

Ι. Παρασχάκης    Επί Καθηγητής ΑΠΘ

Μ. Παπαδοπούλου    Λέκτορας ΑΠΘ

Π. Πατιάς    Λέκτορας ΑΠΘ

# Σχεδίαση με ΗΥ



# Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί διεθνώς, μια αλματώδη αύξηση των δραστηριοτήτων που αφορούν τη σχεδίαση με ηλεκτρονικό υπολογιστή (ΗΥ). Έχουν κάνει την εμφάνισή τους νέοι και ισχυροί σταθμοί εργασίας γραφικών (graphics workstations), περιφερειακά για σχεδίαση, περιβάλλοντα γραφικών (GUIs), καθώς και προγράμματα CAD, CAM, CAE, GIS, LIS κλπ. Επιστήμονες και τεχνικοί που παραδοσιακά ασχολούνταν με τη σχεδίαση (πχ Μηχανικοί, Τεχνικοί, Σχεδιαστές κλπ), αλλά ακόμα κι αυτοί που δεν ασχολούνταν (πχ Γιατροί, Βιολόγοι, Αρχαιολόγοι, κλπ), βρισκόμενοι μπροστά στην ανάπτυξη αυτή της τεχνολογίας, αντιμετώπισαν την ανάγκη επαναπροσδιορισμού πολλών φάσεων της εργασίας τους. Η ανάγκη όμως αυτή προσέκρουσε στα υπάρχοντα προγράμματα σπουδών και στην έλλειψη κατάλληλων συγγραμμάτων. Κι ενώ το πρώτο από τα εμπόδια ξεπεράστηκε στις περισσότερες Πανεπιστημιακές και μη Σχολές με την αναμόρφωση των προγραμμάτων τους, το δεύτερο συνεχίζει κατά το μεγαλύτερο μέρος του να υφίσταται.

Το παρόν σύγγραμμα, προήλθε από την ανάγκη ύπαρξης στην ελληνική γλώσσα, κάποιου βοηθήματος με σκοπό να καλύψει κατ' αρχάς τις ανάγκες του μαθήματος "Σχεδίαση με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή", που διδάσκεται στους Αγρονόμους και Τοπογράφους Μηχανικούς του ΑΠΘ. Παράλληλα απευθύνεται και σ' ένα ευρύτερο κοινό, που ενδιαφέρεται για το θέμα, παρέχοντας βασικές (απαραίτητες) αλλά και εξειδικευμένες γνώσεις περί των γραφικών με ΗΥ.

Τα κυριότερα προβλήματα που απασχόλησαν τους συγγραφείς είναι τα εξής δύο :

- Η δόμηση ενός βιβλίου κατάλληλου για Επιστήμονες και Τεχνικούς, οι οποίοι έχουν ελάχιστη προπαιδεία στην πληροφορική, αλλά αισθάνονται την ανάγκη να εκμεταλλευθούν τις δυνατότητες της νέας τεχνολογίας.
- Η χρήση κατάλληλων δόκιμων όρων στην ελληνική γλώσσα, οι οποίοι να αποδίδουν κατά το δυνατόν καλύτερα την αγγλική ορολογία, που κατά παράδοση χρησιμοποιείται στον τομέα αυτό.

Με σκοπό να καλύψει τις βασικές αλλά και τις εξειδικευμένες ανάγκες ενός χρήστη γραφικών, η διάρθρωση του συγγράμματος είναι τέτοια ώστε το σύγγραμμα να είναι:

- **Πληροφοριακό**, με την έννοια ότι παρέχει συγκεντρωμένες όλες εκείνες τις πληροφορίες, που είναι απαραίτητες για την ενημέρωση του χρήστη των γραφικών, στις δυνατότητες της τρέχουσας τεχνολογίας και στις μελλοντικές εξελίξεις της.
- **Εκπαιδευτικό**, με την έννοια ότι εισάγει το χρήστη στις βασικές αρχές της σχεδίασης με ΗΥ, καθώς και στην αντίστοιχη θεωρία υποδομής. Πιστεύεται ότι μια τέτοια δομή, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε χρήστες γραφικών, από τη σκοπιά λήψεων αποφάσεων και λιγότερο από τη σκοπιά του προγραμματιστή, η οποία ήταν άλλωστε πέρα από τους σκοπούς του βιβλίου.

Έγινε επίσης προσπάθεια της κατά το δυνατόν δόκιμης μετάφρασης στην ελληνική των πολλών αγγλικών όρων, που μοιραία συναντά κανείς στην ενασχόλησή του με την Πληροφορική. Για μεγαλύτερη διευκόλυνση δίνονται πάντοτε (σε παρένθεση) και οι αντίστοιχοι αγγλικοί όροι, ενώ στο τέλος του βιβλίου παρατίθεται ένα λεξικό ορολογίας σχετικής με τη σχεδίαση με ΗΥ. Γνωρίζοντας τις δυσκολίες της απόδοσης της ορολογίας, οι συγγραφείς είναι ανοικτοί σε οποιαδήποτε άλλη άποψη, διαφορετική από αυτή που εκφράζεται στο βιβλίο και αποδίδει καλύτερα στα ελληνικά κάποιον αγγλικό όρο.

Πρίν κλείσουμε θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους συναδέλφους μας στο ΤΑΤΜ/ΑΠΘ, των οποίων οι καθημερινές ανάγκες σε σχεδίαση με ΗΥ βοήθησαν εξαιρετικά (ή και προδιέγραψαν κατά κάποιον τρόπο) τη δομή του συγγράμματος. Ευχαριστίες επίσης οφείλουμε και στην κ. Όλγα Γεωργούλα για την πολύτιμη βοήθειά της στη δημιουργία του εξωφύλλου.

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβρης 1990

Ι. Παρασχάκης, *Επ. Καθηγητής ΑΠΘ*  
 Μ. Παπαδοπούλου, *Λέκτορας ΑΠΘ*  
 Π. Πατιάς, *Λέκτορας ΑΠΘ*

# Περιεχόμενα

<b>1. Η αυτοματοποιημένη σχεδίαση</b> .....	1
Βιβλιογραφία.....	3
<b>2. Τεχνικές διανυσματικής και ψηφιδωτής απεικόνισης της εικόνας</b> .....	5
2.1 Διανυσματική μέθοδος απεικόνισης.....	5
2.2 Ψηφιδωτή μέθοδος απεικόνισης.....	6
2.3 Σύγκριση της διανυσματικής και της ψηφιδωτής απεικόνισης.....	8
Βιβλιογραφία.....	9
<b>3. Συσκευές ψηφιοποίησης των εικόνων</b> .....	11
3.1 Ψηφιοποιητής.....	11
3.2 Σαρωτής.....	17
Βιβλιογραφία.....	21
<b>4. Περιφερειακές συσκευές αυτοματοποιημένης σχεδίασης</b> .....	23
4.1 Εκτυπωτής.....	23
4.2 Εκτυπωτής LASER.....	28
4.3 Εκτυπωτής ψεκασμού μελάνης.....	31
4.4 Αυτόματος σχεδιαστής.....	31
Διακριτική ικανότητα.....	33
Ακρίβεια.....	34
Επαναληπτικότητα.....	37
4.5 Ηλεκτροστατικός αυτόματος σχεδιαστής.....	40
4.6 Οθόνες γραφικών.....	42
4.7 Οθόνες σωλήνα καθοδικών ακτίνων με συντήρηση της εικόνας.....	43
4.8 Διανυσματικές και ψηφιδωτές οθόνες CRT με συντήρηση εικόνας.....	45
4.9 Έγχρωμη οθόνη CRT.....	49
4.10 Ποιοτικές παράμετροι μιας οθόνης CRT.....	54
Διακριτική ικανότητα.....	55
Επαναληπτικότητα.....	56
Λόγος παραμόρφωσης.....	56
Προσπελασιμότητα.....	56
4.11 Χρωματικά μοντέλα.....	60
Το μοντέλο RGB.....	60
Το μοντέλο CMY.....	61
Το μοντέλο HSL.....	62
Το μοντέλο HLS.....	65
Βιβλιογραφία.....	66
<b>5. Μετατροπές ψηφιακών μορφών</b> .....	69
5.1 Μετατροπή διανυσματικής μορφής σε ψηφιδωτή.....	69
5.2 Μετατροπή ψηφιδωτής μορφής σε διανυσματική.....	70
Βιβλιογραφία.....	72

<b>6. Συστήματα συντεταγμένων στη σχεδίαση μέσω ΗΥ.....</b>	<b>73</b>
6.1 Ορισμός συστημάτων αναφοράς στις 2-Δ και 3-Δ.....	73
Παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων.....	73
Κανονικοποιημένο σύστημα συντεταγμένων συσκευής.....	74
Φυσικό σύστημα συντεταγμένων συσκευής.....	76
6.2 Σχέσεις μεταξύ των συστημάτων αναφοράς.....	76
Βιβλιογραφία.....	77
<b>7. Μετασχηματισμοί συντεταγμένων στις δύο διαστάσεις .....</b>	<b>79</b>
7.1 Μετάθεση.....	79
7.2 Κλίμακα.....	80
7.3 Στροφή.....	81
7.4 Ομογενείς συντεταγμένες.....	83
7.5 Αντίστροφοι μετασχηματισμοί.....	84
7.6 Συνδυασμός των βασικών μετασχηματισμών.....	85
7.7 Διαδοχικές μεταθέσεις.....	85
7.8 Διαδοχικές εφαρμογές κλίμακας.....	85
7.9 Διαδοχικές στροφές.....	86
7.10 Στροφή γύρω από τυχαίο σημείο.....	87
7.11 Εφαρμογή κλίμακας ως προς τυχαίο σημείο.....	88
7.12 Εφαρμογή κλίμακας σε τυχαίες διευθύνσεις.....	89
7.13 Η μορφή του γενικού πίνακα μετασχηματισμού.....	91
7.14 Η σειρά των μετασχηματισμών.....	93
7.15 Άλλοι μετασχηματισμοί.....	93
Βιβλιογραφία.....	97
<b>8. Μετασχηματισμοί συντεταγμένων στις τρεις διαστάσεις.....</b>	<b>99</b>
8.1 Το σύστημα των συντεταγμένων στις τρεις διαστάσεις.....	99
8.2 Μετάθεση.....	100
8.3 Κλίμακα.....	101
8.4 Στροφή.....	103
8.5 Εφαρμογή κλίμακας ως προς τυχαίο σημείο.....	105
8.6 Διαδοχικές στροφές.....	106
8.7 Διαδοχικές μεταθέσεις.....	107
8.8 Διαδοχικές εφαρμογές κλίμακας.....	108
8.9 Στροφή γύρω από τυχαίο άξονα.....	109
8.10 Άλλοι μετασχηματισμοί.....	113
Βιβλιογραφία.....	115
<b>9. Παράθυρα και απόψεις.....</b>	<b>117</b>
9.1 Ορισμός παραθύρου και άποψης στις 2-Δ.....	117
9.2 Μετασχηματισμός παραθύρου σε άποψη.....	118
9.3 Μεταβολή της κλίμακας κατά τη μετάβαση από το παράθυρο στην άποψη.....	120
9.5 Μετασχηματισμός του χώρου παρατήρησης σε άποψη 3-Δ.....	122
Βιβλιογραφία.....	124
<b>10. Προβολικές απεικονίσεις.....</b>	<b>125</b>
10.1 Κατηγορίες προβολών.....	125
10.2 Παράλληλες προβολές.....	126

10.3	Η γεωμετρία των παράλληλων προβολών.....	128
10.4	Προοπτικές προβολές.....	130
10.5	Η γεωμετρία των προοπτικών προβολών.....	130
10.6	Γεωμετρικές παράμετροι παρατήρησης ενός αντικειμένου από τυχαία θέση.....	133
10.7	Μετασχηματισμός των παγκόσμιων συντεταγμένων σε συντεταγμένες παρατήρησης.....	136
10.8	Ο χώρος παρατήρησης Βιβλιογραφία.....	140
<b>11.</b>	<b>Αποκοπές αντικειμένων στις δύο διαστάσεις.....</b>	<b>143</b>
11.1	Αλγόριθμοι αποκοπής στις δύο διαστάσεις.....	143
11.2	Εντοπισμός θέσης σημείου ως προς κυρτό πολύγωνο.....	145
11.3	Αποκοπή ευθυγράμμου τμήματος από ορθογώνιο.....	146
11.4	Αποκοπή ευθυγράμμου τμήματος από τυχαίο κυρτό πολύγωνο.....	150
11.5	Αποκοπή τυχαίου πολυγώνου από ορθογώνιο.....	155
11.6	Αποκοπή τυχαίου πολυγώνου από τυχαίο κυρτό.....	159
11.7	Αποκοπή λέξεων και σημειακών συμβολισμών.....	161
11.8	Κλείσιμο αποκοπόμενων πολυγώνων.....	163
	Βιβλιογραφία.....	167
<b>12.</b>	<b>Αποκοπές στις τρεις διαστάσεις.....</b>	<b>169</b>
12.1	Ο απλοποιημένος χώρος παρατήρησης.....	169
12.2	Αποκοπή ως προς τον απλοποιημένο χώρο.....	172
	Βιβλιογραφία.....	173
<b>13.</b>	<b>Διδιάστατοι αλγόριθμοι βασικής σχεδίασης σε μορφή ψηφιδωτού.....</b>	<b>175</b>
13.1	Σχεδίαση μεμονωμένου σημείου σε ψηφιδωτή οθόνη.....	175
13.2	Σχεδίαση ψηφιδωτής γραμμής με τον αλγόριθμο DDA.....	176
13.3	Αλγόριθμος του Bresenham για τη σχεδίαση ευθείας.....	179
13.4	Αλγόριθμοι για την ψηφιδωτή σχεδίαση κύκλου.....	183
13.5	Αλγόριθμος του Bresenham για τη σχεδίαση κύκλου.....	185
	Βιβλιογραφία.....	187
<b>14.</b>	<b>Σχεδιαστικοί αλγόριθμοι στις δύο διαστάσεις.....</b>	<b>189</b>
14.1	Δημιουργία σημειακών συμβόλων και χαρακτηρισμών.....	189
14.2	Δημιουργία χαρακτηρισμών και συμβόλων σε διανυσματική μορφή.....	190
14.3	Δημιουργία χαρακτηρισμών και συμβόλων σε μορφή.....	191
14.4	Σχεδίαση γραμμικών συμβόλων. Παράλληλες γραμμές.....	193
14.6	Τοποθέτηση σημειακών συμβόλων πάνω σε μια τεθλασμένη γραμμή.....	198
14.7	Κάλυψη πολυγώνων με επιφανειακούς συμβολισμούς.....	202
14.8	Αλγόριθμος διαγράμμισης τυχαίου πολυγώνου.....	204
14.9	Αλγόριθμος κάλυψης τυχαίου πολυγώνου με σημειακά σύμβολα σε κανονική διάταξη.....	212
14.10	Τεχνικές που χρησιμοποιούν το κριτήριο σύνδεσης.....	213
14.11	Κάλυψη επιφανειών με σχέδια.....	216
	Βιβλιογραφία.....	218

<b>15. Ισαριθμικές καμπύλες.....</b>	<b>221</b>
15.1 Χάραξη ισαριθμικών καμπύλων. Γενικά.....	221
15.2 Χάραξη ισαριθμικών σε κανονικές κατανομές.....	221
15.3 Αλγόριθμος χάραξης καμπύλων σε ορθογωνικό.....	222
15.4 Χάραξη ισαριθμικών καμπύλων σε τυχαίες κατανομές. Τριγωνισμοί.....	226
15.5 Ο τριγωνισμός Delauny.....	227
15.6 Αλγόριθμος δημιουργίας των τριγώνων Delauny.....	229
15.7. Σχεδιαστικά προβλήματα που εμφανίζονται με την αυτόματη χάραξη και σχεδίαση των ισαριθμικών.....	235
15.8 Αλγόριθμος σχεδιαστικής προσαρμογής των.....	236
15.9 Αλγόριθμος για τη σχεδίαση των τιμών των.....	239
15.10 Εξομάλυνση ισαριθμικών καμπύλων. Γενικά.....	241
15.11 Παρεμβολή με συναρτήσεις κατά τμήματα συνεχείς.....	242
15.12 Κυδικά Splines.....	242
15.13 B-Splines.....	246
15.14 Καμπύλες Bezier.....	248
Βιβλιογραφία.....	250
<b>16. Κρυμμένες επιφάνειες και γραμμές.....</b>	<b>253</b>
16.1 Γενικά.....	253
16.2 Το “σθήσιμο” της πίσω όψης αντικειμένου.....	254
16.3 Η μέθοδος καταχώρησης του δάθους.....	256
16.4 Άλλες μέθοδοι.....	257
16.5 Ο εντοπισμός των κρυμμένων γραμμών.....	258
Βιβλιογραφία.....	258
<b>17. Προδιαγραφές γραφικών.....</b>	<b>261</b>
17.2 Το πρότυπο CORE.....	266
17.3 Το πρότυπο PHIGS.....	266
17.4 Άλλα πρότυπα.....	267
Βιβλιογραφία.....	267
<b>18. Συστήματα αυτόματης σχεδίασης (CAD).....</b>	<b>269</b>
Βιβλιογραφία.....	276
<b>Παράρτημα.....</b>	<b>277</b>
1. Οριακές συνθήκες στις καμπύλες Splines.....	277
2. Παραδείγματα παρεμβολής σε μαθηματικές καμπύλες.....	278
Παράδειγμα 1. Κυδικά Splines.....	278
Παράδειγμα 2. Καμπύλη B-Spline.....	280
Παράδειγμα 3. Καμπύλες Bezier.....	284
<i>Ορολογία για τη σχεδίαση με HY.....</i>	<i>287</i>
<i>Ευρετήριο.....</i>	<i>293</i>
<i>Index.....</i>	<i>296</i>

# 1

## *Η αυτοματοποιημένη σχεδίαση μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή*

---

Στη σημερινή εποχή η παραγωγή ενός οποιουδήποτε σύγχρονου προϊόντος παράλληλα με τις αντίστοιχες διαδικασίες στις οποίες υποβάλλεται η πρώτη ύλη, απαιτεί τη συλλογή, διαχείριση και επεξεργασία ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών, για τη λήψη της σωστής απόφασης στην κατάλληλη στιγμή. Η συλλογή, επεξεργασία και διαχείριση των πληροφοριών αυτών, δε μπορεί παρά να γίνεται μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών (ΗΥ) και των περιφερειακών συσκευών τους. Οι ΗΥ και τα περιφερειακά τους, συνοδεύονται από το απαραίτητο και κατάλληλο για την περίπτωση **λογισμικό** (software). Η επέμβαση αυτή των ΗΥ γενικά στην παραγωγική διαδικασία, αλλά και στη λήψη των αποφάσεων, είναι απολύτως απαραίτητη, ούτως ώστε να ανταποκριθεί η Βιομηχανία και ο Σχεδιασμός, στις υψηλές προδιαγραφές παραγωγής και πώλησης των προϊόντων, οι οποίες επικρατούν σήμερα.

Όπως ήταν φυσικό η ανάπτυξη των ΗΥ και της Πληροφορικής, είχε κατ' αρχήν τεράστιες επιπτώσεις στην εξέλιξη των σύγχρονων επιστημών και ιδιαίτερα των εφαρμοσμένων. Μέσω των ΗΥ επιτεύχθηκε η επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων σε σχετικά μικρό χρόνο, κάτι που μέχρι τότε ήταν πολύ δύσκολο ή και σε μερικές περιπτώσεις αδύνατο να γίνει. Αυτό είχε ως συνέπεια τον επαναπροσδιορισμό των μεθόδων συλλογής, επεξεργασίας και διαχείρισης-αποθήκευσης, που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε οι διάφορες επιστήμες. Επίσης άρχισαν να εφαρμόζονται μέθοδοι, οι οποίες δεν εφαρμοζόταν ως τώρα, εξ' αιτίας της πολυπλοκότητας ή λόγω της χρονοβόρου και επίπονης εργασίας που απαιτούσαν. Συγχρόνως έκανε την εμφάνισή του ένας καινούργιος όρος, ως συνθετικό ονομασιών γνωστικών αντικειμένων, ο όρος **αυτοματοποίηση** (automation). Γίνεται πλέον φανερό ότι ο σύγχρονος όρος της αυτοματοποίησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τις έννοιες του ΗΥ και της Πληροφορικής. Από δω και στο εξής ο όρος αυτοματο-



ποίηση θα αναφέρεται εμμέσως στην επιστήμη των ΗΥ και της Πληροφορικής.

Σε συνάρτηση με την τεχνολογία των ΗΥ, αναπτύχθηκε ένας παράλληλος κλάδος, ο οποίος μπορούμε να πούμε ότι κι' αυτός ανήκει στον ευρύτερο χώρο της τεχνολογίας κατασκευής των ΗΥ και είναι ο κλάδος της κατασκευής των **περιφερειακών συσκευών** (peripheral devices) τους. Οι συσκευές αυτές αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την αυτοματοποίηση διαδικασιών και τη δημιουργία αυτοματοποιημένων προϊόντων, καθώς και την παροχή αυτοματοποιημένων υπηρεσιών. Τέτοιες συσκευές μπορεί να είναι από πολύ απλές όπως πχ, ο κρουστικός εκτυπωτής μέχρι πάρα πολύ πολύπλοκες όπως πχ, ο σαρωτής.

Από μόνη της η ανάπτυξη των ΗΥ και των περιφερειακών τους θα ήταν χωρίς αντίκρουσμα, αν δε συνοδεύονταν από την ανάλογη ανάπτυξη του αντίστοιχου λογισμικού. Με την κατασκευή κατάλληλου λογισμικού, όπως πχ, γλώσσες προγραμματισμού, προγράμματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, προγράμματα σχεδίασης μέσω ΗΥ κλπ, έγινε δυνατή σχετικά εύκολα η αξιοποίηση από το χρήστη του **ηλεκτρονικού εξοπλισμού** (hardware). Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός και το λογισμικό είναι αλληλένδετα και δε νοείται η ύπαρξη του ενός χωρίς το άλλο.

Ένα ιδιαίτερο τμήμα κατασκευής του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και του λογισμικού, προσανατολίστηκε στην κατεύθυνση των γραφικών στις δύο (2-Δ) και στις τρεις (3-Δ) διαστάσεις. Από πλευράς ηλεκτρονικού εξοπλισμού, αναπτύχθηκαν ειδικές περιφερειακές συσκευές, όπως πχ, οι οθόνες γραφικών υψηλής διακριτικής ικανότητας, οι αυτόματοι σχεδιαστές, οι σαρωτές κλπ. Όσον αφορά το λογισμικό δημιουργήθηκε ένας ιδιαίτερος κλάδος, ο οποίος ονομάζεται **γραφικά με υπολογιστές** (Computer Graphics) και έχει ως αντικείμενο αυτό καθαυτό το "σχέδιο". Τα προγράμματα που έχουν ως αντικείμενο την ολοκληρωμένη σχεδίαση, ονομάζονται **προγράμματα σχεδίασης μέσω ΗΥ** (Computer Aided Design, CAD) και διαθέτουν την ικανότητα με τη βοήθεια οθόνης γραφικών μέσω **διαλογικής διαδικασίας** (interactive), να σχεδιάζουν με την ευρεία έννοια του όρου "σχεδίαση". Ο όρος αυτός, όπως αναφέρεται ως συνθετικό της ονομασίας αυτής της κατηγορίας προγραμμάτων, έχει ευρεία έννοια και υπονοεί γενικότερα τη **δημιουργία του αντικειμένου που απεικονίζει το σχέδιο**. Πολλές φορές ο όρος CAD χρησιμοποιείται και με ακόμη πιο ευρεία έννοια και περιλαμβάνει ένα σύνολο, το οποίο περιέχει το λογισμικό και τον αντίστοιχο ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Επιπλέον, περιγράφει τη διαδικασία που χρησιμοποιεί ένα αυτόνομο υπολογιστικό σύστημα για τη δημιουργία, μεταβολή και τελική εμφάνιση ενός "σχεδίου".

Ο αυτοματισμός υπεισέρχεται στις διάφορες επιστήμες, μέσω των γνωστικών αντικειμένων που τις αποτελούν. Ειδικότερα ο αυτοματισμός στη σχεδίαση αυτή καθ' αυτή, μπορεί να συνδεθεί με μια σειρά επιστημονικών γνωστικών αντικειμένων, της κατεύθυνσης του Μηχανικού. Έτσι επιστήμες όπως η Γεωδαισία, η Τοπογραφία, η Φωτογραμμετρία, η Τηλεπισκόπηση, η Χαρτογραφία, η Γεωγραφία, η Οδοποιΐα, η Υδραυλική κλπ, έχουν το σχέδιο είτε ως απαραίτητο στοιχείο προς επεξεργασία, είτε ως βασικό αντικείμενο της ενασχόλησής τους. Στα επόμενα κεφάλαια θα αναπτύξουμε την τεχνολογία των περιφερειακών συσκευών του ΗΥ, οι οποίες είναι απαραίτητες στη σχεδίαση μέσω ΗΥ, καθώς και τη βασική θεωρία για την κατασκευή του απαραίτητου για την περίπτωση λογισμικού.

## Βιβλιογραφία

- Harrington S., 1986. "Computer Graphics. A Programming Approach", 3rd ed., McGraw-Hill, London.
- Hearn D. and Baker P., 1986. "Computer Graphics", Prentice-Hall London.
- Καράλη Κ., 1989. "CAD Computer Aided Design. Σχεδιάζοντας με Υπολογιστή", RAM, Τεύχος 18, Σεπτέμβριος 1989.
- Καλτσίκης Χ. και Φωτίου Α., 1989. "Γενική Τοπογραφία", Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Λιβιεράτος Ε., 1988. "Γενική Χαρτογραφία και εισαγωγή στη Θεματική Χαρτογραφία", Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Μπούτουρα Χ., 1987. "Αυτοματοποιημένος Βασικός Εθνικός Χάρτης, 1:5,000-1:10,000. Πρωτογενείς και παράγωγες διαδικασίες και προδιαγραφές", Διδακτορική Διατριβή, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ.
- Παπαδοπούλου Μ., 1987. "Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία σε αστικές κλίμακες. Επεξεργασία και απόδοση στην 1:1,000", Διδακτορική Διατριβή, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ.
- Παρασχάκης Ι., 1986. "Διδιάστατες παρεμβολές, εξομαλύνσεις, προσαρμογές και φασματικές ερμηνείες στην Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία", Διδακτορική Διατριβή, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ.
- Παρασχάκης Ι., 1989. "Σχεδίαση με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή", Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ.
- Χατζηγεωργίου Χ., "CAD/CAM. Computer Aided... Anything", I RAM, Τεύχος 6, Αύγουστος 1988.

# 2

## Τεχνικές διανυσματικής και ψηφιδωτής απεικόνισης της εικόνας

Για να μπορέσει ένα σχέδιο ή μια εικόνα γενικότερα να εισαχθεί ή να αποδοθεί από έναν ΗΥ μέσω κάποιας περιφερειακής του συσκευής, θα πρέπει να μετασχηματιστεί από τη φυσική της **αναλογική μορφή** σε **ψηφιακή**. Σ' αυτή τη μορφή, το σχέδιο καθίσταται άμεσα διαχειρίσιμο από τον ΗΥ και τις περιφερειακές συσκευές γραφικών. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι μετατροπής μιας αναλογικής εικόνας σε κάποιου είδους **ψηφιακή μορφή** (digital format). Οι μέθοδοι αυτές ταξινομούνται ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιούν ως εξής: Η πρώτη από αυτές μετατρέπει την εικόνα σε **μορφή διανύσματος** (vector format) ή διανυσματική μορφή, χρησιμοποιώντας την τεχνική του διανύσματος, ενώ η δεύτερη σε **μορφή ψηφιδωτού** (raster format) ή ψηφιδωτή μορφή, εφαρμόζοντας την τεχνική του ψηφιδωτού. Ονομάζονται δε αντίστοιχα **μέθοδος του διανύσματος** (vector) ή διανυσματική μέθοδος και **μέθοδος του ψηφιδωτού** (raster) ή ψηφιδωτή μέθοδος. Και οι δύο μέθοδοι, συγχρόνως με την μετατροπή αυτή καθ' αυτή της εικόνας σε ψηφιακή μορφή, παρέχουν και **τοπολογική πληροφορία** για τον ακριβή τρόπο επανασύστασής της.

### 2.1 Διανυσματική μέθοδος απεικόνισης

Η φιλοσοφία της διανυσματικής μεθόδου, στηρίζεται στην ανάλυση της εικόνας σε επί μέρους ευθύγραμμα τμήματα, τα οποία περιγραφόμενα κατάλληλα την αποδίδουν σε ψηφιακή μορφή. Τα επί μέρους τμήματα ορίζονται ως **διανύσματα** (vectors), γι' αυτό και η μέθοδος ονομάζεται **διανυσματική**. Ο ορισμός των διανυσμάτων με το μέτρο, τη θέση, τη διεύθυνση και τη φορά τους, περιέχει επιπλέον και την

**τοπολογική πληροφορία**, η οποία αφορά τις σχέσεις μεταξύ τους. Η τοπολογική πληροφορία, για τον τρόπο συναρμογής μεταξύ των επί μέρους διανυσμάτων, δίνεται με τη βοήθεια των εντολών σχεδίασης που προσαρμόζονται ανάλογα για τον αντίστοιχο HY ή την αντίστοιχη περιφερειακή μονάδα.

Για την περίπτωση, όπως πχ είναι αυτή του σχήματος 2-1, η μετατροπή ή η περιγραφή της εικόνας 1 στην εικόνα 2, η οποία είναι η διανυσματική της μορφή, γίνεται με μια ακολουθία σχεδιαστικών εντολών. Γράφοντας τις εντολές αυτές σε κάποια μορφή **ψευδοκώδικα** (pseudocode) εντολών σχεδίασης – δηλ. σε κώδικα που δεν αντιπροσωπεύει εντολές κάποιας συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού, αλλά απλώς μιμείται τη σύνταξη που χρησιμοποιούν οι διάφορες γλώσσες προγραμματισμού – έχουμε το ακόλουθο αποτέλεσμα:

Αρχή εντολών ψευδοκώδικα {

1. γραμμή από το σημείο  $(x_1, y_1)$  ως το σημείο  $(x_3, y_3)$
2. γραμμή από το σημείο  $(x_3, y_3)$  ως το σημείο  $(x_4, y_4)$
3. γραμμή από το σημείο  $(x_4, y_4)$  ως το σημείο  $(x_5, y_5)$
4. γραμμή από το σημείο  $(x_5, y_5)$  ως το σημείο  $(x_7, y_7)$
5. γραμμή από το σημείο  $(x_6, y_6)$  ως το σημείο  $(x_2, y_2)$

} Τέλος εντολών ψευδοκώδικα

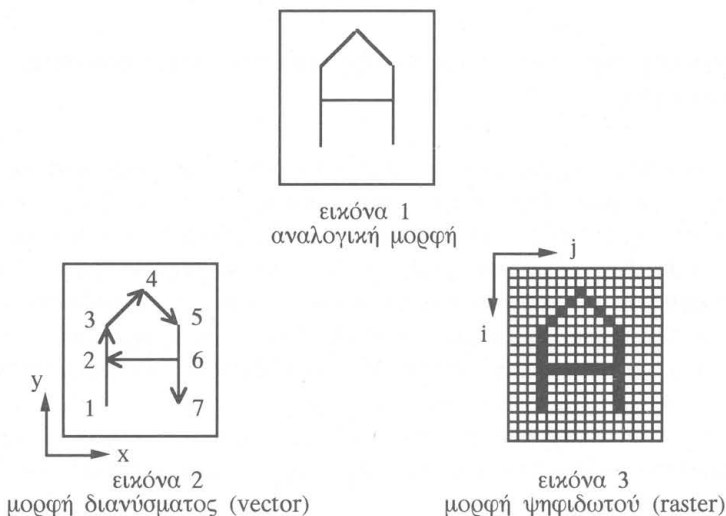
Οι παραπάνω εντολές αποτελούν τη μετατροπή της εικόνας 1 σε διανυσματική μορφή. Τα επί μέρους διανύσματα που συνιστούν την εικόνα 1 είναι τα :  $1 \rightarrow 3$ ,  $3 \rightarrow 4$ ,  $4 \rightarrow 5$ ,  $5 \rightarrow 7$  και  $6 \rightarrow 2$  (Σχ. 2-1). Οι συντεταγμένες  $x_i, y_i$  με  $i = 1, \dots, 7$  των αντίστοιχων σημείων της αρχής και του τέλους των επί μέρους διανυσμάτων, δίνονται σ' ένα τοπικό σύστημα αναφοράς  $(x, y)$  και αποτελούν την ψηφιακή έκφραση της εικόνας 1. Όπως δε είναι προφανές, οι εντολές 1 ως 5 με την σύνταξή τους, δίνουν πληροφορία για το μέτρο και τη διεύθυνση των διανυσμάτων, όπως και τον τρόπο συναρμογής τους. Η ακρίβεια της ψηφιοποίησης της εικόνας με τη διανυσματική μέθοδο, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την ακρίβεια προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων  $(x_i, y_i)$  των επί μέρους διανυσμάτων.

## 2.2 Ψηφιδωτή μέθοδος απεικόνισης

Η ψηφιδωτή μέθοδος αντιμετωπίζει την ψηφιοποίηση της εικόνας από μια τελείως διαφορετική σκοπιά. Θεωρώντας την εικόνα ως ένα

**ενιαίο σύνολο** (ψηφιδωτό), το οποίο αποτελείται από επί μέρους **στοιχειώδη τμήματα** (ψηφίδες), προσαρμόζει την τεχνική της σ' αυτήν τη λογική. Η μέθοδος αναγνωρίζει ως εικόνα το εσωτερικό ενός προκαθορισμένου ορθογωνίου πλαισίου, μέσα στο οποίο υπάρχει το σχεδιασμένο τμήμα αλλά πολλές φορές υπάρχει και κενό σχεδίου. Το ορθογώνιο πλαίσιο ψηφιοποίησης, καθορίζεται κάθε φορά από τις διαστάσεις της υπό ψηφιοποίηση εικόνας. Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις, η ψηφιοποίηση της εικόνας στηρίζεται στην ανάλυσή της σε πολύ μικρά επί μέρους στοιχειώδη τμήματα τις λεγόμενες **ψηφίδες** ή **εικονοψηφίδες** (PIcture ELementS, pixels). Αφού αναλυθεί κάθε εικόνα σε ψηφίδες, στη συνέχεια περιγράφεται η θέση και το χρώμα της κάθε ψηφίδας. Η σύνθεση των ψηφίδων στο σύνολό τους, αποδίδουν την εικόνα σε **μορφή ψηφιδωτού** (raster) (Σχ. 2-1).

Η μετατροπή μιας εικόνας σε μορφή ψηφιδωτού όπως φαίνεται και στο σχήμα 2-1, γίνεται με τη βοήθεια ορθογωνικού καννάβου. 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 από το γεγονός της ύπαρξης ή όχι σχεδιασμένου τμήματος εντός της ψηφίδας, είτε της μεταξύ τους χρωματικής διαφοροποίησης.



Σχ. 2-1. Μετατροπή εικόνας σε μορφή διανύσματος και σε μορφή ψηφιδωτού.

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 των πινάκων. Ο δείκτης  $i$  δηλώνει τη γραμμή στην οποία ανήκει η ψηφίδα και ο δείκτης  $j$  τη στήλη. Έτσι η ψηφιοποιημένη εικόνα μπορεί να περιγραφεί από κάποιο πίνακα, ο οποίος θα έχει στις θέσεις των στοιχείων του τη χαρακτηριστική αριθμητική τιμή της αντίστοιχης ψηφίδας.

Στο σχήμα 2-1 φαίνεται η μετατροπή της εικόνας 1 στην εικόνα 3, η οποία είναι σε μορφή ψηφιδωτού. Οι μαυρισμένες ψηφίδες υποδηλώνουν την παρουσία σχεδίου εντός της περιοχής της ψηφίδας, αποδίδοντας το σχεδιασμένο τμήμα της εικόνας 1. Οι υπόλοιπες λευκές στη συγκεκριμένη περίπτωση ψηφίδες, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ψηφιδωτής μορφής της εικόνας, συμπληρώνοντάς την και συνεισφέροντας απαραίτητα στην περιγραφή και την επανασύστασή της. Η ψηφιακή έκφραση της εικόνας αποδίδεται από τις αριθμητικές τιμές των ψηφιδών, η δε τοπολογική πληροφορία παρέχεται από τους δείκτες  $i$  και  $j$ . Η ακρίβεια παράστασης της εικόνας με την ψηφιδωτή μέθοδο, εξαρτάται από το μέγεθος της ψηφίδας. Το μέγεθος της ψηφίδας είναι άμεσα συνδεδεμένο, με τον αριθμό των γραμμών και στηλών στις οποίες υποδιαιρείται το ορθογωνικό πλαίσιο της εικόνας.

### 2.3 Σύγκριση της διανυσματικής και της ψηφιδωτής απεικόνισης

Παρατηρώντας τις δύο μεθόδους, διαπιστώνουμε μια βασική διαφορά, η οποία έγκειται στον τρόπο παράστασης των συντεταγμένων που χρησιμοποιούν (Σχ. 2-2). Η διανυσματική μέθοδος για να αποδώσει τις θέσεις των διανυσμάτων μέσω των συντεταγμένων  $(x,y)$ , χρησιμοποιεί **πραγματικούς αριθμούς** (real/float), ενώ η ψηφιδωτή μέθοδος προκειμένου και αυτή να ορίσει τη θέση των εικονοψηφιδών με τη βοήθεια των  $(i,j)$ , χρησιμοποιεί **ακέραιους αριθμούς** (integer). Επίσης το γεγονός ότι η ψηφίδα στην ψηφιδωτή μέθοδο έχει κάποιες διαστάσεις καλύπτοντας μια ελάχιστη επιφάνεια της εικόνας, οδηγεί μοιραία σε κάποιου βαθμού γενίκευση της εικόνας, κατά τη μετατροπή της σε ψηφιακή πληροφορία.

Ο τρόπος λειτουργίας της διανυσματικής μεθόδου είναι πιο κοντά στο φυσικό τρόπο σχεδίασης του ανθρώπου. Ακόμη καλύτερα θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μέθοδος προσπαθεί να μιμηθεί ή και να πε-