το αντίστοιχο λογισμικό του ΗΥ και της περιφερειακής μονάδας, που χρησιμοποιείται (βλ. §2.4)

Παίρνοντας σαν παράδειγμα το χάρτη του σχήματος 2–1, η μετατροπή της αναλογικής μορφής του σε διανυσματική, γίνεται μέσω μιας **ακολουθίας σχεδιαστικών εντολών**. Γράφοντας τις εντολές αυτές σε κάποια

μορφή **ψευδοκώδικα** (pseudocode) –δηλαδή σε κώδικα που δεν αντιπροσωπεύει κάποια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, αλλά απλώς μιμείται τη σύνταξη που χρησιμοποιούν οι γλώσσες αυτές– έχουμε το ακόλουθο αποτέλεσμα:

αρχή εντολών {

1. γραμμή απ' το σημείο  $(x_1, y_1)$  ως το σημείο  $(x_2, y_2)$ , συνεχής
  2. γραμμή απ' το σημείο  $(x_2, y_2)$  ως το σημείο  $(x_3, y_3)$ , συνεχής
  3. γραμμή απ' το σημείο  $(x_3, y_3)$  ως το σημείο  $(x_4, y_4)$ , συνεχής
  4. γραμμή απ' το σημείο  $(x_6, y_6)$  ως το σημείο  $(x_4, y_4)$ , συνεχής
  5. γραμμή απ' το σημείο  $(x_5, y_5)$  ως το σημείο  $(x_7, y_7)$ , διακεκομμένη
  6. γραμμή απ' το σημείο  $(x_7, y_7)$  ως το σημείο  $(x_8, y_8)$ , συνεχής
  7. γραμμή απ' το σημείο  $(x_7, y_7)$  ως το σημείο  $(x_9, y_9)$ , συνεχής
  8. γραμμή απ' το σημείο  $(x_4, y_4)$  ως το σημείο  $(x_{10}, y_{10})$ , συνεχής
- } τέλος εντολών



**Σχ. 2-1.** Μετασχηματισμός χάρτη σε μορφή διανύσματος και σε μορφή ψηφιδωτού.

Οι παραπάνω ψευδοεντολές, εκφράζουν τη μετατροπή της αναλογικής μορφής του χάρτη σε διανυσματική. Τα επιμέρους διανύσματα που συνιστούν το χάρτη (σε μορφή διανύσματος), είναι τα:  $1 \rightarrow 2$ ,  $2 \rightarrow 3$ ,  $3 \rightarrow 4$ ,  $6 \rightarrow 4$ ,  $5 \rightarrow 7$ ,  $7 \rightarrow 8$ ,  $7 \rightarrow 9$  και  $4 \rightarrow 10$  (Σχ. 2-1). Οι συντεταγμένες  $x_i$ ,  $y_i$ , με  $i=1, \dots, 10$ , των αντίστοιχων σημείων της αρχής και του τέλους των επιμέρους διανυσμάτων, αναφέρονται σ' ένα τοπικό σύστημα αναφοράς  $(x, y)$  και αποτελούν την **ψηφιακή έκφραση του χάρτη**. Επιπλέον οι εντολές 1 ως 8, με τη σύνταξή τους δίνουν την **τοπολογική πληροφορία** για τον τρόπο συναρμογής των διανυσμάτων. Η ακρίβεια της ψηφιοποίησης του χάρτη με τη διανυσματική μέθοδο, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνον από την ακρίβεια

προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων  $(x_i, y_i)$  των επιμέρους διανυσμάτων, καθώς και από τον καλύτερο δυνατό προσδιορισμό των διανυσμάτων.

Η ψηφιδωτή μέθοδος αντιμετωπίζει την ψηφιοποίηση του χάρτη από μια τελείως διαφορετική σκοπιά. Θεωρεί το χάρτη ως ένα ενιαίο σύνολο, που μπορεί να ονομασθεί **ψηφιδωτό** (raster). Το ψηφιδωτό αποτελείται από επιμέρους στοιχειώδη τμήματα που ονομάζονται **ψηφίδες** ή **εικονοψηφίδες** (PIcture ELementS, pixels). Η μέθοδος αφού αναλύσει το χάρτη σε ψηφίδες, περιγράφει στη συνέχεια τη **θέση** και το **περιεχόμενο** (χρώμα) της κάθε ψηφίδας. Μ' αυτόν τον τρόπο ψηφιοποιείται ο χάρτης στο σύνολό του. Παράλληλα εκτός από τη γεωμετρική πληροφορία, ψηφιοποιείται και η θεματική πληροφορία του χάρτη (όπως πχ. ονοματολογία, σύμβολα, χρώματα κλπ), καθώς και η επεξήγηση της πληροφορίας (όπως πχ. υπόμνημα, πλαισίωση κλπ). Ο συνδυασμός των ψηφίδων στο σύνολό τους, αποδίδουν το χάρτη σε μορφή ψηφιδωτού (Σχ. 2-1).

Ο χωρισμός του χάρτη του σχήματος 2-1 σε ψηφίδες, γίνεται με τη βοήθεια ορθογωνικού καννάβου, ο οποίος είναι παράλληλος προς τις πλευρές του ορθογωνίου πλαισίου του χάρτη. Κάθε ένα από τα ορθογώνια του καννάβου ορίζει μια ψηφίδα, στην οποία δίνεται κάποια χαρακτηριστική αριθμητική τιμή. Η τιμή αυτή αποδίδει την αντίστοιχη οπτική διαφοροποίηση που υπάρχει μεταξύ των ψηφίδων, όπως αυτή εκφράζεται απ' το γεγονός της ύπαρξης ή όχι σχεδιασμένου τμήματος εντός της ψηφίδας. Ως τμήματα καννάβου οι ψηφίδες, έχουν αυστηρά καθορισμένη θέση. Η θέση κάθε ψηφίδας καθορίζεται από δύο δείκτες  $i$  και  $j$ , κατά τρόπο απολύτως όμοιο μ' αυτόν που γίνεται η αρίθμηση των στοιχείων ενός αλγεβρικού πίνακα. Ο δείκτης  $i$  υποδηλώνει τη γραμμή στην οποία ανήκει η ψηφίδα, ενώ ο δείκτης  $j$  τη στήλη. Όπως είναι λοιπόν φανερό, η ψηφιοποιημένη εικόνα μπορεί να περιγραφεί από κάποιον **πίνακα**, ο οποίος θα έχει ως στοιχεία τις χαρακτηριστικές αριθμητικές τιμές των αντίστοιχων ψηφίδων.

Στο σχήμα 2-1, οι μαυρισμένες ψηφίδες υποδηλώνουν την παρουσία σχεδίου εντός της περιοχής της ψηφίδας, αποδίδοντας το σχεδιασμένο τμήμα του χάρτη. Οι υπόλοιπες λευκές –στη συγκεκριμένη περίπτωση– ψηφίδες, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ψηφιδωτής μορφής του χάρτη, συμπληρώνοντας μ' αυτόν τον τρόπο την πληροφορία σχετικά με την θέση του συνόλου των ψηφίδων και συνεισφέροντας απαραίτητα στην επανασύσταση της εικόνας.

Η ακρίβεια παράστασης του χάρτη με τη ψηφιδωτή μέθοδο, εξαρτάται από το μέγεθος της ψηφίδας. Το μέγεθος της ψηφίδας είναι άμεσα συνδεδεμένο, με τον αριθμό των γραμμών και στηλών που υποδιαιρείται το ορθογωνικό πλαίσιο του χάρτη, και υποδηλώνει τη **διακριτική ικανότητα** (resolution) της μεθόδου.

Παρατηρώντας τις δύο μεθόδους, μπορούμε να πούμε ότι η διανυσματική μέθοδος στην προσπάθειά της να αποδώσει τα γεωμετρικά στοιχεία του χάρτη, μέσω των θέσεων των διανυσμάτων, χρησιμοποιεί τις φυσικές-πραγματικές συντεταγμένες, εφ' όσον δεν υφίσταται κανένας περιορισμός γι' αυτό. Οι συντεταγμένες αποδίδονται με **δεκαδικούς πραγματικούς αριθμούς** (real/float). Η ψηφιδωτή μέθοδος, για να μπορέσει και αυτή να ορίσει τη θέση των ψηφιδών, κάνει έναν ατέραιο μετασχηματισμό των "πραγματικών" συντεταγμένων. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες, η περιγραφή πλέον μέσω των  $i$  και  $j$ , γίνεται από **ακεραίους αριθμούς** (integer). Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η ψηφιδωτή μορφή του χάρτη, είναι ένας **ακέραιος μετασχηματισμός** των πραγματικών συντεταγμένων και ως εκ τούτου εμπεριέχει κάποιου βαθμού **γενίκευση**.

## 2.1 Μετατροπή χάρτη από διανυσματική μορφή σε ψηφιδωτή

Μερικές φορές η μετατροπή ενός χάρτη από **διανυσματική μορφή σε μορφή ψηφιδωτού** (Vector to Raster, V-R), είναι απολύτως αναγκαία. Αυτό συμβαίνει όταν πρέπει ο χάρτης να αποδοθεί από περιφερειακές συσκευές του ΗΥ, οι οποίες διαχειρίζονται δεδομένα σε ψηφιδωτή μορφή ή και να αποθηκευθεί σε μορφή ψηφιδωτού. Συσκευές που δέχονται και αποδίδουν μορφές ψηφιδωτού είναι πχ, οι κλασσικοί εκτυπωτές, οι οθόνες γραφικών ψηφιδωτής μορφής, οι ηλεκτροστατικοί αυτόματοι σχεδιαστές κá. Το πλεονέκτημα των συσκευών αυτών και κατά συνέπεια της μετατροπής του χάρτη σε μορφή ψηφιδωτού, είναι το ότι ο χρόνος σχεδίασης σε κάποιο υλικό για πολλαπλή χρήση, δεν επηρεάζεται πλέον από το μήκος των γραμμών που πρέπει να σχεδιασθούν, όπως συμβαίνει σ' έναν αυτόματο σχεδιαστή διανυσματικής λειτουργίας.

Κατά τη μετατροπή κάποιου χάρτη από τη διανυσματική μορφή στην ψηφιδωτή, διακρίνουμε τα εξής στάδια : α) την **ψηφιδοποίηση** (rasterization), που είναι η μετατροπή του χάρτη από διανυσματική μορφή σε μορφή ψηφιδωτού και β) την **πάχυνση των γραμμών** (line thickening). Το δεύτερο στάδιο, έχει ως στόχο να αποκαταστήσει τη μορφή των γραμμών, όπως αυτές είναι στην παραγματικότητα. Μια γραμμή μπορεί να αναλυθεί σε δύο δομικά στοιχεία, που είναι η ιδεατή γραμμή –μια γραμμή μηδενικού πάχους θεωρητικά– και στο πάχος της. Κατά το πρώτο στάδιο της ψηφιδοποίησης, οι γραμμές μετατρέπονται σε λογικές ψηφιδωτές γραμμές πάχους μιας ψηφίδας, ενώ με την πάχυνσή τους, αποκτούν την τελική ψηφιδωτή τους μορφή.



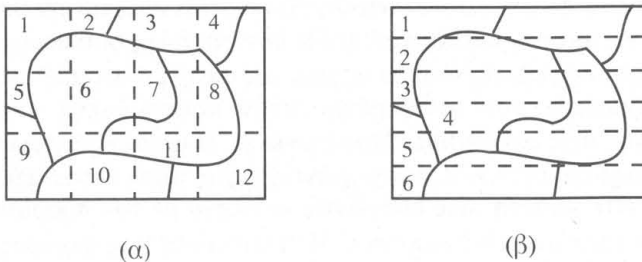
## Ψηφιοποίηση

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης, επιλύει το πρόβλημα της εύρεσης – μέσα στο ορθογωνικό πλαίσιο της ψηφιδωτής μορφής– των ψηφίδων των άκρων (αρχή–τέλος) κάθε διανύσματος. Στη συνέχεια, ο υπολογισμός επεκτείνεται και για τις ψηφίδες του ενδιάμεσου μέρους του διανύσματος. Μ’ αυτόν τον τρόπο, ένα διάνυσμα μετατρέπεται σε μια ακολουθία ψηφίδων. Η ψηφιοποίηση επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας κάποιον **αλγόριθμο κατάταξης** (sorting algorithm). Ένας οποιοσδήποτε τυπικός αλγόριθμος κατάταξης, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί, για να επιφέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πρόβλημα μ’ αυτού του είδους αλγόριθμους, είναι ότι έχουν γραφεί συνήθως για να διαχειρίζονται τα μονοδιάστατα δεδομένα ενός καταλόγου. Τα χαρτογραφικά δεδομένα είναι δεδομένα δύο και τριών διαστάσεων και ως εκ τούτου διαφέρουν κατά πολύ από αυτά του καταλόγου. Επιπλέον, διαθέτουν πολλά χαρακτηριστικά, τα οποία εξαρτώνται από τον τύπο του χάρτη. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να τα εκμεταλλευθεί ο αλγόριθμος, ώστε να αυξηθεί η ταχύτητα της κατάταξης. Για το σκοπό αυτόν, αναπτύχθηκαν ειδικοί αλγόριθμοι κατάταξης, που είναι η **ταξινόμηση σε γραμματοθυρίδες** (pigeonhole sort), η **υποδιαίρεση σε πίνακες** (matrix subdivision) και η **απ’ ευθείας κατάταξη των συντεταγμένων** (direct coordinate sort).

**Ταξινόμηση σε γραμματοθυρίδες:** Η εφαρμογή του αλγορίθμου, προϋποθέτει τη δέσμευση **μνήμης τυχαίας προσπέλασης** (Random Access Memory, RAM), ίσης με το πλήθος των ψηφίδων που προκύπτουν από τη μετατροπή V–R. Το ψηφιδωτό αρχείο του χάρτη, δημιουργείται απ’ ευθείας στη **μνήμη** του HY. Αυτό που γίνεται, είναι να ορίζεται στη RAM του HY ένας πίνακας με διαστάσεις, οι οποίες εξαρτώνται από την επιθυμητή διακριτική ικανότητα του ψηφιδωτού. Κάθε **διάνυσμα** της διανυσματικής μορφής του χάρτη διαβάζεται από το αρχείο και αφού μετατραπεί σε ψηφίδες, με τη διαδικασία που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, “μεταφέρεται” στις **αντίστοιχες θέσεις μνήμης**. Η μεταφορά γίνεται σε συγκεκριμένη περιοχή της RAM, προχωρώντας βήμα–βήμα κατά διεύθυνση είτε **οριζόντια**, είτε **κάθετη**, είτε **διαγώνια**, ανάλογα με τον προσανατολισμό του υπό ψηφιοποίηση διανύσματος. Η “υλοποίηση” της ψηφίδας στη μνήμη, γίνεται με την επισήμανση του αντίστοιχου στοιχείου του πίνακα. Αυτό επιτυγχάνεται με το να θέσουμε το στοιχείο σε κατάσταση **“ON”**, σημειώνοντας σ’ αυτό πχ, την τιμή **ένα (1)**. Οποιαδήποτε λοιπόν ψηφίδα η οποία ανήκει σε κάποιο διάνυσμα, λαμβάνει ως τιμή τη μονάδα. Εξυπακούεται βέβαια, ότι τα στοιχεία του πίνακα έχουν αρχικές τιμές **μηδέν (0)**, είναι δηλαδή **“OFF”**. Έτσι μ’ αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται η εικόνα του ψηφιδωτού στη μνήμη του HY. Μειονέκτημα της μεθόδου, είναι η **μεγάλη μνήμη**

RAM που απαιτείται και η οποία αυξάνει ανάλογα με το μέγεθος της ψηφίδας. Το μέγεθος της ψηφίδας, επηρεάζεται από την ανάλυση της μεθόδου, δηλαδή από τον αριθμό των γραμμών και στηλών που συνθέτουν το εικονομωσαϊκό. Επειδή όπως γίνεται αντιληπτό ο πίνακας θα έχει πολλά στοιχεία με τιμή μηδέν (0), χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές ούτως ώστε να διατηρούνται στη μνήμη μόνο τα στοιχεία που περιέχουν την τιμή ένα (1).

**Υποδιαίρεση σε πίνακες:** Η μέθοδος αποτελεί βελτίωση της ταξινόμησης σε γραμματοθυρίδες. Για να περιορισθεί κατά το δυνατόν η απαραίτητη μνήμη RAM ανά συγκεκριμένη στιγμή, ο χάρτης υποδιαιρείται σε επιμέρους ορθογωνικές **περιοχές-πίνακες** (Σχ. 2-2α). Οι περιοχές-πίνακες είναι συνήθως ορθογώνια και η επεξεργασία καθ' ενός απ' αυτά, γίνεται ξεχωριστά με τη μέθοδο της ταξινόμησης σε γραμματοθυρίδες. Αντί λοιπόν όπως στην προηγούμενη μέθοδο να δημιουργείται ολόκληρο το εικονομωσαϊκό του χάρτη, δημιουργούνται τα επιμέρους εικονομωσαϊκά, που αντιστοιχούν στις περιοχές-πίνακες. Έτσι επιτυγχάνεται ο δραστηκός περιορισμός της μνήμης που απαιτείται για την ψηφιδοποίηση, εφ' όσον δε δημιουργείται ολόκληρο το ψηφιδωτό του χάρτη στη μνήμη, αλλά κάθε φορά ένα μέρος απ' αυτό. Αμεσο αποτέλεσμα της μείωσης της RAM, είναι η αύξηση της διακριτικής ικανότητας που μπορεί να επιτευχθεί, εκμεταλλευόμενοι την ίδια ποσότητα της RAM. Το τίμημα για το κέρδος αυτής της μείωσης, είναι ότι αυξάνεται ο χρόνος της διαδικασίας της ψηφιδοποίησης, επειδή το αρχείο που περιέχει τη διανυσματική μορφή θα πρέπει να ξαναδιαβάζεται για κάθε έναν επιμέρους πίνακα. Όσο μικρότερες είναι οι περιοχές των πινάκων, τόσο περισσότερες φορές διαβάζεται το αρχικό αρχείο.



**Σχ. 2-2.** Διαίρεση χάρτη σε επιμέρους ορθογώνια-πίνακες (α) και σε επιμέρους λωρίδες-πίνακες (β), με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας της ταξινόμησης.

Μια επιπλέον βελτίωση του αλγορίθμου, είναι η κατάταξη του αρχείου των διανυσμάτων κατά  $x$  ή κατά  $y$  και η διαίρεσή του σε περιοχές, οι οποίες θα έχουν συγκεκριμένο εύρος ως προς  $x$  ή  $y$ . Έτσι σε κάθε επιμέρους πίνακα αντιστοιχούν ορισμένου εύρους συντεταγμένες των διανυσμάτων ως προς  $x$