

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΡΑΣΑΝΑΚΗΣ
ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΦΙΛΙΠΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ

ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ

Τεχνικές δημιουργίας, θεωρητικές βάσεις, μέθοδοι αξιολόγησης

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΡΑΣΑΝΑΚΗΣ
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΦΙΛΙΠΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
Ομότιμη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

*Χωρικές απεικονίσεις: Τεχνικές
δημιουργίας, θεωρητικές βάσεις,
μέθοδοι αξιολόγησης*



Χωρικές απεικονίσεις: Τεχνικές δημιουργίας, θεωρητικές βάσεις, μέθοδοι αξιολόγησης

Συγγραφή

Βασίλειος Κρασανάκης
Βασιλική Φιλιππακοπούλου

Συντελεστές έκδοσης

Γλωσσική Επιμέλεια: Καλλή Πιτσόλη
Γραφιστική Επιμέλεια: Λουκάς-Μωυσής Μισθός
Τεχνική Επεξεργασία: Λουκάς-Μωυσής Μισθός

Κεντρική ομάδα υποστήριξης

Γλωσσικός Έλεγχος: Γεωργία Τριανταφυλλίδου
Γραφιστικός Έλεγχος: Ηλίας Τσιώνης
Βιβλιοθηκονομική Επεξεργασία: Έλενα Αδαμοπούλου

Copyright © 2023, ΚΑΛΛΙΠΟΣ, ΑΝΟΙΚΤΕΣ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε τον ιστότοπο <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.el>

Αν τυχόν κάποιο τμήμα του έργου διατίθεται με διαφορετικό καθεστώς αδειοδότησης, αυτό αναφέρεται ρητά και ειδικώς στην οικεία θέση.

ΚΑΛΛΙΠΟΣ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου

www.kallipos.gr

ISBN: 978-618-5726-43-0

Βιβλιογραφική Αναφορά: Κρασανάκης, Β., & Φιλιππακοπούλου, Β. (2023). *Χωρικές απεικονίσεις: Τεχνικές δημιουργίας, θεωρητικές βάσεις, μέθοδοι αξιολόγησης* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-160>

*Στη Βάσω και στον μικρό μας Μάνο.
Β.Κ.*

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	9
Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνυμίων	13
Πρόλογος.....	15
Κεφάλαιο 1.....	17
1 Εισαγωγή στην έννοια των χωρικών απεικονίσεων.....	17
Βιβλιογραφία.....	21
Κεφάλαιο 2.....	23
2 Χωρικές οντότητες: γεωμετρικά πρότυπα και ιεράρχηση χωρικών οντοτήτων	23
2.1 Διαστάσεις και γεωμετρικά πρότυπα χωρικών οντοτήτων	23
2.2 Κλίμακες μέτρησης χωρικών οντοτήτων	27
Βιβλιογραφία.....	29
Κεφάλαιο 3.....	31
3 Βασικές αρχές σημειολογίας και χαρτογραφικός συμβολισμός	31
3.1 Η προσπάθεια τυποποίησης των χαρτογραφικών συμβόλων	31
3.2 Σημειωτικές έννοιες και χαρτογραφικός συμβολισμός.....	33
3.2.1 Σημειωτικές θεωρίες	35
3.2.2 Κατηγορίες σημάτων.....	39
3.3 Οι διαστάσεις των σημάτων.....	41
3.3.1 Η σύνταξη των σημάτων του χάρτη.....	42
3.3.2 Η σημασιολογία των σημάτων του χάρτη.....	44
3.3.3 Η πραγματολογία των χαρτογραφικών συμβόλων και του χάρτη ως ολότητας.....	47
Βιβλιογραφία.....	50
Κεφάλαιο 4.....	53
4 Στατικοί χάρτες	53
4.1 Οι οπτικές μεταβλητές του χαρτογραφικού συμβολισμού.....	55
4.1.2 Η αποτελεσματικότητα των οπτικών μεταβλητών.....	60
4.1.2 Οπτικές μεταβλητές και επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης.....	61
4.2 Ταξινόμηση και βασικές εφαρμογές στατικών χαρτών	62
4.3 Παραδείγματα στατικών χαρτών.....	63
Βιβλιογραφία.....	69
Κεφάλαιο 5.....	71
5 Δυναμικοί χάρτες & χάρτες κινούμενης εικόνας.....	71
5.1 Οπτικοποίηση χρονικών αλλαγών	71
5.2 Χάρτες κινούμενης εικόνας.....	73
5.3 Δυναμικές (οπτικές) μεταβλητές.....	74

5.4 Ταξινόμηση χαρτών κινούμενης εικόνας.....	87
Βιβλιογραφία.....	91
Κεφάλαιο 6.....	93
6 Διαδραστικοί χάρτες & χάρτες πολυμέσων	93
6.1 Ηχητικές (ακουστικές) μεταβλητές.....	93
6.2 Διαδραστικότητα και πλοήγηση σε ψηφιακούς χάρτες	95
6.3 Χάρτες πολυμέσων.....	98
6.4 Μορφοποίηση διάταξης διαδραστικών χαρτών και χαρτών πολυμέσων.....	99
6.5 Διαδικτυακοί χάρτες.....	100
Βιβλιογραφία.....	102
Κεφάλαιο 7.....	103
7 Λογισμικό υποστήριξης χωρικών απεικονίσεων	103
7.1 Κατηγορίες λογισμικού υποστήριξης χωρικών απεικονίσεων.....	103
7.1.1 Λογισμικό γραφικής σχεδίασης	104
7.1.2 Λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.)	105
7.1.3 Λογισμικό υποστήριξης γεωχωρικών υπηρεσιών Διαδικτύου και διαδικτυακών χαρτών	106
7.1.4 Εξειδικευμένο λογισμικό χωρικών απεικονίσεων	107
7.2 Εμπορικό λογισμικό και ελεύθερο λογισμικό/λογισμικό ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ)	109
7.3 Βασικοί μορφότυποι αρχείων χωρικών απεικονίσεων.....	111
Βιβλιογραφία.....	113
Κεφάλαιο 8.....	114
8 Θεμελιώδεις κανόνες οπτικής αντίληψης των χωρικών απεικονίσεων	114
8.1 Οπτική αντίληψη και σχετικές έννοιες.....	114
8.1.1 Οπτική αντίληψη και όραση	114
8.1.2 Οπτική αναζήτηση και προσοχή	116
8.1.3 Σειριακές και παράλληλες αναζητήσεις.....	117
8.1.4 Αντιληπτική ομαδοποίηση και αρχές Gestalt	117
8.1.5 Οπτική αναζήτηση και εφαρμογές.....	118
8.2 Το στάδιο της προ-προσοχής	119
8.2.1 Χαρακτηριστικά προ-προσοχής ή βασικά χαρακτηριστικά.....	119
8.3 Οπτική αντίληψη και προσοχή σε χωρικές απεικονίσεις.....	122
8.3.1 Αντιληπτική ομαδοποίηση	123
8.3.2 Επιλεκτική προσοχή.....	125
8.3.3 Διαχωρισμός πρώτου πλάνου-φόντου.....	125
8.4 Επίδραση στοιχείων της φυσιολογίας του οφθαλμού στην ανάγνωση χωρικών απεικονίσεων	126
Βιβλιογραφία.....	131
Κεφάλαιο 9.....	135
9 Οπτική αντίληψη και γνώση – Γνωσιακά σχήματα – Νοητικές κατηγορίες	135
9.1 Οπτική γνώση – Θεωρία του Pinker	136

9.1.1 Από την οπτική ακολουθία στην οπτική περιγραφή.....	137
9.1.2 Σχήμα Γραφήματος.....	140
9.2 Σχήματα γνώσης.....	141
9.2.1 Χαρακτηριστικά σχημάτων.....	142
9.2.2 Τύποι σχημάτων.....	143
9.2.3 Σχήματα και Πολιτισμοί.....	143
9.2.4 Εφαρμογές – αντιρρήσεις.....	143
9.3 Νοητικές κατηγοριοποιήσεις.....	144
9.3.1 Κλασική προσέγγιση (Classical approach).....	144
9.3.2 Θεωρία των πρωτοτύπων (Prototype theory).....	145
9.3.3. Θεωρία των κατηγοριών βασικού επιπέδου.....	148
Βιβλιογραφία.....	149
Κεφάλαιο 10.....	153
10 Αξιολόγηση χωρικών απεικονίσεων: Ποιοτικές και ποσοτικές μέθοδοι.....	153
10.1 Παράμετροι αξιολόγησης χωρικών απεικονίσεων.....	153
10.2 Κλασικές μέθοδοι αξιολόγησης χωρικών απεικονίσεων.....	156
10.2.1 Μελέτες ερωτηματολογίων.....	156
10.2.2 Χρόνοι αντίδρασης & ορθότητα απαντήσεων.....	157
10.2.3 Ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων.....	158
10.2.4 Ανάλυση κινήσεων κέρσορα.....	159
10.3 Σύνθετες τεχνικές από τον τομέα της νευροεπιστήμης.....	160
10.4 Συνδυασμός μεθόδων, σύγχρονες προσεγγίσεις ανάλυσης πειραματικών δεδομένων.....	161
Βιβλιογραφία.....	162
Κεφάλαιο 11.....	165
11 Αξιολόγηση χωρικών απεικονίσεων: Ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων.....	165
11.1 Βασικές τεχνικές εντοπισμού οφθαλμικών κινήσεων.....	165
11.2 Καταγραφή & ανάλυση δεδομένων οφθαλμικών κινήσεων.....	167
11.3 Βασικά μεγέθη οφθαλμικής καταγραφής.....	167
11.3.1 Προσηλώσεις.....	167
11.3.2 Σακκαδικές κινήσεις.....	169
11.3.3 Οπτικό ίχνος.....	170
11.4 Παράγωγα μεγέθη καταγραφής.....	170
11.4.1 Μεγέθη που προκύπτουν από προσηλώσεις.....	170
11.4.2 Μεγέθη που προκύπτουν από σακκαδικές κινήσεις.....	171
11.4.3 Μεγέθη που προκύπτουν από το οπτικό ίχνος.....	171
11.5 Άλλα μεγέθη οφθαλμικής καταγραφής.....	176
11.6 Αλγόριθμοι εντοπισμού οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης.....	176
11.7 Μέθοδοι οπτικοποίησης οφθαλμικών καταγραφών.....	177
11.7.1 Οπτικοποίηση κέντρων και διαρκειών προσηλώσεων.....	177

11.7.2 Θερμικοί χάρτες	178
11.7.3 Κύβος χώρου-χρόνου	181
11.8 Εργαλεία λογισμικού για την ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων.....	182
Βιβλιογραφία.....	184

Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνυμίων

ΕΛ/ΛΑΚ	Ελεύθερο Λογισμικό/Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα
ΣΓΠ	Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών
BOLD	Blood Oxygen Level Dependent
CAD	Computer-Aided Design
CMYK	Cyan, Magenta, Yellow, & Key (Black)
EEG	Electroencephalography
fMRI	functional Magnetic Resonance Imaging
GIS	Geographic Information Systems
GPL	General Public License
GUI	Graphical User Interface
HCI	Human-Computer Interaction
HSL	Hue, Saturation, & Lightness
ICA	International Cartographic Association
OGC	Open Geospatial Consortium
OSM	OpenStreetMap
RGB	Red, Green, & Blue
RT	Reaction Time
SDIs	Spatial Data Infrastructures
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service
WYSIWYG	What You See Is What You Get

Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε για να καλύψει το περιεχόμενο του μαθήματος «Ειδικά Κεφάλαια Οπτικοποίησης Χαρτογραφικών Δεδομένων», το οποίο διδάσκεται στο 9^ο εξάμηνο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βιβλίο αναφοράς για το μάθημα «Χαρτογραφική Οπτικοποίηση», που διδάσκεται στο Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και του Πανεπιστημίου της Limoges, με τίτλο «Τεχνητή Νοημοσύνη και Οπτική Υπολογιστική».

Το βιβλίο αναφέρεται στις χωρικές απεικονίσεις. Στόχος του είναι να παρουσιάσει τις διαφορετικές μορφές με τις οποίες δημιουργούνται οι χωρικές απεικονίσεις και να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί καθεμία από αυτές. Με απλά λόγια, αναφέρεται στο πώς υλοποιούνται, πώς παρατηρούνται, πώς ερμηνεύονται και πώς αξιολογούνται σήμερα, στην εποχή της ψηφιακής επανάστασης, οι διάφορες μορφές χωρικών απεικονίσεων.

Η προσέγγιση που ακολουθείται στηρίζεται στην άποψη ότι δεν υπάρχει αντικειμενική, ορθή και αμερόληπτη απεικόνιση του χώρου. Αντίθετα, καθεμία χωρική απεικόνιση αποτελεί μία έκφραση της άποψης που έχει ο δημιουργός της για τη συγκεκριμένη απεικόνιση, των επιστημονικών κανόνων που εφαρμόζει και των κοινωνικών συμβάσεων που τηρεί. Η δε ανάγνωση και ερμηνεία της εξαρτώνται από την εμπειρία που έχει ο χρήστης στις απεικονίσεις, από τις γνώσεις του για τον συγκεκριμένο χώρο και από τον εκάστοτε σκοπό της χρήσης. Σε κάθε περίπτωση, οι χωρικές απεικονίσεις περιέχουν γνώση και μεταδίδουν γνώση. Με αυτό το «πιστεύω» συντάχθηκε το παρόν βιβλίο και καθορίστηκε το περιεχόμενό του. Το βιβλίο έχει διεπιστημονικό χαρακτήρα και περιλαμβάνει τις θεωρητικές και τεχνικές βάσεις που διέπουν τη δημιουργία, τη λειτουργία και την αξιολόγηση των παραδοσιακών στατικών χαρτών, αλλά και των πιο σύγχρονων (και αποκλειστικά ψηφιακών) μορφών χωρικών απεικονίσεων, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι χάρτες κινούμενης εικόνας, οι διαδραστικοί χάρτες και οι χάρτες πολυμέσων (σε διαδικτυακό ή μη ψηφιακό περιβάλλον).

Συγχρόνως, το βιβλίο αναφέρεται στα θέματα οπτικής αντίληψης και γνωσιακής επεξεργασίας διδασμάτων αναπαραστάσεων και των εφαρμογών τους στην ανάγνωση των χαρτών, καθώς επίσης σε θέματα σημειολογίας και των εφαρμογών της στη δημιουργία κανόνων στον χαρτογραφικό συμβολισμό.

Ωστόσο, δεν γίνεται αναφορά στις εικονικές μορφές χωρικών απεικονίσεων, ούτε στις αντίστοιχες απεικονίσεις επαυξημένης πραγματικότητας, μορφές που έχουν γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, χάρη στην αντίστοιχη πρόοδο και εξέλιξη του τεχνολογικού εξοπλισμού και των λογισμικών εργαλείων. Εντούτοις, τόσο το θεωρητικό όσο και το τεχνικό πλαίσιο που παρουσιάζεται σε αυτό το βιβλίο μπορεί άμεσα να συνδεθεί με τις συγκεκριμένες μορφές απεικονίσεων, αποδεικνύοντας την αντίστοιχη ανάγκη για διερεύνηση του τρόπου λειτουργίας τους. Το αντικείμενο αυτό αποτελεί ένα ενεργό και ενδιαφέρον ερευνητικό πεδίο, το οποίο ενδέχεται να τροφοδοτήσει την επιστημονική κοινότητα με σημαντικά ευρήματα τα επόμενα χρόνια. Ελπίζουμε ότι το περιεχόμενο του βιβλίου θα υποστηρίξει την εκπόνηση έρευνας στο πεδίο αυτό και φυσικά την επέκταση της γνώσης μας για τις νέες μορφές χωρικών απεικονίσεων.

Η επιλογή και η παρουσίαση της ύλης του βιβλίου βασίστηκαν σε συστηματική μελέτη αναγνωρισμένων συγγραμμάτων, καθώς και δημοσιευμένων ερευνητικών εργασιών. Ωστόσο, εκτός των βιβλιογραφικών πηγών που αξιοποιήθηκαν και αναφέρονται στο εκάστοτε κεφάλαιο, η συγγραφή ενός μεγάλου μέρους του παρόντος έργου επηρεάστηκε σε σημαντικό βαθμό από τα συγγράμματα -ορόσημα για τη χαρτογραφία- του Bertin («Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps»), του Keates («Understanding Maps»), του MacEachren («How Maps Work: Representation, Visualization, and Design»), των Slocum, McMaster, Kessler, & Howard («Thematic Cartography and Geovisualization»), του Peterson («Interactive and Animated Cartography»), καθώς και των Kraak & Ormeling («Cartography: Visualization of Geospatial Data»).

Με δεδομένο το γεγονός ότι το παρόν έργο προσεγγίζει με ευρύτητα το αντικείμενο των χωρικών απεικονίσεων, ευελπιστούμε να αποτελέσει βοήθημα στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση διαφόρων ειδικοτήτων

που συνδέονται με τη διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας. Ευελπιστούμε, επίσης, ότι απαντάει ταυτόχρονα στην επιτακτική ανάγκη της σημερινής εποχής για απόδοση μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων, τα οποία συλλέγονται μέσω πολλαπλών τεχνικών.

Τη δημιουργία των σχημάτων, καθώς και την τεχνική επεξεργασία του συγγράμματος ανέλαβε και εκτέλεσε ο Λουκάς-Μωυσής Μισθός, διδάκτορας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η ανεκτίμητη όμως προσφορά του Μωυσή αναφέρεται στο γεγονός ότι διάβασε όλο το κείμενο του βιβλίου και έκανε ουσιαστικές παρατηρήσεις οι οποίες, χωρίς καμία αμφιβολία, βελτίωσαν τη συνολική ποιότητα του κειμένου. Αναγνωρίζοντας τη συνεισφορά του αυτή, θα θέλαμε να του εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες.

Για τη δημιουργία κάποιων σχημάτων του βιβλίου αξιοποιήθηκαν γεωχωρικά δεδομένα της περιοχής της Πελοποννήσου. Τα δεδομένα αυτά μας τα παραχώρησε ο Βύρωνας Νάκος, Καθηγητής ΕΜΠ, τον οποίο ευχαριστούμε θερμά.

Βασίλειος Κρασανάκης
Βασιλική Φιλιππακοπούλου

Κεφάλαιο 1

Σύνοψη

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στην έννοια των χωρικών απεικονίσεων και εξηγείται η ανάγκη προσέγγισής τους βάσει μιας ολιστικής θεώρησης, με θεωρητική και πρακτική υφή. Αναφέρονται οι βασικοί στόχοι και οι κύριες κατηγορίες των χωρικών απεικονίσεων και παρουσιάζονται τα περιεχόμενα των κεφαλαίων στα οποία αναπτύσσεται το παρόν σύγγραμμα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Δεν απαιτείται.

1 Εισαγωγή στην έννοια των χωρικών απεικονίσεων

Η ανάγκη απόδοσης στοιχείων και οντοτήτων που συνδέονται με τον φυσικό χώρο είναι άμεση για ένα ευρύ σύνολο διαφορετικών επιστημονικών, ερευνητικών, εκπαιδευτικών και επαγγελματικών πεδίων. Βασικό αποτέλεσμα αυτής της ανάγκης αποτελεί η δημιουργία χωρικών απεικονίσεων, δηλαδή «μοντέλων» που έχουν ως πρωταρχικό σκοπό να προσομοιάσουν ένα τμήμα του φυσικού χώρου. Στην ουσία, η προσομοίωση λειτουργεί υπό τη μορφή «αντικατάστασης» του φυσικού χώρου με ένα αναλογικό ή ψηφιακό προϊόν, με απώτερο σκοπό την καλύτερη διαχείριση και επεξεργασία των αποδιδόμενων στοιχείων και των χαρακτηριστικών τους. Η ευρύτητα των εφαρμογών, καθώς και των μέσων που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη δημιουργία των σύγχρονων χωρικών απεικονίσεων, εξηγεί το γεγονός ότι η προσέγγιση που θα πρέπει να ακολουθείται για την περιγραφή της λειτουργίας, της αξιοποίησης και της αξιολόγησής τους, δεν μπορεί παρά να είναι διεπιστημονική. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να είναι σύμφωνη με την επιτακτική ανάγκη της εποχής, η οποία προκαλείται λόγω του εξαιρετικά μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων, που μπορούν να συλλεχθούν μέσω πολλαπλών γεωχωρικών τεχνικών και τεχνολογιών. Ωστόσο, παραδοσιακά, το σύνολο των κανόνων και των πρακτικών που διέπουν τις χωρικές απεικονίσεις εντάσσεται στο αντικείμενο της «γεωγραφικής οπτικοποίησης» ή «γεωοπτικοποίησης» (geovisualization).

Το παρόν σύγγραμμα προσεγγίζει το αντικείμενο των χωρικών απεικονίσεων μέσω μιας ολιστικής θεώρησης, η οποία έχει εισαχθεί στο πεδίο της γεωγραφικής οπτικοποίησης τις τελευταίες δεκαετίες. Η προσέγγιση που ακολουθείται χαρακτηρίζεται ως ολιστική, καθώς αναλύει τις δυνατότητες και τις ικανότητες του αναγνώστη να «δει», να «κατανοήσει» και να «ερμηνεύσει» τις χωρικές απεικονίσεις, ενώ ταυτόχρονα αναφέρεται στα «μέσα» που είναι διαθέσιμα από τη σύγχρονη τεχνολογία για τη δημιουργία τους. Συνεπώς, η εν λόγω θεώρηση περιλαμβάνει τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο, το οποίο διέπει τη δημιουργία των χωρικών απεικονίσεων, όσο και τις πρακτικές τεχνικές, οι οποίες συνδέονται επιπροσθέτως με την ανάπτυξη τεκμηριωμένων μεθόδων αξιολόγησης της αποτελεσματικότητάς τους.

Η αξιοποίηση των χωρικών απεικονίσεων ενδέχεται να εξυπηρετεί ένα σύνολο διαφορετικών αναγκών, οι οποίες διαμορφώνονται κυρίως βάσει των συνθηκών και του σκοπού παρατήρησής τους. Έτσι, οι χωρικές απεικονίσεις μπορεί να έχουν στόχο να παρουσιάσουν μια συνολική άποψη του γεωγραφικού χώρου, ή να απομονώσουν μια χωρική οντότητα (ή ένα σύνολο ομοειδών εννοιολογικά οντοτήτων) και να αποδώσουν την κατανομή της, ή να αποδώσουν συνδυασμένα φαινόμενα για να προκύψουν οι αλληλοσυσχετισμοί τους, ή να διευκολύνουν την πλοήγηση στον χώρο, ή τον σχεδιασμό παρεμβάσεων ή τη μελέτη και εκτέλεση τεχνικών έργων ή, τέλος, αλλά εξίσου σημαντικό, να λειτουργήσουν ως έργα τέχνης. Αν εστιάσουμε στη μορφή τους, για πάνω από 4.500 χρόνια, οι χωρικές απεικονίσεις, ανεξαρτήτως του στόχου τον οποίο υπηρετούσε η δημιουργία τους και του περιεχομένου τους, ήταν στατικής μορφής, σχεδιασμένες σε κάποιο μόνιμο μέσο, π.χ. πηλό, τοίχο, πάπυρο, χαρτί. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, όμως, λόγω της συνεχούς ανάπτυξης της ψηφιακής τεχνολογίας, έχουν αποκτήσει τέτοια δυναμική, ώστε καθίσταται δύσκολη η πρόβλεψη της μελλοντικής μορφής τους.

Στο σύγγραμμα αυτό οι διάφορες χωρικές απεικονίσεις κατατάσσονται ανάλογα με τη μορφή τους. Πρώτος στην κατάταξη είναι ο παραδοσιακός χάρτης, ο οποίος εξακολουθεί να υπάρχει, να κυκλοφορεί σε έντυπη ή ψηφιακή μορφή, να χρησιμοποιείται και να θεωρείται απαραίτητος, αποτελώντας απεικόνιση χωρικών

δεδομένων μιας συγκεκριμένης χρονικής στιγμής, η οποία και αναφέρεται ως πληροφορία στο περιθώριο. Οι διαχρονικές μεταβολές δεν μπορούν να απεικονιστούν σε στατικούς χάρτες, παρά μόνο μέσω στατιστικών δεικτών ή (ελάχιστων) εξειδικευμένων μορφών απεικονίσεων. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στους χάρτες κινούμενης εικόνας, που χαρακτηρίζονται από την αξιοποίηση αντίστοιχων μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού οι οποίες προσδίδουν την ιδιότητα της κίνησης. Η προσθήκη της κίνησης (μέσω των αντίστοιχων δυναμικών μεταβλητών) στον κατάλογο των οπτικών μεταβλητών δίνει τη δυνατότητα αντιμετώπισης του χρόνου ως δεδομένου προς απεικόνιση. Είναι αυτονόητο ότι η συγκεκριμένη κατηγορία δεν μπορεί παρά να αντιστοιχεί σε (ψηφιακούς) χάρτες οθόνης. Εκτός, όμως, από τις χωρικές απεικονίσεις, οι οποίες βασίζονται στη συνδυαστική αξιοποίηση των δυναμικών και των οπτικών μεταβλητών, παρουσιάζονται επιπροσθέτως και απεικονίσεις που αξιοποιούν ακουστικές (ηχητικές) μεταβλητές για την απόδοση χωρικών οντοτήτων. Τέλος, αναφέρονται οι σχετικά πιο πρόσφατες απεικονίσεις, οι οποίες αξιοποιούν διαδραστικά εργαλεία και εργαλεία πολυμέσων.

Οι διαφορετικές μορφές χωρικών απεικονίσεων που παρουσιάζονται, προσεγγίζονται μέσα από μια οπτική που εστιάζει σε τρία κυρίως σημεία: στις τεχνικές δημιουργίας τους, στον τρόπο αντίληψης και ερμηνείας τους και στην αξιολόγησή τους.

Όσον αφορά το πρώτο σημείο, στο πλαίσιο των διαδικασιών δημιουργίας των χωρικών απεικονίσεων, αναπτύσσονται οι βασικοί κανόνες στους οποίους στηρίζονται η διαχείριση και οι μέθοδοι επεξεργασίας των δεδομένων της απεικόνισης, καθώς και οι αντίστοιχοι κανόνες οπτικοποίησης των χαρτογραφικών δεδομένων. Για καθεμία κατηγορία απεικόνισης, παρουσιάζονται τα συστήματα των μεταβλητών με βάση τα οποία σχεδιάζονται τα χαρτογραφικά σύμβολα. Επιπροσθέτως, γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των διαφορετικών κατηγοριών λογισμικών εργαλείων που μπορούν να αξιοποιηθούν στη διαδικασία της χαρτογραφικής παραγωγής και της υποστήριξης της λειτουργίας των χωρικών απεικονίσεων, οι οποίες λειτουργούν αποκλειστικά σε ψηφιακό περιβάλλον.

Όσον αφορά το δεύτερο σημείο, η προσέγγιση του τρόπου με τον οποίο οι χωρικές απεικονίσεις γίνονται οπτικά αντιληπτές και κατανοητές στηρίζεται στην επικρατούσα σήμερα στη χαρτογραφία άποψη, σύμφωνα με την οποία οποιαδήποτε χωρική απεικόνιση αποτελεί μία από τις πολλές όψεις του χώρου που απεικονίζεται. Σε αυτό δε το σημείο, έχουμε δύο επιμέρους επίπεδα προσέγγισης. Στο πρώτο επίπεδο, η απεικόνιση εκφράζει τις γνώσεις του δημιουργού της, εκφρασμένες μέσα από τις χαρτογραφικές συμβάσεις που αυτός επιλέγει να εφαρμόσει. Σε ένα δεύτερο επίπεδο, η αντίληψη και ερμηνεία των χωρικών πληροφοριών, που απεικονίζονται, εξαρτάται από αυτό που βλέπει ο αναγνώστης, από αυτό που αναγνωρίζει και από αυτό που ερμηνεύει. Δηλαδή, μια χωρική απεικόνιση είναι αφενός μια έκφραση γνώσεων και αφετέρου μια πηγή απόκτησης γνώσεων. Από αυτήν, επομένως, την προσέγγιση προκύπτουν θέματα οπτικής αντίληψης, θέματα γνωσιακής σύλληψης του χώρου αλλά και θέματα χαρτογραφικών συμβάσεων. Τα δύο πρώτα αποτελούν γνωστικά αντικείμενα που μελετώνται και ερευνώνται από άλλες επιστήμες, όμως η γνώση κάποιων στοιχείων που συνδέονται με την εφαρμογή τους στη χρήση των χαρτών θεωρείται και απαραίτητη και πολύτιμη, αφενός για την ανάλυση του τρόπου που λειτουργούν οι απεικονίσεις του χώρου και αφετέρου για την αναβάθμιση αυτής της λειτουργίας. Έτσι, παρουσιάζονται εδώ ορισμένα στοιχεία για τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου οπτικού συστήματος, όπως και κάποια στοιχεία για τον τρόπο οργάνωσης των γνώσεων στον εγκέφαλο, επιλεγμένα ώστε να σχετίζονται με την ανάγνωση και την ερμηνεία των χωρικών απεικονίσεων. Για τις χαρτογραφικές συμβάσεις, όσοι χαρτογράφοι ασχολήθηκαν ερευνητικά με το θέμα του συμβολισμού, ξεκινώντας από τον Bertin (1967-1983) που πρώτος εισήγαγε την ιδέα εφαρμογής σημειολογικών κανόνων στον σχεδιασμό των χαρτογραφικών συμβόλων, δεν βρήκαν άλλη θεωρητική βάση στήριξης του, εκτός από αυτήν της σημειολογίας. Έτσι, εδώ γίνεται συνοπτική αναφορά στις αρχές της σημειολογίας, πιστεύοντας πως αποτελεί μια θεωρητική βάση για τη δημιουργία κανόνων και προδιαγραφών του χαρτογραφικού συμβολισμού.

Όσον αφορά το τρίτο σημείο, η αξιολόγηση των χωρικών απεικονίσεων περιλαμβάνει θέματα αποδοτικότητας των μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού, θέματα χρηστών και χρηστικότητας κατά την ανάγνωση των χαρτών και, τέλος, αναφέρεται στις ποιοτικές και ποσοτικές μεθόδους αξιολόγησης. Οι τεχνικές αξιολόγησης των χωρικών απεικονίσεων δανείζονται μεθόδους οι οποίες εφαρμόζονται σε παρεμφερή ερευνητικά πεδία, όπως αυτό της ψυχολογίας και των νευροεπιστημών. Στην περίπτωση αυτή, οι χωρικές απεικονίσεις λειτουργούν ως οπτικό ερέθισμα. Κατ' επέκταση, οι τεχνικές καταγραφής και ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων που εφαρμόζονται είναι προσαρμοσμένες σε ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν τις βασικές λειτουργίες των χωρικών απεικονίσεων. Μεταξύ των μεθόδων αξιολόγησης που παρουσιάζονται στο παρόν σύγγραμμα, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε τεχνικές καταγραφής και ανάλυσης οφθαλμικών κινήσεων.

Το περιεχόμενο του βιβλίου αναπτύσσεται σε έντεκα συνολικά κεφάλαια:

Το παρόν (πρώτο) κεφάλαιο έχει ως κύριο σκοπό να εισάγει τον αναγνώστη στην έννοια των χωρικών απεικονίσεων, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα την ανάγκη προσέγγισής τους βάσει μιας ολιστικής θεώρησης, με θεωρητική και πρακτική υφή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση και ταξινόμηση των γεωμετρικών προτύπων, μέσω των οποίων περιγράφονται οι διαφορετικές χωρικές οντότητες. Αναλύονται οι κλίμακες κατάταξης που αξιοποιούνται για την κατηγοριοποίηση των χωρικών οντοτήτων μέσω ενός συστήματος μέτρησης. Η ανάλυση συνοδεύεται από χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται σύντομη αναφορά στον τρόπο με τον οποίο αντιμετώπισαν οι χαρτογράφοι τον σχεδιασμό των χαρτογραφικών συμβόλων κατά τη μακρόχρονη ιστορία των χαρτών και στην πρόσφατη, σχετικά, προσέγγισή του μέσω της σημειολογίας. Ακολουθεί περιληπτική αναφορά στην επιστήμη της σημειολογίας και παρουσιάζονται οι θεωρίες των Saussure και Peirce, με περιγραφή των σημειωτικών μοντέλων που εισήγαγαν. Αναλύονται οι διαδικασίες της σύνταξης, της σημασιολογίας και της πραγματολογίας στα σημειωτικά συστήματα και οι δυνατότητες εφαρμογής τους αφενός στη δημιουργία κανόνων σχεδιασμού χαρτογραφικών συμβόλων, αφετέρου στην ανάλυση της ανάγνωσης και της ερμηνείας των χαρτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των στατικών απεικονίσεων, αναλογικής και ψηφιακής μορφής και αναφέρονται οι κύριες διαφορές τους σε σύγκριση με άλλες μορφές απεικονίσεων. Αναλύονται η λειτουργία, η αποτελεσματικότητα και η σύνδεση των βασικών εργαλείων του χαρτογραφικού συμβολισμού (οπτικών μεταβλητών) με συγκεκριμένα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης, ενώ δίνονται συγκεκριμένα παραδείγματα για την απόδοση ποσοτικών και ποιοτικών διαφοροποιήσεων μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων. Παρουσιάζονται τα βασικά κριτήρια για την ταξινόμηση των στατικών χαρτών και αναφέρονται πρακτικές εφαρμογές τους σε διαφορετικούς επαγγελματικούς και επιστημονικούς τομείς. Δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα στατικών χαρτών διαφορετικών κατηγοριών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις που εφαρμόζονται στην απεικόνιση χρονικών αλλαγών χωρικών οντοτήτων και περιλαμβάνουν τη δημιουργία δυναμικών χαρτών και χαρτών κινούμενης εικόνας. Επιπροσθέτως, αναλύεται η λειτουργία των δυναμικών (οπτικών) μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού και γίνεται μια ταξινόμηση των χαρτών κινούμενης εικόνας. Για την καλύτερη κατανόηση και παρουσίαση των παραπάνω εννοιών, αναφέρονται, επίσης, συγκεκριμένα παραδείγματα χωρικών απεικονίσεων και εφαρμογών των σχετικών μεταβλητών του σχεδιασμού.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται η λειτουργία των ηχητικών (ακουστικών) μεταβλητών, καθώς και οι τρόποι αξιοποίησής τους για την απόδοση χωρικών οντοτήτων. Αναλύεται η έννοια της διαδραστικότητας και της πλοήγησης σε σύγχρονες μορφές ψηφιακών χαρτών και χαρτών πολυμέσων. Γίνεται αναφορά στα διαφορετικά είδη των πολυμέσων, τα οποία ενσωματώνονται σε σύγχρονα χαρτογραφικά προϊόντα, και παρουσιάζονται οι βασικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τη φάση του χαρτογραφικού σχεδιασμού.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των λογισμικών εργαλείων που αξιοποιούνται για την υποστήριξη διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων. Το συγκεκριμένο λογισμικό ταξινομείται σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες, οι οποίες αναφέρονται σε λογισμικό γραφικής σχεδίασης, σε σύγχρονο λογισμικό συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, σε λογισμικό υποστήριξης διαδικτυακών γεωχωρικών υπηρεσιών και διαδικτυακών χαρτών, καθώς και σε εξειδικευμένο λογισμικό για την υλοποίηση ειδικών απεικονίσεων. Αναφέρονται συγκεκριμένα παραδείγματα σύγχρονων εμπορικών λογισμικών και εργαλείων ελεύθερου λογισμικού/λογισμικού ανοικτού κώδικα.

Στο όγδοο κεφάλαιο περιγράφονται βασικά στοιχεία που συνδέονται με τη λειτουργία του οφθαλμού και την ολοκλήρωση της όρασης στον εγκέφαλο. Η περιγραφή εστιάζεται στην ανάγνωση των χωρικών απεικονίσεων, ενώ δίνονται αντίστοιχα παραδείγματα. Αναφέρονται έννοιες και κανόνες της οπτικής αντίληψης που προκύπτουν από την έρευνα της γνωσιακής ψυχολογίας και που μπορούν να εφαρμοστούν στην ανάγνωση χωρικών απεικονίσεων. Δίνεται έμφαση σε συγκεκριμένα παραδείγματα που αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα της εφαρμογής των κανόνων της οπτικής αντίληψης στην αναβάθμιση των χωρικών απεικονίσεων.

Στο ένατο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα των επιστημονικών περιοχών της γνωσιακής ψυχολογίας και της νευροβιολογίας ως προς την ολοκλήρωση της οπτικής αντίληψης στον εγκέφαλο, τη

δημιουργία της χωρικής γνώσης για όσα ξέρουμε, αλλά και όσα υποθέτουμε πως συμβαίνουν, κατά τη διαδικασία ανάγνωσης χωρικών απεικονίσεων. Δίνονται παραδείγματα εφαρμογών των γνωσιακών θεωριών στα στάδια ανάλυσης και ερμηνείας χωρικών απεικονίσεων, με έμφαση στην επίδρασή τους στην αποτελεσματικότητα της απεικόνισης.

Στο δέκατο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των ποιοτικών και των ποσοτικών μεθόδων που εφαρμόζονται στην αξιολόγηση των διαφορετικών μορφών των χωρικών απεικονίσεων. Παρουσιάζονται τεχνικές οι οποίες βασίζονται στην καταγραφή και την ανάλυση ερωτηματολογίων, στους χρόνους αντίδρασης και στην ορθότητα των απαντήσεων, των οφθαλμικών κινήσεων και των κινήσεων κέρσορα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αναφέρονται πιο σύνθετες μέθοδοι, οι οποίες αξιοποιούνται κυρίως στον τομέα των νευροεπιστημών και στοχεύουν στην ανάλυση των αντιληπτικών και γνωσιακών διεργασιών. Επίσης, γίνεται αναφορά στον συνδυασμό των προαναφερόμενων μεθόδων, με τις σύγχρονες προσεγγίσεις διαχείρισης των συλλεγόμενων πειραματικών δεδομένων.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο περιγράφονται τεχνικές καταγραφής και ανάλυσης οφθαλμικών κινήσεων, εστιάζοντας στην αξιολόγηση των χωρικών απεικονίσεων. Γίνεται μια αναλυτική περιγραφή τόσο των βασικών κινήσεων (προσηλώσεων και σακκαδικών), όσο και των παράγωγων μεγεθών ανάλυσης και παρουσιάζονται βασικοί αλγόριθμοι εντοπισμού οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης. Αναφέρονται οι βασικές μέθοδοι οπτικοποίησης οφθαλμικών κινήσεων και συνοψίζονται τα διαθέσιμα λογισμικά εργαλεία ανάλυσης. Τέλος, παρουσιάζονται διάφορες εφαρμογές και χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Βιβλιογραφία

Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, Madison, 432 pp. (French edition, 1967).

Κεφάλαιο 2

Σύνοψη

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση και ταξινόμηση των γεωμετρικών προτύπων, μέσω των οποίων περιγράφονται οι διαφορετικές χωρικές οντότητες. Στη συνέχεια, αναλύονται οι κλίμακες (ονομαστική κλίμακα, κλίμακα τάξης, κλίμακα διαστήματος και αναλογική κλίμακα) που αξιοποιούνται, με σκοπό την περιγραφή και την κατηγοριοποίηση σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών, ογκομετρικών και δυναμικών χωρικών οντοτήτων μέσω ενός συστήματος μέτρησης. Η ανάλυση συνοδεύεται από χαρακτηριστικά παραδείγματα, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των περιγραφόμενων εννοιών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κλίμακα χάρτη, βασικά γεωμετρικά πρότυπα.

2 Χωρικές οντότητες: γεωμετρικά πρότυπα και ιεράρχηση χωρικών οντοτήτων

Μία χωρική απεικόνιση έχει ως κύριο στόχο την αφαιρετική απόδοση ενός μέρους των γεωγραφικών οντοτήτων της φυσικής πραγματικότητας. Ωστόσο, η επιλογή των γεωγραφικών οντοτήτων που αξιοποιούνται για την υλοποίηση μιας χωρικής απεικόνισης συνδέεται άμεσα με τον σκοπό της τελευταίας. Για παράδειγμα, μια απεικόνιση του χώρου, που έχει ως κύριο στόχο τη χαρτογραφική απόδοση εμπορικών δραστηριοτήτων σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, δεν περιλαμβάνει λεπτομέρειες οι οποίες περιγράφουν τη μορφολογία του εδάφους. Αντίθετα, οι θέσεις των εμπορικών καταστημάτων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της αφαίρεσης για τη δημιουργία του τελικού (χαρτογραφικού) προϊόντος. Η διαδικασία της απόδοσης συνδέεται, επίσης, άμεσα με την κλίμακα της χωρικής απεικόνισης. Έτσι, είναι προφανές ότι ένας χάρτης κλίμακας 1:2000 δεν είναι δυνατόν να περιλαμβάνει την ίδια ποσότητα πληροφορίας με έναν χάρτη αντίστοιχου σκοπού, κλίμακας 1:500. Σε κάθε περίπτωση, το σύνολο της αποδιδόμενης γεωγραφικής πληροφορίας περιγράφεται μέσω συγκεκριμένων δεδομένων, που ενδέχεται να είναι διαθέσιμα σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή.

Στην πράξη, τα γεωγραφικά δεδομένα που αξιοποιούνται για τη δημιουργία μιας χωρικής απεικόνισης αποτελούν μοντέλα που σκοπεύουν να περιγράψουν χωρικές οντότητες του φυσικού κόσμου. Η διαδικασία της μοντελοποίησης των γεωγραφικών οντοτήτων προϋποθέτει την περιγραφή τους βάσει συγκεκριμένων διαστάσεων και προτύπων. Ταυτόχρονα, η απόδοση των γεωγραφικών οντοτήτων μέσω χωρικών απεικονίσεων βασίζεται στην αρχική ταξινόμησή τους σε διαφορετικές κλίμακες μέτρησης. Στις επόμενες παραγράφους αναλύονται οι παραπάνω προσεγγίσεις, οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούν τη βάση για την εφαρμογή των εργαλείων του χαρτογραφικού συμβολισμού και την υλοποίηση των διαφορετικών μορφών (στατικών, κινούμενων και διαδραστικών) χωρικών απεικονίσεων.

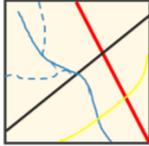
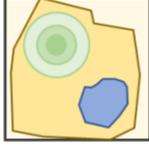
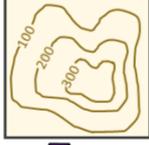
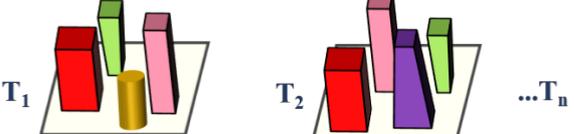
2.1 Διαστάσεις και γεωμετρικά πρότυπα χωρικών οντοτήτων

Τα γεωγραφικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από χωρικές, περιγραφικές και χρονικές ιδιότητες. Οι χωρικές ιδιότητες αναφέρονται σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά (π.χ. το μήκος ενός σιδηροδρομικού δικτύου), τα περιγραφικά χαρακτηριστικά συνδέονται με μη χωρικές πληροφορίες (π.χ. ο πληθυσμός μιας χώρας), ενώ τα χρονικά χαρακτηριστικά συνδέονται με αλλαγές που συμβαίνουν στις γεωγραφικές οντότητες στη μονάδα του χρόνου (π.χ. οι μεταβολές των χρήσεων γης). Επιπροσθέτως, τα γεωγραφικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο τοπολογικών ιδιοτήτων. Οι συγκεκριμένες ιδιότητες ορίζουν τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των χωρικών ιδιοτήτων, ενώ είναι ανεξάρτητες από τις αντίστοιχες γεωμετρικές, περιγραφικές και χρονικές πληροφορίες. Η δημιουργία μιας χωρικής αναπαράστασης προϋποθέτει την αξιοποίηση γραφικών (χαρτογραφικών) ιδιοτήτων, με σκοπό τη συμβολική αναπαράσταση των διαφορετικών ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τις περιγραφόμενες γεωγραφικές οντότητες.

Η συμβολική αναπαράσταση των χωρικών οντοτήτων συνιστά αποτέλεσμα μιας αφαιρετικής διαδικασίας, η οποία προϋποθέτει την προτυποποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας. Η εν λόγω διαδικασία αναφέρεται στην αξιοποίηση γεωμετρικών προτύπων για την περιγραφή των διαφορετικών διαστάσεων των

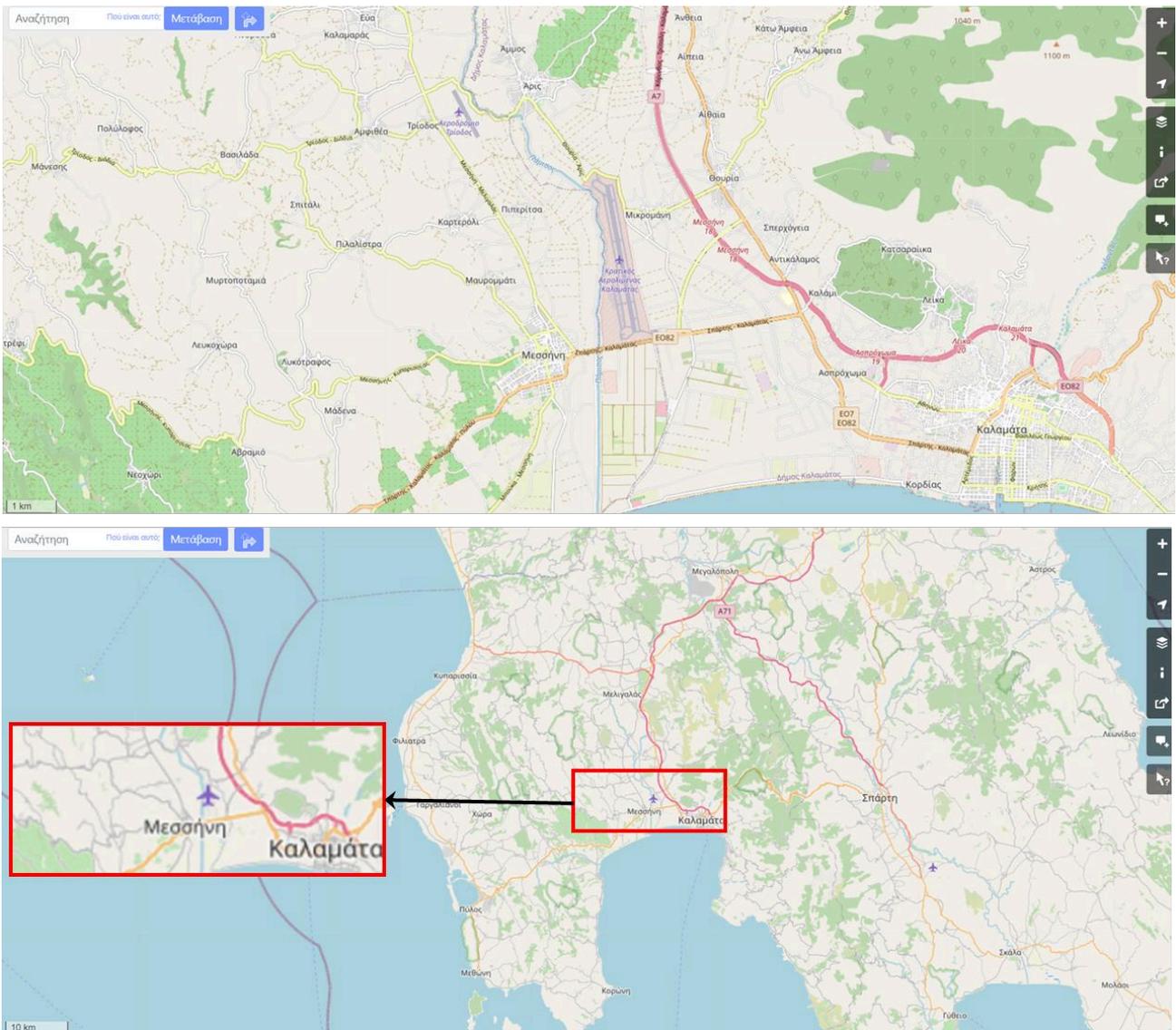
γεωγραφικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, οι διαστάσεις των χωρικών οντοτήτων, καθώς και τα αντίστοιχα γεωμετρικά πρότυπα που εφαρμόζονται, μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Σημειακές χωρικές οντότητες: αναφέρονται σε οντότητες μηδενικών διαστάσεων (0-D), οι οποίες συνδέονται με γεωγραφικά δεδομένα που μπορούν να γίνουν αντιληπτά σαν σημεία, υπό συγκεκριμένη κλίμακα, για παράδειγμα, η θέση ενός σταθμού μετρό σε έναν συγκοινωνιακό χάρτη ή σε έναν θεματικό χάρτη δραστηριοτήτων. Για την απόδοση σημειακών χωρικών οντοτήτων, σαν γεωμετρικά πρότυπα αξιοποιούνται γεωμετρικά σημεία, οι θέσεις των οποίων ορίζονται με συντεταγμένες (γεωγραφικές, ορθογώνιες ή τριδιάστατες) σε ένα σύστημα αναφοράς.
- Γραμμικές χωρικές οντότητες: αντιστοιχούν σε μονοδιάστατες (1-D) οντότητες που μπορούν να θεωρηθούν σαν γραμμές. Οι γραμμικές οντότητες μιας χωρικής απεικόνισης είναι δυνατόν να αναφέρονται σε πραγματικά γεωγραφικά στοιχεία (π.χ. δρόμο) ή σε νοητές γραμμές (π.χ. όρια δήμων). Η αναπαράσταση των γραμμικών οντοτήτων βασίζεται στην αξιοποίηση των γραμμικών γεωμετρικών προτύπων (γραμμών), οι οποίες μπορούν να οριστούν σαν ακολουθίες σημείων. Οι αντίστοιχες θέσεις των σημείων αναφέρονται μέσω συντεταγμένων σε ένα σύστημα αναφοράς.
- Επιφανειακές χωρικές οντότητες: συνδέονται με δύο διαστάσεων (2-D) επιφάνειες, οι οποίες περιγράφουν οριοθετημένες γεωγραφικές οντότητες, που μπορούν να οριστούν σαν πολύγωνα, εφόσον φυσικά η κλίμακα της απεικόνισης το επιτρέπει. Παράδειγμα γεωγραφικής οντότητας που μπορεί να οριστεί σαν πολύγωνο είναι μια έκταση χώρου πρασίνου σε έναν θεματικό χάρτη. Τα γεωμετρικά πρότυπα που αξιοποιούνται για την απόδοση επιφανειακών οντοτήτων αντιστοιχούν σε κλειστές γραμμές. Μια κλειστή γραμμή μπορεί να οριστεί μέσω των αντίστοιχων συντεταγμένων ακολουθιών σημείων, στις οποίες το πρώτο και το τελευταίο σημείο ταυτίζονται. Επιπροσθέτως, μια επιφάνεια μπορεί να οριστεί, μέσω ενός συνόλου κανονικά διατεταγμένων σημείων (κάναβος), ως ένα σύνολο σημείων που δημιουργούν ακανόνιστα τρίγωνα (δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων) ή ως ένα σύνολο πολλών γραμμών που συνθέτουν ισοπληθείς απεικονίσεις. Ωστόσο, στην τελευταία περίπτωση, η επιφάνεια θεωρείται ότι ορίζεται μέσω μιας προσέγγισης 2.5 διαστάσεων (2.5-D) καθώς, παρά το γεγονός ότι αξιοποιείται μια επιφάνεια δύο διαστάσεων, οι συγκεκριμένες απεικονίσεις μπορούν να υποδείξουν μια τρίτη διάσταση που συνδέεται με αυτές (π.χ. υψόμετρο, θερμοκρασία κτλ.).
- Τριδιάστατες χωρικές οντότητες: σχετίζονται με χωρικές οντότητες οι οποίες μπορούν να γίνουν αντιληπτές ως τριδιάστατοι (3-D) όγκοι ή σύνολα πολλών διαφορετικών επιφανειών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το τοπογραφικό ανάγλυφο μιας περιοχής. Τα γεωμετρικά πρότυπα που αξιοποιούνται αντιστοιχούν σε σύνολα επιφανειών, η περιγραφή των οποίων γίνεται κατά αντιστοιχία με τις επιφανειακές χωρικές οντότητες.
- Δυναμικές χωρικές οντότητες: αναφέρονται στις μεταβολές των χωρικών οντοτήτων στη μονάδα του χρόνου (n-D). Για παράδειγμα, η υπόδειξη της μεταβολής του ορίου πλημμυρικής κατάκλισης σε μια περιοχή μελέτης, όταν συμβαίνει ένα τσουνάμι, μπορεί να υλοποιηθεί αξιοποιώντας μεταβαλλόμενες επιφάνειες (στη μονάδα του χρόνου). Στην περίπτωση των δυναμικών χωρικών οντοτήτων, αξιοποιούνται όλα τα προηγούμενα γεωμετρικά πρότυπα που αναφέρονται στις προηγούμενες περιπτώσεις. Ωστόσο, η αλλαγή στη μονάδα του χρόνου μπορεί να υποδειχθεί αξιοποιώντας κινούμενες εικόνες (Εικόνα 2.1).

Διάσταση	Αναπαριστώμενες Οντότητες	Χαρτογραφικά Σύμβολα
0-D	Σημεία	 Σημειοκά
1-D	Γραμμές	 Γραμμικά
2-D	Επιφάνειες	 Επιφανειακά
2.5-D	Ισαριθμικές ή Ισοπληθείς Καμπύλες	 Ψευδοτριδιάστατα
3-D	Όγκοι	 Τριδιάστατα
n-D	 Δυναμικά	

Εικόνα 2.1 Αναπαριστώμενες χωρικές οντότητες διαστάσεων 0-D, 1-D, 2-D, 2.5-D, 3-D, και n-D από αντίστοιχα χαρτογραφικά σύμβολα.

Η κλίμακα της απεικόνισης αποτελεί στην ουσία τον βασικότερο παράγοντα για την αντιστοίχιση των χωρικών οντοτήτων με τα σχετικά γεωμετρικά πρότυπα. Συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψη μας τη διακριτική ανάλυση του ανθρώπινου οφθαλμού, η οποία αντιστοιχεί περίπου σε 0.25 mm σε τυπική απόσταση ανάγνωσης χάρτη, μπορούμε να οδηγηθούμε σε μία ορθολογική επιλογή των αντίστοιχων προτύπων. Στην περίπτωση των κλασικών τοπογραφικών χαρτών, στους οποίους ο σκοπός της απεικόνισης συνδέεται άμεσα με την ορθή και ακριβή τοποθέτηση των στοιχείων του φυσικού χώρου στο επίπεδο του χάρτη, ο προηγούμενος κανόνας μπορεί να αποτελέσει ίσως τον μοναδικό οδηγό. Βέβαια, ο κανόνας αυτός οφείλει να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των σύγχρονων ψηφιακών χαρτογραφικών προϊόντων, τα οποία αποδίδονται αντίστοιχα σε ψηφιακές οθόνες απόδοσης. Η βασική διαφορά εντοπίζεται στην απόσταση θέασης, η οποία δεν είναι σταθερή για διαφορετικές οθόνες απόδοσης. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα, ο οποίος εφαρμόζεται στο πεδίο της μελέτης της ποιότητας εικόνας, αν το ύψος μιας ψηφιακής οθόνης αντιστοιχεί στο μέγεθος H, η βέλτιστη απόσταση θέασης αντιστοιχεί στο μέγεθος 3xH. Ωστόσο, οι σύγχρονοι διαδραστικοί χάρτες αποτελούνται από πολλά διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας, τα οποία αντιστοιχούν με τη σειρά τους σε διακριτά επίπεδα γενίκευσης της χαρτογραφικής πληροφορίας. Η αλλαγή κλίμακας μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας μπορεί να οδηγήσει στη μετάπτωση των αντίστοιχων γεωμετρικών προτύπων που αξιοποιούνται. Για παράδειγμα, ενώ για την περιγραφή μιας περιοχής εμπορικών δραστηριοτήτων αξιοποιείται ένα πολύγωνο σε μια συγκεκριμένη κλίμακα (π.χ. 1:k), η αναπαράσταση της ίδιας περιοχής μπορεί να γίνει μέσω ενός σημείου σε μία μικρότερη κλίμακα (π.χ. 1:100k). Στην Εικόνα 2.2 παρατίθεται ένα αντίστοιχο παράδειγμα από ένα απόσπασμα διαδικτυακού χάρτη OpenStreetMap (OSM), στον οποίο το αεροδρόμιο της Καλαμάτας (πλησίον της πόλης της Μεσσήνης) αναπαρίσταται ως πολύγωνο, σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο μεγέθυνσης (μεγαλύτερη κλίμακα), και ως σημείο, σε χαμηλότερο επίπεδο μεγέθυνσης (μικρότερη κλίμακα).



Εικόνα 2.2 Παράδειγμα από απόσπασμα διαδικτυακού χάρτη OpenStreetMap (OSM), στον οποίο το αεροδρόμιο της Καλαμάτας αναπαρίσταται ως πολύγωνο, σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο μεγέθυνσης ή σε μεγαλύτερη κλίμακα (στο πάνω μέρος της Εικόνας), και ως σημείο, σε χαμηλότερο επίπεδο μεγέθυνσης ή σε μικρότερη κλίμακα (στο κάτω μέρος της Εικόνας).

Εκτός όμως από τον παράγοντα της κλίμακας, η επιλογή των γεωμετρικών προτύπων που αξιοποιούνται για την περιγραφή των χωρικών οντοτήτων συνδέεται με τον τρόπο με τον οποίο οι τελευταίες γίνονται αντιληπτές στον άνθρωπο. Έτσι, σε αντίθεση με την περίπτωση των τοπογραφικών χαρτών, η οποία αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο, στις θεματικές χαρτογραφικές απεικονίσεις ακολουθείται μια διαδικασία αφαιρετικής αναπαράστασης, κατά τέτοιον τρόπο υλοποιούμενη ώστε να μεταφέρεται αποδοτικά και αποτελεσματικά το μήνυμα από τον δημιουργό στον αναγνώστη/χρήστη του χάρτη. Για παράδειγμα, ένα συγκοινωνιακό δίκτυο, παρά το γεγονός ότι καταλαμβάνει μια συγκεκριμένη επιφάνεια στον πραγματικό κόσμο, είναι εύκολο να κατανοηθεί και να περιγραφεί μέσω ενός συνόλου γραμμικών στοιχείων, σε μια θεματική χαρτογραφική απεικόνιση, που έχει ως σκοπό να απεικονίσει τις μεταφορές σε μια περιοχή. Στο ίδιο παράδειγμα, οι σταθμοί μέσω μαζικής μεταφοράς αποδίδονται αντιστοίχως μέσω σημειακών προτύπων.

2.2 Κλίμακες μέτρησης χωρικών οντοτήτων

Η διαδικασία της απόδοσης των χωρικών οντοτήτων προϋποθέτει την περιγραφή και την ταξινόμησή τους, βάσει ενός συστήματος μέτρησης το οποίο είναι σε θέση να προβάλει τις μεταξύ τους συσχετίσεις. Συγκεκριμένα, το εν λόγω σύστημα αξιοποιεί διαφορετικές κλίμακες μέτρησης, οι οποίες κατατάσσουν τις αντίστοιχες διαφοροποιήσεις που εμφανίζονται μεταξύ των χωρικών οντοτήτων σε ομοειδείς ομάδες. Οι κλίμακες μέτρησης που αξιοποιούνται για την ταξινόμηση των χωρικών οντοτήτων είναι οι ακόλουθες:

- **Ονομαστική κλίμακα.** Στη συγκεκριμένη κατηγορία ταξινομούνται χωρικές οντότητες οι οποίες εμφανίζουν μόνο ποιοτικές διαφοροποιήσεις (π.χ. σημειακά δεδομένα που αναφέρονται σε διαφορετικές υπηρεσίες/δραστηριότητες, όπως φαρμακείο, σχολείο, εμπορικό κέντρο, γήπεδο κτλ.). Οι κατηγορίες των δεδομένων που διαφοροποιούνται βάσει της ονομαστικής κλίμακας εντάσσονται στο ποιοτικό επίπεδο μέτρησης (κατηγορίες με ίδια μεταχείριση).
- **Κλίμακα τάξης.** Στην κλίμακα τάξης εντάσσονται χωρικές οντότητες οι οποίες εμφανίζουν ποσοτικές διαφοροποιήσεις, χωρίς όμως να υπάρχει η δυνατότητα άμεσων συγκρίσεων μέσω αριθμητικών τιμών (π.χ. διάκριση μεταξύ μικρών, μεσαίων και μεγάλων πόλεων). Στην ουσία, λαμβάνεται υπόψη μία μετρήσιμη (πραγματική) κλίμακα, χωρίς γνωστές αποστάσεις μεταξύ των οντοτήτων.
- **Κλίμακα διαστήματος.** Στη συγκεκριμένη κατηγορία ταξινομούνται ποσοτικά δεδομένα που αφορούν χωρικές οντότητες, λαμβάνοντας υπόψη μια πραγματική κλίμακα με γνωστές αποστάσεις μεταξύ των οντοτήτων (π.χ. τιμές θερμοκρασίας που αναφέρονται σε διαφορετικές πόλεις μιας χώρας σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή). Για τον υπολογισμό των αποστάσεων μεταξύ των οντοτήτων που εντάσσονται στην κλίμακα διαστήματος, απαιτείται ο ορισμός μιας στοιχειώδους μονάδας μέτρησης (π.χ. βαθμοί Κελσίου για τη μέτρηση της θερμοκρασίας), καθώς και ο (αυθαίρετος) ορισμός της αντίστοιχης αφετηρίας.
- **Αναλογική κλίμακα.** Στην αναλογική κλίμακα εντάσσονται δεδομένα τα οποία εμφανίζουν ποσοτικές διαφοροποιήσεις. Όπως και στην περίπτωση της κλίμακας διαστήματος, η λειτουργία της αναλογικής κλίμακας βασίζεται σε μια πραγματική κλίμακα. Ωστόσο, στο αναλογικό επίπεδο, η εν λόγω κλίμακα αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη μονάδα μέτρησης, ενώ η αφετηρία είναι σταθερή. Στην ουσία, στην αναλογική κλίμακα ορίζεται το απόλυτο μηδέν, το οποίο αντιστοιχεί στην απουσία του φαινομένου (π.χ. πληθυσμός), και επιτρέπονται οι άμεσες (αναλογικές) συγκρίσεις μεταξύ των χωρικών οντοτήτων (π.χ. άμεση σύγκριση αριθμού κατοίκων σε διαφορετικές περιοχές ή/και διαφορετικές χρονικές περιόδους).

Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 2.3) παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα κατάλληλου (χαρτογραφικού) συμβολισμού σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών χωρικών οντοτήτων στις διαφορετικές κλίμακες μέτρησης: ονομαστική, τάξης και διαστήματος/αναλογική.

		Γεωμετρία Οντότητας		
		Σημείο	Γραμμή	Επιφάνεια
Κλίμακα Μέτρησης	Ονομαστική	<ul style="list-style-type: none"> ■ πόλη ⚓ λιμάνι ✈ αεροδρόμιο 🌲 δρυμός 	<ul style="list-style-type: none"> δρόμος σιδηρόδρομος ποταμός όριο 	<p>χρήσεις-καλύψεις εδάφους</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ αγροτική ■ βιομηχανική ■ δασική ■ αστική ■ χέρσα
	Τάξης	<ul style="list-style-type: none"> ■ κατοικημένες περιοχές ■ πόλη ■ κοινόπολη ■ χωριό ★ ποιότητα υδάτων άντλησης ★ καλή ★ μέτρια ★ κακή 	<ul style="list-style-type: none"> οδικό δίκτυο αυτοκινητόδρομος κύριος δρόμος δευτερεύων δρόμος υδρογραφικό δίκτυο ποταμός ρέμα χειμάρρος 	<p>ποιότητα εδάφους</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ καλή ■ μέτρια ■ κακή
	Διαστήματος Αναλογική	<ul style="list-style-type: none"> ● πληθυσμός ● > 300.000 κάτοικοι ● 50.000-300.000 κάτοικοι ● ≤ 50.000 κάτοικοι 🌀 παραγωγή ενέργειας 🌀 50 GWh 🌀 25 GWh 🌀 10 GWh 	<ul style="list-style-type: none"> οδικό δίκτυο δρόμος ≤ 10 τόνων δρόμος > 10 τόνων ροές πληθυσμού 10.000 άτομα 20.000 άτομα 	<p>πυκνότητα πληθυσμού</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ > 200 κάτοικοι/ km² ■ 101-200 κάτοικοι/ km² ■ 51-100 κάτοικοι/ km² ■ ≤ 50 κάτοικοι/ km²

Εικόνα 2.3 Παραδείγματα κατάλληλου (χαρτογραφικού) συμβολισμού σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών χωρικών οντοτήτων στις διαφορετικές κλίμακες μέτρησης: ονομαστική, τάξης και διαστήματος/αναλογική (Robinson et al., 1995: *Ιδία επεξεργασία*).

Οι κλίμακες που αξιοποιούνται για την ιεράρχηση των χωρικών οντοτήτων εφαρμόζονται σε όλες τις κατηγορίες των διαφορετικών γεωμετρικών προτύπων μοντελοποίησής τους. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου, η ιεράρχηση των χωρικών οντοτήτων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή των διαφορετικών μεταβλητών (οπτικών, δυναμικών, και ηχητικών) του χαρτογραφικού συμβολισμού (βλ. Κεφ. 4, 5, & 6). Έτσι, η διαδικασία της επιλογής των αντίστοιχων χαρτογραφικών συμβόλων μιας χωρικής απεικόνισης ξεκινάει από την κατάταξη των γεωγραφικών οντοτήτων, βάσει του συγκεκριμένου συστήματος.

Βιβλιογραφία

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (5th ed.). John Wiley and Sons, New York, 552 pp.

Κεφάλαιο 3

Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στον τρόπο με τον οποίο αντιμετώπισαν οι χαρτογράφοι τον σχεδιασμό των χαρτογραφικών συμβόλων κατά τη μακρόχρονη ιστορία των χαρτών και στην πρόσφατη, σχετικά, προσέγγισή του μέσω της σημειολογίας. Ακολουθεί μια περιληπτική αναφορά στην επιστήμη της σημειολογίας, συγκεκριμένα στις θεωρίες των Saussure και Peirce, με περιγραφή των σημειωτικών μοντέλων που εισήγαγαν. Αναλύονται οι διαδικασίες της σύνταξης, της σημασιολογίας και της πραγματολογίας στα σημειωτικά συστήματα και οι δυνατότητες εφαρμογής τους στη δημιουργία κανόνων στον σχεδιασμό χαρτογραφικών συμβόλων, στην ανάγνωση και στην ερμηνεία των χαρτών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Η φύση των γεωγραφικών φαινομένων. Μέτρηση των γεωγραφικών μεταβλητών. Βασικές στατιστικές έννοιες. Χαρτογραφικός συμβολισμός. Οπτικές μεταβλητές. Συμβολισμός γεωγραφικών φαινομένων.

3 Βασικές αρχές σημειολογίας και χαρτογραφικός συμβολισμός

3.1 Η προσπάθεια τυποποίησης των χαρτογραφικών συμβόλων

Τα χαρτογραφικά σύμβολα παίζουν έναν ρόλο-κλειδί στην επιτυχία ενός χάρτη, θεωρώντας πως επιτυχία σημαίνει μετάδοση των χωρικών πληροφοριών που περιέχει ο χάρτης, με τις όσο το δυνατόν λιγότερες «απώλειες». Ο ρόλος δε που παίζουν τα χαρτογραφικά σύμβολα διακρίνεται σε δύο επίπεδα: στο πρώτο αποκτάται, μέσω της οπτικής αντίληψης του χάρτη (από τον αναγνώστη), μια συνολική εικόνα του χώρου και της κατανομής των πληροφοριών που απεικονίζονται, και στο δεύτερο πραγματοποιείται μια αποτελεσματική αναγνώριση των μεμονωμένων χωρικών οντοτήτων που αναπαρίστανται μέσω των συμβόλων. Αυτός ο διακριτός ρόλος των συμβόλων θα επηρεάσει, όπως θα φανεί στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου, και την εφαρμογή των σημειωτικών κανόνων, όπου ο χάρτης ως ολότητα αντιμετωπίζεται ως ένα σύστημα σημάτων, ενώ το κάθε σύμβολο και η σχέση του με τη χωρική οντότητα που αναπαριστά, ως σήμα. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως, στην παρούσα ενότητα, στον όρο χαρτογραφικά σύμβολα περιλαμβάνονται όλα τα γραφικά στοιχεία μιας απεικόνισης που αναπαριστούν κάποια χωρική οντότητα, συμπεριλαμβανομένων των τοπωνυμίων μιας τοποθεσίας ή μιας διοικητικής ενότητας, της κάθε κουκίδας που προσδιορίζει τη θέση ενός οικισμού, των γραμμών που αναπαριστούν τους μεσημβρινούς και παραλλήλους, έως τις διαφορές έντασης που απεικονίζουν αντίστοιχες διαφορές πυκνότητας ενός χωρικού φαινομένου σε έναν χωροπληθή χάρτη.

Παρ' όλη τη σπουδαιότητά τους, στη μακρόχρονη ιστορία των χαρτών, η επιλογή των συμβόλων ήταν και εξακολουθεί να είναι έως σήμερα αποκλειστικά ευθύνη του χαρτογράφου, ο οποίος στηριζόμενος στην κρίση, στην εμπειρία και στο ένστικτό του σχεδιάζει σύμβολα, τα οποία εν γένει δεν στηρίζονται σε κανόνες, στην καλύτερη δε περίπτωση θυμίζουν τη χωρική οντότητα που συμβολίζουν: τη μορφή της (δεντράκια που μοιάζουν με έλατα για το δάσος), το χρώμα της (μπλε για τη θάλασσα, πράσινο για τις καλλιέργειες) ή συνδέονται με τη χρήση της (αεροπλάνο για τα αεροδρόμια, σταυρός για τις χριστιανικές εκκλησίες, ομπρέλα για τις παραλίες), πιο σπάνια δε με τη μέθοδο δημιουργίας της χωρικής οντότητας (τρίγωνο για το στρογγυλό βάθρο του τριγωνομετρικού σημείου) και τέλος, αρκετά συχνά, δεν έχουν καμία ομοιότητα με αυτή (μια κουκίδα για τις πόλεις, μωβ απόχρωση για τις βιομηχανικές περιοχές). Πολύ συχνά, στον ίδιο χάρτη συνυπάρχουν χαρτογραφικά σύμβολα που στηρίζονται σε διαφορετικούς τρόπους συσχέτισης με τις οντότητες που αναπαριστούν. Επί παραδείγματι, μπορεί μια κουκίδα να αναπαριστά μια πόλη, εντελώς συμβατικά, και ένα αεροπλάνο το αεροδρόμιο, σχεδόν εικονογραφικά. Δηλαδή, η σχεδίαση του συνόλου των συμβόλων σε έναν χάρτη δεν ακολουθεί κατ' ανάγκη κάποιον κανόνα. Τα προβλήματα ασάφειας και παρερμηνείας που δημιουργούν η μη ύπαρξη τυποποίησης και η επιλογή διαφορετικών συμβόλων για τις ίδιες οντότητες σε διαφορετικούς χάρτες αντιμετωπίστηκαν και αντιμετωπίζονται με το υπόμνημα, το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο κάθε χάρτη και λειτουργεί σαν κλειδί στην ερμηνεία των συμβόλων.

Η πρώτη τυποποίηση χαρτογραφικών συμβόλων έγινε για τα σύμβολα των τοπογραφικών χαρτών, των οποίων η σύνταξη και η παραγωγή έως τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν αρμοδιότητα των εθνικών στρατιωτικών τοπογραφικών υπηρεσιών. Τα σύμβολα αυτά υιοθετήθηκαν από πάρα πολλές χώρες και έτσι καθιερώθηκαν. Συγχρόνως, τυποποιήθηκε ο συμβολισμός για τους χάρτες πλοήγησης, τους ναυτικούς και τους αεροναυτικούς, από τις αντίστοιχες (επίσης στρατιωτικές) υπηρεσίες που είχαν την ευθύνη της παραγωγής τους. Καμία από τις ανωτέρω τυποποιήσεις δεν στηρίχθηκε σε κάποια θεωρητική βάση, απλά στην κοινή λογική της ομοιότητας των συμβόλων με τις χωρικές οντότητες που απεικονίζουν.

Η ξαφνική αύξηση του πλήθους των θεματικών χαρτών που παρατηρήθηκε μετά τα μέσα του 20ού αιώνα με την ανάπτυξη των ανθρωπιστικών επιστημών και την ανάγκη απεικόνισης των δεδομένων των ερευνών τους, βρίσκει τη χαρτογραφική κοινότητα απροετοίμαστη να αντιμετωπίσει μεθοδικά και αποτελεσματικά το θέμα του συμβολισμού τόσων πολλών χωρικών οντοτήτων. Η πρώτη ιδέα για την ανάγκη μιας συστηματικής αντιμετώπισης του χαρτογραφικού συμβολισμού αναφέρεται στη διδακτορική διατριβή του Αμερικανού Arthur Robinson το 1952, όμως η άποψή του δεν βρήκε άμεσα υποστηρικτές στη χαρτογραφική επιστημονική κοινότητα. Βέβαια, περίπου μετά από μια δεκαετία και στο πλαίσιο της ίδιας αναζήτησης, ο Γάλλος Jacques Bertin (1967) αναπτύσσει τη θεωρία της γραφικής σημειολογίας και εισάγει τις οπτικές μεταβλητές ως βάση δημιουργίας χαρτογραφικών συμβόλων. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1971, ο Πολωνός Lech Ratajski προτείνει ένα σύνολο χαρτογραφικών σημειακών συμβόλων για θεματικούς χάρτες οικονομικού περιεχομένου, ο σχεδιασμός των οποίων στηρίζεται στη θεώρηση ενός ιεραρχικού μοντέλου των χωρικών οντοτήτων, κατά το οποίο οι μεταβολές των χαρτογραφικών στοιχείων συσχετίζονται με τις μεταβολές των ιδιοτήτων των χωρικών οντοτήτων. Οι προτάσεις των Bertin και Ratajski αποτελούν ουσιαστικά τις πρώτες απόπειρες επιστημονικά θεμελιωμένων προσεγγίσεων στον χαρτογραφικό συμβολισμό.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι, τις δεκαετίες των 1970 και 1980, οι έρευνες της θεωρητικής χαρτογραφίας βασίζονται στις θεωρίες της επικοινωνίας, οι οποίες εφαρμόζονται σε πολλά και διαφορετικά επιστημονικά πεδία και έτσι αναπτύσσονται διάφορα μοντέλα χαρτογραφικής επικοινωνίας. Σε όλα αυτά λαμβάνεται υπόψη και ο αναγνώστης του χάρτη. Ουσιαστικά, είναι η πρώτη φορά που οι χαρτογράφοι αναρωτιούνται για «το πώς βλέπουν τον χάρτη οι αναγνώστες». Στα μοντέλα της επικοινωνίας, τα οποία αναπτύσσουν σχεδόν όλοι οι ερευνητές χαρτογράφοι της εποχής, προσδιορίζονται οι πηγές που θέτουν εμπόδια (αντίστοιχα των παρασίτων στις τηλεπικοινωνίες) στην ακριβή μεταφορά της πληροφορίας από τον χαρτογράφο στον αναγνώστη. Μία από τις προς εξέταση πηγές δημιουργίας «θορύβων» είναι ο συμβολισμός. Και όταν πλέον αποδείχτηκε πως η εφαρμογή του μοντέλου της επικοινωνίας δεν μπορούσε να βοηθήσει στην εξέλιξη της χαρτογραφικής έρευνας, αυτό που θεωρήθηκε μεγάλο προσόν της εφαρμογής της θεωρίας της επικοινωνίας στη χαρτογραφία ήταν ότι άνοιξε τον δρόμο για να ερευνηθεί ο τρόπος που αντιδρά ο αναγνώστης και το πώς ακριβώς εξελίσσεται η πληροφορία που έχει μια χωρική απεικόνιση ως χωρική γνώση στο μυαλό του αναγνώστη. Έτσι, το 1982 ο Άγγλος J. S. Keates (1982, σελ. 67) εκφράζει την άποψη ότι: «η ερμηνεία του χάρτη εξαρτάται επίσης από την κατανόηση του νοήματος των σημάτων του χάρτη, τον τρόπο που συνδέονται με τα φαινόμενα που αναπαριστούν και τη γραφική δομή στην οποία εμφανίζονται». Την ίδια ακριβώς εποχή, ο Σοβιετικός Konstantin Salitchchev (1983, σελ. 17) διαπιστώνει πως: «η συστηματική μελέτη των γενικών ιδιοτήτων και της δομής της χαρτογραφικής γλώσσας βρίσκεται σε πρωταρχικό στάδιο...» και υποστηρίζει ότι «...αυτή η μελέτη φαίνεται να έχει τη σημειωτική ως θεμελιώδη βάση». Το 1995, ο Αμερικανός Alan MacEachren, αναφέρεται στην προηγούμενη διαπίστωση του Salitchchev, την επικροτεί και τη διευρύνει, διαπιστώνοντας δύο βασικούς λόγους για τους οποίους η σημειωτική μπορεί να αποτελέσει θεωρητική βάση για τη χαρτογραφική έρευνα. Σύμφωνα με τα λόγια του: «Πρώτον, η σημειωτική παρέχει ένα εννοιολογικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη μιας λογικής για τη χαρτογραφική απεικόνιση που μπορεί να λάβει υπόψη τα όσα γνωρίζουμε για τις γνωσιακές αναπαραστάσεις, τις νοητικές κατηγορίες και τα σχήματα γνώσεων. Δεύτερον, οι πλευρές της σημειωτικής που ασχολούνται με τα νοήματα προσφέρουν έναν τρόπο ολοκλήρωσης των προσεγγίσεων στην απεικόνιση του χάρτη που δίνει έμφαση και στα σαφή και στα ασαφή νοήματα, στα λογικά και εκφραστικά νοήματα, στη δήλωση και τη συνδήλωση και σε άλλα. Κερδίζουμε μια ευκαιρία να πάρουμε δύναμη από διάχυση απόψεων για τον ρόλο των χαρτών στην κοινωνία, αντί να εγκλωβιστούμε σε διαφωνίες για την “αντικειμενικότητα” του χάρτη» λέει ο ίδιος (MacEachren, 1995, σελ. 214).

Και πραγματικά, μέσω της προσέγγισής του, ο MacEachren αφενός παρουσιάζει και αναλύει όλες τις, έως τη δεκαετία του 1990, απόπειρες εφαρμογής σημειολογικών κανόνων στον χαρτογραφικό συμβολισμό, όχι μόνο των στατικών αλλά και των δυναμικών χωρικών απεικονίσεων, κυρίως όμως επεκτείνει τις πιθανές

εφαρμογές όλων των διαστάσεων της σημειωτικής στις χαρτογραφικές διαδικασίες της δημιουργίας του χάρτη και της ανάγνωσης και ερμηνείας του, θεωρώντας τον χάρτη ένα μέσο δημιουργίας γνώσης.

Από τις αναφορές που προηγήθηκαν φαίνεται ξεκάθαρα πως οι χαρτογράφοι, από τη στιγμή που έθεσαν το θέμα της συστηματικής αντιμετώπισης του συμβολισμού, έστρεψαν τα βλέμματά τους στη σημειωτική. Όντως, από τη δεκαετία του '70 κι έπειτα, οι περισσότερες έρευνες με αντικείμενο τον χαρτογραφικό συμβολισμό και στόχο την ελαχιστοποίηση της αμφισβήτησης του νοήματος των συμβόλων, βασίζονται στη θεωρία της σημειωτικής για τη δημιουργία κανόνων οι οποίοι θα διέπουν τον σχεδιασμό των χαρτογραφικών συμβόλων και την αντιμετώπιση του όλου χάρτη ως σημειωτικού συστήματος. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών των ερευνών, έχουν διατυπωθεί ενδιαφέρουσες προτάσεις, που αποδεικνύουν τη δυναμική εξέλιξης του συγκεκριμένου αντικείμενου της χαρτογραφικής έρευνας. Φυσικά, όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, δεν έχει προκύψει ένας κατάλογος για καθεμία χωρική οντότητα και το αντίστοιχο χαρτογραφικό της σύμβολο, στόχος ανέφικτος, αν συγκριθεί το πλήθος των χωρικών οντοτήτων με τον περιορισμένο αριθμό των γραφικών στοιχείων που μπορούν να δημιουργήσουν γραφικά σύμβολα. Όπως επίσης, δεν έχουν -ακόμα τουλάχιστον- προκύψει ευρέως εφαρμοζόμενοι κανόνες για τον τρόπο με τον οποίο δομούνται οι πληροφορίες που περιέχονται στους χάρτες. Όμως, η σημειωτική προσέγγιση του χαρτογραφικού συμβολισμού έχει εισάγει μεθόδους επεξεργασίας και ανάλυσης των χωρικών οντοτήτων που αναβαθμίζουν τις επιλογές του συμβολισμού τους και μειώνουν τις ασάφειες στην ερμηνεία των απεικονίσεων. Όπως θα φανεί στις επόμενες παραγράφους, η θεωρία της σημειωτικής μπορεί να αποτελέσει μια βάση στην αναζήτηση επιστημονικά τεκμηριωμένης αντιμετώπισης του τρόπου με τον οποίο οι χάρτες, αναπαριστώντας τον γεωγραφικό χώρο, μεταδίδουν νοήματα.

3.2 Σημειωτικές έννοιες και χαρτογραφικός συμβολισμός

Η σημειωτική (semiotics) ή σημειολογία (semiology) (οι δύο όροι είναι ταυτόσημοι) είναι ένας κλάδος της φιλοσοφίας. Ο όρος «σημειωτική» εισήχθη από τον Αγγλο φιλόσοφο John Locke, από τον 17^ο αιώνα για να εκφράσει τη φιλοσοφική μελέτη των σημάτων, ο δε όρος «σημειολογία» χρησιμοποιήθηκε κυρίως στη Γαλλία. Από το 1969 καθιερώθηκε ο όρος «σημειωτική» για να εκφράσει την επιστημονική περιοχή της οποίας βασικό αντικείμενο είναι «η μελέτη σημάτων και συμβόλων, τι σημαίνουν και πώς χρησιμοποιούνται» (Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus, Cambridge University Press), όπου ως: «σήμα» (sign) ορίζεται η σχέση μεταξύ μιας «έκφρασης» και της «αναφοράς» της (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1 Το χέρι «σύμβολο της νίκης» και η λέξη «νίκη» αποτελούν εκφράσεις του νοήματος «η με επιτυχία έκβαση μιας μάχης» (Χρήση [εικόνας](#) με άδεια [CC0 1.0](#): Ιδία επεξεργασία).

Σύμφωνα, λοιπόν, με τη σημειολογία, δεν ονομάζονται σήματα όλα αυτά που αποκαλούμε έτσι στις καθημερινές συνήθειες, όπως για παράδειγμα το STOP της τροχαίας, το κλειδί του σολ, ένα γράμμα του κώδικα Μορς, ένα κίνημα του χεριού για χαιρετισμό και άλλα αντίστοιχα. Το «σήμα» που διερευνά η σημειωτική έχει ευρύτερη έννοια, καθώς εκφράζει τη σχέση όλων των προαναφερθέντων με αυτό το οποίο αντικαθιστούν και με το νόημα που εμπεριέχουν. Δηλαδή, στο «σήμα» του STOP της τροχαίας, αναλύοντάς το με όρους σημειωτικής, περιλαμβάνονται: 1. το «οκτάγωνο σχήμα» με τη λέξη, 2. «ο τροχονόμος» τον οποίο αντικαθιστά και 3. το νόημα «σταμάτημα της κυκλοφορίας» που υπονοείται. Όλα δε τα γραφικά που βρίσκονται στους δρόμους και ρυθμίζουν την κυκλοφορία των οχημάτων και των πεζών και αποκαλούνται στην καθημερινή γλώσσα «σήματα τροχαίας» αποτελούν, μαζί με αυτά που αντικαθιστούν και με τα νοήματα που υπονοούν, ένα «σύστημα σήματος» για τη σημειολογία. Ομοίως, όλα τα γραφικά στοιχεία της μουσικής μιας παρτιτούρας

αποτελούν ένα σύστημα σήματος. Οπότε και σε έναν χάρτη, το κάθε χαρτογραφικό σύμβολο μαζί με τη χωρική οντότητα που αντικαθιστά και το νόημα αυτής της οντότητας, τα τρία μαζί, αποτελούν ένα σήμα και όλα τα χαρτογραφικά σύμβολα ενός χάρτη αποτελούν ένα σύστημα σήματος.

Η σημειωτική, εκτός από τη φιλοσοφία και τη γλωσσολογία, αποτελεί πεδίο αναφοράς για την ψυχολογία, την ανθρωπολογία και την κοινωνιολογία. Ο διεπιστημονικός της χαρακτήρας, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι όροι που χρησιμοποιούνται σε καθημερινές δραστηριότητες όπως: «σημείο», «σήμα», «σημάδι», «σινιάλο», «σύμβολο», «σημαίνον» αποτελούν στη σημειωτική όρους ανάλυσης στοιχείων με ειδικά χαρακτηριστικά, έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν κοινά αποδεκτοί ορισμοί σε όλες τις επιστημονικές περιοχές, αντίθετα να απαιτούνται διευκρινίσεις σε κάθε αυτοτελές κείμενο για την κατανόηση της επιστημονικής χρήσης των λέξεων υπό το πρίσμα της σημειωτικής. Οι ορισμοί όλων των εν χρήσει όρων στη σημειωτική δίνονται με πληρότητα από τον Noth (1990).

Στο παρόν σύγγραμμα υιοθετούνται για τα συναφή θέματα όροι της διεθνούς χαρτογραφικής βιβλιογραφίας. Οι όροι δεν είναι εντελώς αντιπροσωπευτικοί των εννοιών που αναφέρονται, αλλά έχουν επιλεγεί για να μειώσουν την πιθανότητα παρερμηνείας ή σύγχυσης. Έτσι, αν δεχτούμε τον ορισμό που δίνεται από τον Noth, σύμφωνα με τον οποίο ως «σήμα» (sign) χαρακτηρίζεται η σχέση μεταξύ:

1. μιας «οντότητας» που περιέχεται σε μια έκφραση,
2. με το «νόημα» της οντότητας που αντικαθίσταται και,
3. με το «αντικείμενο» στο οποίο αναφέρεται.

Στο παρόν σύγγραμμα οι τρεις συνιστώσες θα αναφέρονται ως:

- το όχημα-σήματος (sign-vehicle), που αντιστοιχεί στην έκφραση που μεταφέρει το νόημα,
- το ερμηνεύον (interpretant), που αντιστοιχεί στο νόημα,
- το αναφερόμενο (referant), που αντιστοιχεί στο αντικείμενο αναφοράς.

Για το «όχημα-σήματος» σε άλλες εφαρμογές της σημειωτικής χρησιμοποιούνται διαφορετικοί όροι όπως: σημαίνον, σύμβολο, έκφραση, σήμα. Για το «ερμηνεύον» άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται είναι: σημαινόμο, έννοια, νόημα, ιδέα, περιεχόμενο, νους. Για το «αναφερόμενο» χρησιμοποιείται ο όρος «αντικείμενο αναφοράς», όπως και ο όρος «αναφορική σημασία» (referential meaning). Τα σύμβολα των χαρτών και άλλων χωρικών απεικονίσεων στο παρόν σύγγραμμα θα αναφέρονται ως «χαρτογραφικά σύμβολα», για να μην συγχέονται με τον όρο «σύμβολο» που χρησιμοποιείται με συγκεκριμένη ιδιότητα στη σημειωτική.

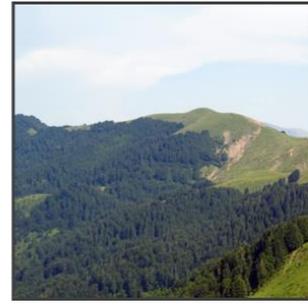
Εφαρμόζοντας στη χαρτογραφία τον ορισμό του σήματος, όπως δίνεται παραπάνω στο πλαίσιο της σημειωτικής, διαπιστώνουμε ότι:

- το όχημα-σήματος είναι το χαρτογραφικό σύμβολο,
- το ερμηνεύον είναι η έννοια στην οποία αναφέρεται το χαρτογραφικό σύμβολο,
- το αναφερόμενο δε, είναι η συγκεκριμένη χωρική οντότητα, υπαρκτή ή φανταστική, η οποία αντικαθίσταται με το χαρτογραφικό σύμβολο στον χάρτη.

Σε ένα απλό χαρτογραφικό παράδειγμα, τα δάση που αποτελούν μια χωρική οντότητα, απεικονίζονται με πράσινη απόχρωση, που είναι το όχημα-σήματος, το συγκεκριμένο δάσος που απεικονίζεται στον χάρτη είναι το αναφερόμενο και το νόημα του όρου «δάσος» είναι το ερμηνεύον (Εικόνα 3.2). Η λειτουργία του σήματος προϋποθέτει ότι ο δημιουργός του χάρτη και ο αναγνώστης του χάρτη θα έχουν την ίδια άποψη για το ερμηνεύον, δηλαδή θα συμφωνούν στο νόημα του όρου, γεγονός που δεν υφίσταται πάντα και για όλες τις περιπτώσεις χωρικών οντοτήτων. Στο παράδειγμά μας, ο όρος «δάσος», παρότι σε πρώτη ανάγνωση μοιάζει σαφής, αν εξεταστεί πιο αναλυτικά θα μπορούσε να δημιουργήσει ασάφειες, γιατί εκτός από τις περιοχές που καλύπτονται από δέντρα, όπως ορίζεται από τα σχετικά νομοθετήματα, μια έκταση με πουνράρια μπορεί να έχει χαρακτηριστεί δάσος. Επίσης, παρόλο που η χαρτογραφική γλώσσα έχει έναν διεθνή χαρακτήρα και ο χαρτογραφικός συμβολισμός απευθύνεται σε οποιονδήποτε αναγνώστη, στην απεικόνιση του δάσους ένας Σουηδός ενδέχεται να μην έχει την ίδια άποψη με έναν Έλληνα για την έννοια του δάσους. Η διάκριση, υπαρκτή ή φανταστική για τη χωρική οντότητα, γίνεται για να συμπεριλάβει οτιδήποτε αποτελεί αντικείμενο απεικόνισης, είτε είναι υπαρκτό, είτε είναι μια έννοια, είτε είναι προϊόν κάποιας σύμβασης, όπως είναι τα συχνά απεικονιζόμενα σε χωρικές απεικονίσεις δεδομένα, προϊόντα στατιστικής επεξεργασίας.



«δάσος»



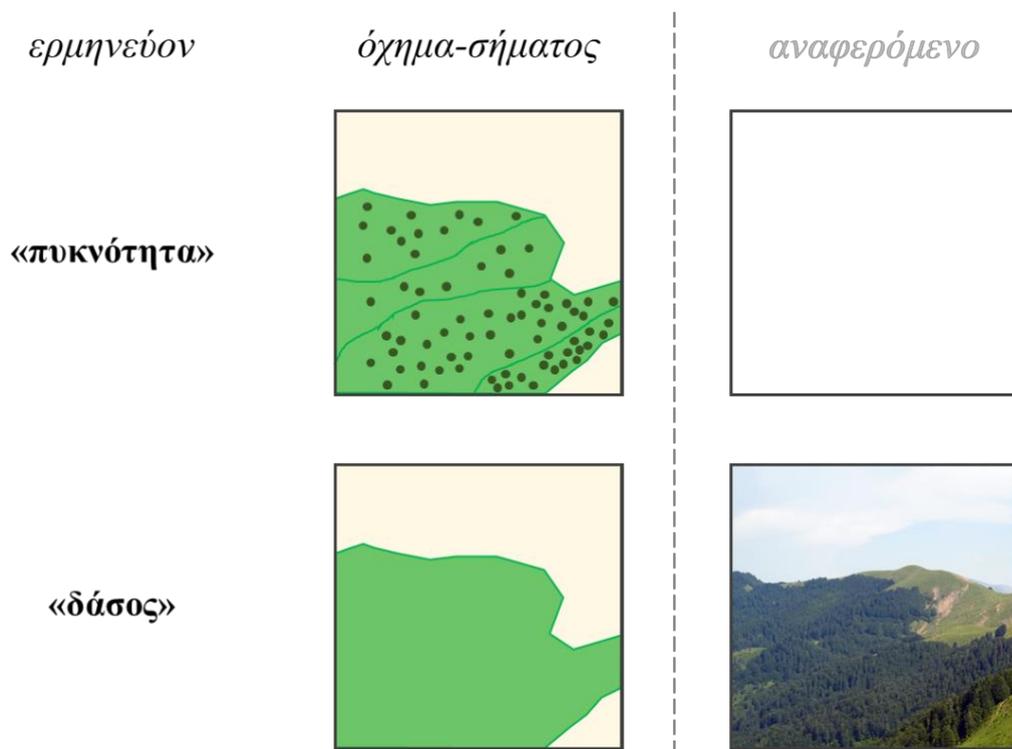
Εικόνα 3.2 Τα δάση εκφράζονται από ένα χαρτογραφικό πολυγωνικό σύμβολο πράσινης απόχρωσης, το οποίο αποτελεί το **όχημα-σήματος** (αριστερά): το δάσος που απεικονίζεται στη φωτογραφία, το οποίο αποτελεί συγκεκριμένη χωρική οντότητα, είναι το **αναφερόμενο** (δεξιά): το δε νόημα του όρου «δάσος», δηλαδή της έννοιας στην οποία αναφέρεται το χαρτογραφικό πολυγωνικό σύμβολο, είναι το **ερμηνεύον**.

3.2.1 Σημειωτικές θεωρίες

Η σπουδαιότητα της ομιλούμενης γλώσσας στην ανθρώπινη συμπεριφορά, καθώς και η άμεση σχέση της με την ανθρώπινη σκέψη, είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη σημειωτικών θεωριών εστιασμένων κυρίως στα λεκτικά σήματα και στην εξέλιξη της γλωσσολογίας. Σε αυτήν τη βάση στηρίζεται η θεωρία της σημειολογίας που αναπτύχθηκε από τον Ελβετό γλωσσολόγο Ferdinand de Saussure (1986), στα τέλη 19ου αιώνα, ο οποίος όρισε τη σημειολογία ως την «επιστήμη που μελετά τη ζωή των σημάτων μέσα στην κοινωνία» και παρουσίασε τη γλώσσα ως το αναλυτικό παράδειγμα για όλα τα άλλα συστήματα σημάτων. Στη θεωρία του, το σήμα (το ονομάζει «γλωσσικό σημείο») είναι η σχέση μεταξύ ενός οχήματος-σήματος (το ονομάζει «σημαίνον» (signifier)) και ενός ερμηνεύοντος (το ονομάζει «σημαινόμενο» (signified)), όπου το όχημα-σήματος είναι η ακουστική εικόνα και το ερμηνεύον είναι το νόημά της.

Με τον όρο ακουστική εικόνα, ο Saussure δεν αναφέρεται στον ήχο της λέξης που ακούμε όταν την προφέρουμε, αλλά στην αναπαράσταση του ήχου που υπάρχει στον εγκέφαλό μας. Αίσθηση της ακουστικής εικόνας μπορούμε να αποκτήσουμε, όταν μιλάμε εσωτερικά, μόνοι μας, χωρίς να κουνάμε τα χείλη μας. Στον εγκέφαλο υπάρχει και το ερμηνεύον. Άρα, το σήμα συνδέει τις δύο νοητικές οντότητες μέσω συνειρμού. Η σχέση μεταξύ του σημαίνοντος και του σημαινόμενου, σύμφωνα με τη θεωρία του, είναι εντελώς αυθαίρετη, μη στηριζόμενη σε οποιαδήποτε ομοιότητα, αλλά είναι σχέση που στηρίζεται σε μια σύμβαση. Κατά την άποψή του, όπως αναφέρει ο Culler (1976) «η σημειολογία βασίζεται στην υπόθεση ότι, στον βαθμό που οι ανθρώπινες πράξεις μεταδίδουν νοήματα, στον βαθμό που λειτουργούν σαν σήματα, πρέπει να υπάρχει σαν υπόβαθρο ένα σύστημα συμβάσεων και διακρίσεων που κάνει εφικτή την ύπαρξη αυτού του νοήματος». Διευκρίνισε πως ενώ τα γλωσσικά σήματα ακολουθούν μια γραμμική διαδοχή, άλλα οχήματα-σήματος, όπως τα οπτικά, μπορεί να λειτουργούν σε περισσότερες διαστάσεις.

Όπως συμπεραίνεται από τα ανωτέρω, το δυαδικό μοντέλο του Saussure δεν περιλαμβάνει υπαρκτές, συγκεκριμένες θέσης στον χώρο, οντότητες. Αν τώρα βασιστούμε στη θεωρία του Saussure για να αναλύσουμε τον χαρτογραφικό συμβολισμό και θεωρήσουμε ένα χαρτογραφικό σύμβολο (ένα πράσινο πολύγωνο) που απεικονίζει το δάσος, στο δυαδικό μοντέλο του Saussure, το σημαίνον θα είναι η ακουστική εικόνα του πράσινου δέντρου και το σημαινόμενο το νόημα της λέξης «δάσος». Έτσι, η μόνη σχέση που μπορεί να αναλυθεί και στην οποία να μπορεί να στηριχτεί η δημιουργία κανόνα ή προτύπου θα είναι η σχέση του χαρτογραφικού συμβόλου και του νοήματος που έχει αυτό που αναπαριστά. Επομένως, είναι μάλλον αυτονόητο ότι το δυαδικό μοντέλο του Saussure δεν θα ήταν το πλέον κατάλληλο για να βασιστούν οι αναλύσεις των χαρτογραφικών συμβόλων, καθώς οι περισσότερες από αυτές αναφέρονται σε υπαρκτές χωρικές οντότητες και είναι αυτές οι οντότητες τις οποίες αντικαθιστούν τα χαρτογραφικά σύμβολα στη συγκεκριμένη θέση στον χάρτη (Εικόνα 3.3). Βέβαια, υπάρχουν πολλές θεματικές απεικονίσεις, στις οποίες τα αντικείμενα απεικόνισης είναι έννοιες, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στις απεικονίσεις στατιστικών δεικτών. Σε αυτές τις κατηγορίες θα είχε ενδιαφέρον μια σημειωτική προσέγγιση στον χαρτογραφικό συμβολισμό, βασισμένη στο δυαδικό μοντέλο του Saussure.



Εικόνα 3.3 Σχηματική παρουσίαση του δυαδικού μοντέλου του Saussure, όπου στην περίπτωση της πρώτης σειράς της εικόνας υπάρχει πλήρης αντιστοιχία στη σχέση μεταξύ i) του ερμηνεύοντος, δηλαδή της «πυκνότητας» και ii) του οχήματος-σήματος, δηλαδή του χαρτογραφικού συμβολισμού της πυκνότητας (του δάσους) – μέσω χάρτη κουκίδων. Σε αυτή την περίπτωση, πράγματι δεν υπάρχει αναφερόμενο, οπότε το μοντέλο του Saussure φαίνεται να βρίσκει εφαρμογή. Στην περίπτωση της δεύτερης σειράς, όμως, το δυαδικό μοντέλο δεν είναι επαρκές για να περιγράψει την τριαδική σχέση όπου εκτός από το ερμηνεύον και το όχημα-σήματος υπάρχει μια συγκεκριμένη χωρική οντότητα (π.χ. το δάσος στη βόρεια Πίνδο) στην οποία αναφέρεται το χρησιμοποιούμενο χαρτογραφικό σύμβολο (πολυγωνικό σύμβολο πράσινης απόχρωσης).

Την ίδια χρονική περίοδο με τον Saussure, αλλά ανεξάρτητα από αυτόν, ένας άλλος φιλόσοφος, ο Αμερικανός Charles Peirce, αναπτύσσει τη θεωρία της σημειωτικής, στηριζόμενος στη λογική της επιστήμης, και αναλύει το σήμα σε τρεις συνιστώσες: την έκφραση, την αναφορά και το νόημα. Κατά τον Peirce (1985)

- «το σήμα είναι κάτι που αντικαθιστά σε κάποιον κάτι άλλο με κάποιο», και
- «η σημειωτική είναι η επιστήμη που μελετά τη χρήση των σημάτων από οποιαδήποτε επιστημονική νοημοσύνη, που έχει την ικανότητα να μαθαίνει μέσα από την εμπειρία», περιλαμβάνοντας με τον ορισμό αυτό ανθρώπους, ζώα, αλλά και τεχνητή νοημοσύνη.

Αντικείμενο της ανάλυσης του υπήρξε η τυπολογία των σημάτων και ο τρόπος με τον οποίο τα σήματα αντικαθιστούν αυτά στα οποία αναφέρονται. Στη θεωρία του, το αναφερόμενο παίζει κρίσιμο ρόλο. Απευθύνεται σε κάποιον και λειτουργεί ως όχημα-σήματος, δημιουργώντας στη σκέψη αυτού του προσώπου ένα ισοδύναμο σήμα, δηλαδή ένα ερμηνεύον. Οι αναλύσεις του Peirce είναι διακριτές και καινοτόμες για το εύρος και την πολυπλοκότητά τους, καθώς και για την κατανόηση του σημαντικού ρόλου που παίζει η ερμηνεία (το ερμηνεύον) στην κατανόηση του νοήματος (Atkin, 2013). Το ερμηνεύον ενός σήματος είναι η συνήθεια του οργανισμού να αντιδρά, εξαιτίας του οχήματος-σήματος, σε απόντα αντικείμενα σαν να ήταν παρόντα. Ο Peirce θεωρούσε πως η σημειωτική, ακριβώς επειδή στηρίζεται στη λογική, θα μπορούσε να εφαρμοστεί συστηματικά για να παραχθεί μια πλήρης και συνεπής περιγραφή όλων των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν σήματα, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που χρησιμοποιούν γραφικά και εικονογραφικά σήματα. Τους χάρτες τους κατέταξε, μαζί με τα διαγράμματα, ως κυρίως εμβληματικούς και τον απασχόλησε περισσότερο η εικονικότητα της απεικόνισης του γεωγραφικού χώρου, ο οποίος προβάλλεται σε δύο διαστάσεις, και όχι τα μεμονωμένα σύμβολα που απεικονίζουν τα επιμέρους στοιχεία του χώρου (όπως αναφέρεται στον Keates, 1996). Όρισε το σύμβολο ως ένα συμβατικό σήμα (πράγμα που ισχύει, με το υπόμνημα να καθορίζει τους όρους της σύμβασης). Σύμφωνα με τον Keates (1996), η πλέον σημαντική συνεισφορά του Peirce, σε σχέση με τα χαρτογραφικά σύμβολα, ήταν η άποψή του ότι «ένα σύμβολο δεν μπορεί να δείξει οποιοδήποτε συγκεκριμένο πράγμα, αλλά

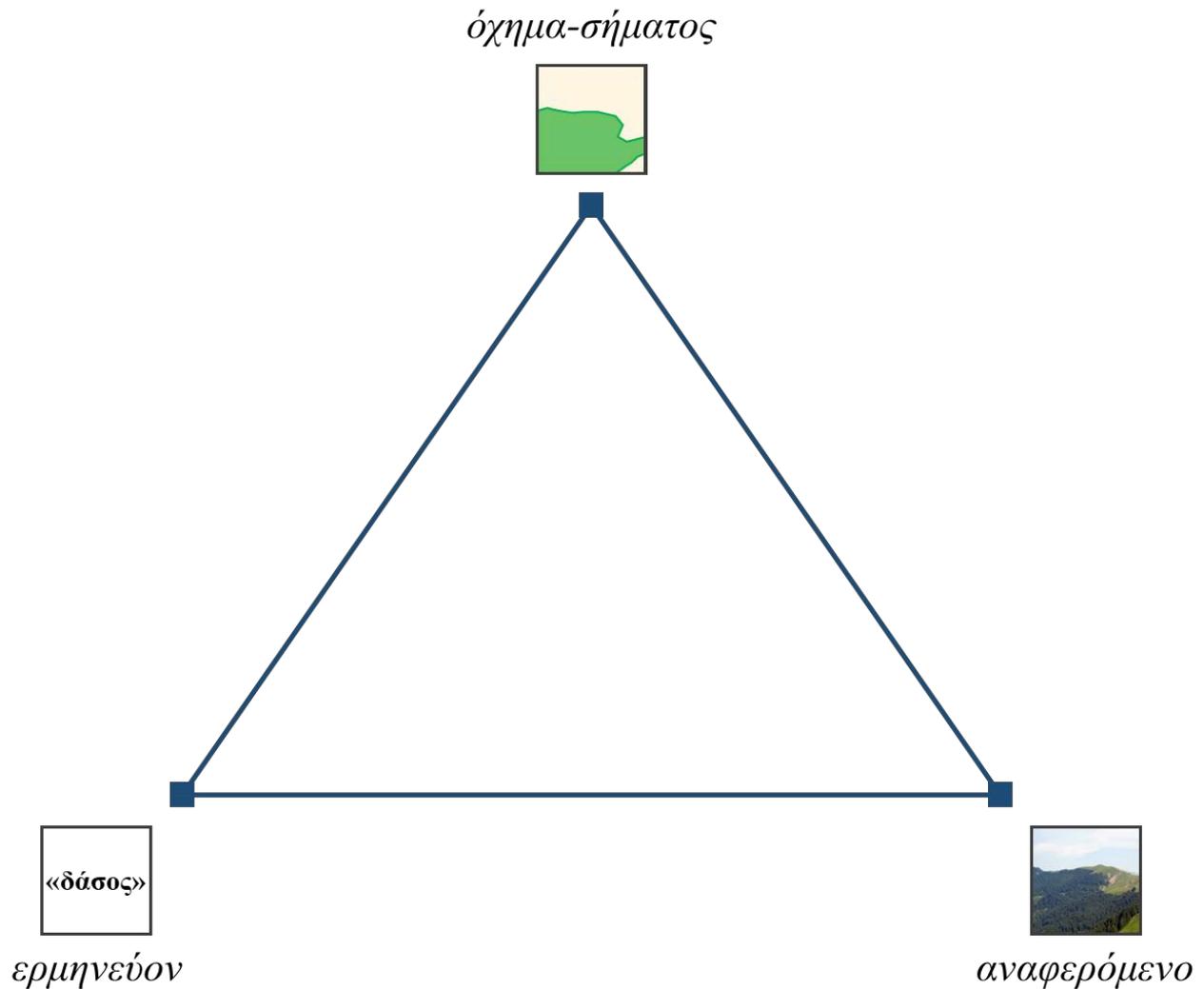
δηλώνει ένα είδος πραγμάτων». Αυτή η διαπίστωση εκφράζει το χαρακτηριστικό που έχουν όλα τα χαρτογραφικά σύμβολα, τουλάχιστον στους γενικής χρήσης χάρτες, να αναπαριστούν κατηγορίες (π.χ. μπλε απόχρωση για όλα τα νερά) και είναι το ζητούμενο στην προσπάθεια τυποποίησης του συμβολισμού σε κάθε σειρά χαρτών.

Οι Saussure και Peirce έχουν επικρατήσει ως οι επιφανέστεροι επιστήμονες του κλάδου και σήμερα οι θεωρίες τους επηρεάζουν διαφορετικές σχολές σημειωτικής, οι οποίες έχουν αντίστοιχα θεωρητικό ή εφαρμοσμένο προσανατολισμό. Η προσέγγιση με βάση τη θεωρία του Saussure επηρεάζει σημαντικά τη μελέτη των συστημάτων σημάτων, ενώ η θεωρία του Peirce παρέχει μια πιο επεξεργασμένη ανάλυση της τυπολογίας των οχημάτων-σήματος και του τρόπου με τον οποίο αυτά αντικαθιστούν τα αναφερόμενά τους. Σε σχέση με τις χωρικές απεικονίσεις, οι δύο θεωρίες υποστηρίζουν δύο θεμελιώδη ζητήματα:

- η θεωρία του Saussure αποτελεί μια θεωρητική βάση για την ανάλυση των σχέσεων των χαρτογραφικών συμβόλων μεταξύ τους, αντιμετωπίζοντας το σύνολο των συμβόλων (μιας χωρικής απεικόνισης ή μιας σειράς απεικονίσεων) ως μια ολότητα, ή με όρους σημειολογίας ως ένα σύστημα σημάτων, ενώ
- η θεωρία του Peirce αποτελεί μια θεωρητική βάση για την ανάλυση των σχέσεων των χαρτογραφικών συμβόλων με τα αναφερόμενά τους, δηλαδή αναλύει τα νοήματα που περιέχει η απεικόνιση και τον τρόπο με τον οποίο γίνονται κατανοητά, ή με όρους σημειολογίας την τυπολογία των σημάτων.

Στηριζόμενος στην ανάλυση του Peirce, ο Sandor Hervey (1982) ερεύνησε τις σημειωτικές σχέσεις μεταξύ των συνιστωσών του σήματος, τις οποίες ονομάζει: αντικείμενο (αναφερόμενο), σήμα (όχημα-σήματος) και ερμηνεύον και προτείνει ένα γραφικό μοντέλο που αναπαριστά τις συσχετίσεις τους (Εικόνα 3.4). Από την ανάλυση των σχέσεων συμπεραίνει ότι ένα σήμα θα πρέπει:

- είτε να δημιουργεί μια συνήθεια,
- είτε να θέτει έναν κανόνα για τον τρόπο με τον οποίο θα γίνεται κατανοητό όταν εφαρμόζεται και
- να προσδιορίζει το είδος των οντοτήτων, αντιληπτών ή φανταστικών, στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί.



Εικόνα 3.4 Τρίγωνο που απεικονίζει την κατά Hervey τριαδική συσχέτιση των συνιστωσών του σήματος με εφαρμογή σε χωρικές οντότητες: στις κορυφές της βάσης του απεικονιζόμενου τριγώνου τοποθετούνται οι δύο συνιστώσες: αντικείμενο (αναφερόμενο) και ερμηνεύον, ενώ η τρίτη συνιστώσα, το σήμα (όχημα-σήματος), τοποθετείται στην πάνω κορυφή.

Με βάση την τριαδική συσχέτιση του Hervey, μπορεί να αναλυθεί και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα χαρτογραφικά σύμβολα. Ο βαθμός ομοιότητας ή η απλή σύμβαση που μπορεί να συνδέει τα χαρτογραφικά σύμβολα με τα αναφερόμενα ή τα ερμηνεύοντα, θα καθορίσουν και την ερμηνεία του συμβόλου από τον αναγνώστη. Πράγματι, κάποια από αυτά μπορεί να γίνουν αντιληπτά επειδή θυμίζουν μια χωρική οντότητα (η πράσινη έκταση που θυμίζει δάσος, ο σταυρός που θυμίζει εκκλησία) και κάποια άλλα επειδή προκαλούν σχήματα γνώσεων (οι γραμμές των μεσημβρινών και των παραλλήλων, που ανακαλούν τον ορισμό των γεωγραφικών συντεταγμένων, το τρίγωνο του τριγωνομετρικού σημείου, που ανακαλεί τον τριγωνισμό ως μέθοδο προσδιορισμού σταθερών σημείων). Από αυτήν την οπτική, τα σύμβολα του χάρτη μπορούν να αξιολογηθούν με δύο κριτήρια, δηλαδή με βάση

- τα νοήματα που ανακαλούν και
- τον τρόπο με τον οποίο αναφέρονται στον πραγματικό ή τον φανταστικό κόσμο.

Αν στην τριαδική σχέση θεωρηθεί ότι το αναφερόμενο βρίσκεται μεταξύ οχήματος-σήματος και ερμηνεύοντος, τότε η ανάλυση εντοπίζεται στις σχέσεις των δύο τελευταίων. Η εφαρμογή αυτής της προσέγγισης στη χαρτογραφία σημαίνει ότι η ανάλυση θα εστιάσει στις σχέσεις των χαρτογραφικών συμβόλων (οχημάτων-σήματος) με τα νοήματα των οντοτήτων που απεικονίζονται. Προφανώς, προκύπτουν άλλες παράμετροι που επιδρούν στην αξιολόγηση του συμβολισμού. Εκτενέστερη αναφορά γίνεται στην παράγραφο 3.3.2.

Τέλος, σε μια τρίτη εκδοχή εφαρμογής του τριαδικού μοντέλου επιλέγεται το ερμηνεύον ως βάση προσέγγισης της σχέσης των οχημάτων-σήματος με τα αναφερόμενά τους. Το γραφικό αυτό μοντέλο έχει προταθεί από τους Ogden & Richards από το 1923 (όπως αναφέρεται στον MacEachren, 1995) και, αν εφαρμοστεί στη χαρτογραφία, η ανάλυση οδηγεί στη διερεύνηση της σχέσης των χαρτογραφικών συμβόλων με τις χωρικές οντότητες τις οποίες αναπαριστούν στον χάρτη. Στην ίδια λογική στηρίζεται ο σχεδιασμός χαρτογραφικών συμβόλων με μεγάλο ή μικρό βαθμό εικονικότητας που έχει ακολουθηθεί από αρκετούς χαρτογράφους, όπως αναφέρεται παρακάτω.

Μια άλλη θεωρία που στηρίζεται στη θεωρία του Peirce και θεωρείται ιδιαίτερα ολοκληρωμένη, αναπτύχθηκε από τον Morris (1971). Παρόλο που η θεωρία αυτή δεν αναφέρεται σε χάρτες, ακολουθείται από χαρτογράφους. Στην ανάλυσή του το σήμα έχει επίσης τρεις συνιστώσες: το όχημα-σήματος, το δηλούμενο (designatum) και το ερμηνεύον (interpretant). «Το όχημα-σήματος αντικαθιστά κάτι ή δηλώνει κάτι. Το δηλούμενο είναι αυτό στο οποίο αναφέρεται το σήμα ή αυτό το οποίο προτίθεται να σημαίνει. Το ερμηνεύον είναι τα μέσα κατανόησης, δηλαδή, ή κοινή σκέψη ή η έννοια. Το ερμηνεύον του σήματος είναι ένας οργανισμός, ο οποίος αντιδρά στο όχημα-σήματος σε απόντα αντικείμενα σαν να ήταν παρόντα.» (Morris (1971), όπως αναφέρεται στον Keates, 1996, σελ. 71)). Ένα ενδιαφέρον στοιχείο της ανάλυσής του, που αφορά και τα χαρτογραφικά σύμβολα, είναι η διάκριση που κάνει σε designatum, που είναι το νόημα ή η κατηγορία των αντικειμένων που αναφέρονται από ένα σύμβολο, και denotatum, που είναι όλα τα μεμονωμένα μέλη μιας κατηγορίας. Στον χαρτογραφικό συμβολισμό υπάρχει συχνά αυτή η διάκριση μεταξύ των συμβόλων του υπομήματος και των χαρτογραφικών συμβόλων στον χάρτη, όταν στο υπόμνημα αναφέρεται ένα χαρτογραφικό σύμβολο για μια κατηγορία οντοτήτων και στον χάρτη απεικονίζονται υποκατηγορίες. Για παράδειγμα, μπορεί στο υπόμνημα να υπάρχει μια τελίτσα που να αντιστοιχεί ως σύμβολο στους οικισμούς και στον χάρτη να υπάρχουν τελίτσες διαφορετικών μεγεθών, για τους διαφορετικού μεγέθους οικισμούς. Αντιστοίχως, σε θεματικούς χάρτες, στο υπόμνημα μπορεί να αναφέρονται επιλεκτικά κάποιοι αντιπροσωπευτικοί κύκλοι και στον χάρτη κύκλοι διαφορετικών ακτίνων να συμβολίζουν ποσοτικά μεγέθη.

Μια άλλη διάκριση που προκύπτει από την ανάλυση του τρόπου λειτουργίας ενός σήματος εκφράζεται από τους όρους:

- αναφορά ή δήλωση (designation), είναι αυτό που αναπαριστά το όχημα-σήματος, η πιο βασική ή κυριολεκτική έννοια του σήματος,
- συνδήλωση (connotation), είναι η δευτερεύουσα έννοια ή πολιτιστική έννοια, αυτό που αντιλαμβάνεται ο αποδέκτης του οχήματος-σήματος ότι αναπαρίσταται.

Ο Keates, εφαρμόζοντας αυτήν τη διάκριση στη χαρτογραφία, τη σχηματοποιεί, τοποθετώντας τη δήλωση να συνδέει το όχημα-σήματος με τον χαρτογράφο και τη συνδήλωση να συνδέει το όχημα-σήματος με τον αναγνώστη (Keates, 1996, σελ. 71). Ουσιαστικά, ερμηνεύει με όρους σημειωτικής ότι το χαρτογραφικό σύμβολο εκφράζει την άποψη του χαρτογράφου για το αναφερόμενο, γεγονός όμως που δεν προϋποθέτει ότι θα έχει και ο αναγνώστης του χάρτη την ίδια άποψη. Στη διαφορά των δύο όρων εντοπίζεται η συγκεκριμένη πηγή αστοχιών στη χαρτογραφική επικοινωνία.

3.2.2 Κατηγορίες σημάτων

Αρκετοί σημειολόγοι έχουν προτείνει την κατηγοριοποίηση των σημάτων, στηριζόμενοι σε διάφορα κριτήρια. Από τις κατηγορίες των σημάτων κάποιες συσχετίζονται άμεσα με τα χαρτογραφικά σύμβολα και άλλες θα μπορούσαν να αποτελέσουν βάση αντίστοιχης αντιμετώπισης του χαρτογραφικού συμβολισμού. Πολλοί συγγραφείς διακρίνουν τα σήματα σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τα σινιάλα (signals), στα οποία το όχημα-σήματος προκαλεί μια συγκεκριμένη και προκαθορισμένη αντίδραση στον αποδέκτη. Το όχημα-σήματος δεν αναπαριστά κανένα χαρακτηριστικό οποιουδήποτε αντικειμένου, έχει μόνο ένα ερμηνεύον, μην αφήνοντας περιθώρια για παρερμηνείες. Δύσκολα θα μπορούσε να αντιστοιχηθεί αυτή η κατηγορία με χαρτογραφικά σύμβολα σε μια άμεση σχέση. Θα μπορούσε ίσως να θεωρηθεί ότι ως σινιάλα λειτουργούν ορισμένα χαρτογραφικά σύμβολα, τα οποία μετά την ερμηνεία τους προκαλούν «δεύτερες σκέψεις», συνδηλώσεις, όπως για παράδειγμα σε έναν δυναμικό χάρτη καιρού μια κόκκινη απόχρωση για υψηλές θερμοκρασίες δημιουργεί φόβο για επερχόμενο καύσωνα.

- Τα σύμβολα (symbols), στα οποία το όχημα-σήματος αναπαριστά κάποια χαρακτηριστικά του αναφερόμενου, ανάλογα δε με τον βαθμό ομοιότητας οχήματος-σήματος και αναφερόμενου, ή με το ποιο χαρακτηριστικό του αναφερόμενου αναπαρίσταται, τα σύμβολα μπορούν να διαιρεθούν σε υποκατηγορίες. Η κατηγορία των συμβόλων είναι αυτή στην οποία εντάσσονται τα χαρτογραφικά σύμβολα.

Ο Peirce, θεωρώντας αφητηρία την καθεμία από τις τρεις συνιστώσες του σήματος και αναλύοντας τις σχέσεις των άλλων δύο, πρότεινε τρεις διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις. Σε σχέση με τις χαρτογραφικές εφαρμογές πιο κατάλληλη είναι η προσέγγιση η οποία βασίζεται στο ερμηνεύον. Εξετάζοντας τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του οχήματος-σήματος και του αναφερόμενου διακρίνει τα σήματα σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Τα σύμβολα (symbols), στα οποία τα οχήματα-σήματος σχετίζονται με τα αναφερόμενα μέσω ενός κανόνα ή μιας σύμβασης. Σύμβολα είναι οι λέξεις της γλώσσας, τα σήματα της τροχαίας, οι κύκλοι που απεικονίζουν τους αριθμούς πληθυσμού σε έναν θεματικό χάρτη.
- Οι εικόνες (icons), στις οποίες τα οχήματα-σήματος μοιάζουν με τα αναφερόμενα, όπως το οδικό σήμα με τις πέτρες που πέφτουν, στα τμήματα των δρόμων που έχουν αντίστοιχο πρόβλημα, ή το δεντράκι που, ως χαρτογραφικό σύμβολο, αναπαριστά το δάσος.
- Οι δείκτες (indexes), στους οποίους τα οχήματα-σήματος συνδέονται με τα αναφερόμενα, όπως ο καπνός αποτελεί σήμα για τον εντοπισμό του σημείου της φωτιάς ή, στους χάρτες, οι γραμμές των φ,λ που αναπαριστούν τους μεσημβρινούς και τους παράλληλους.

Στην ίδια λογική, ο Morris διακρίνει τρεις κατηγορίες:

- τα σύμβολα, στα οποία το όχημα-σήματος χαρακτηρίζει το αναφερόμενο και μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω ανάλογα με τον βαθμό χαρακτηρισμού,
- τις εικόνες (icons), στις οποίες το όχημα-σήματος αναπαριστά την εμφάνιση του αναφερόμενου, όπως μια σκηνή για το θέατρο,
- τα ενδεικτικά (indexicals), στα οποία το όχημα-σήματος προκαλείται από το αναφερόμενο (είναι αποτέλεσμα του αναφερόμενου), π.χ. ο καπνός για να δείξει τη φωτιά. Το ενδεικτικό σήμα δεν αναπαριστά το αντικείμενο, αλλά δηλώνει τη θέση του (στα χαρτογραφικά σύμβολα το πλέγμα των μεσημβρινών και των παραλλήλων).

Η διάκριση των σημάτων στις τρεις αυτές κατηγορίες έχει αποτελέσει βάση για περαιτέρω επεξεργασία σε συγκεκριμένα συστήματα σήματος. Τα όρια των τριών κατηγοριών δεν είναι πάντα ξεκάθαρα. Υπάρχουν οχήματα-σήματος που μπορεί να θεωρηθούν εικόνες, αλλά εξίσου εύκολα θεωρούνται και σύμβολα. Για τον λόγο αυτό, η τυποποίηση κάθε συστήματος σημάτων απαιτεί ειδική επεξεργασία, που εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες του συστήματος.

Εκτός από την κατηγοριοποίηση με βάση το τι αναπαριστούν, τα σήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και με βάση τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν. Σε μια τέτοια προσέγγιση, έχουν προταθεί από τον Hervey (1982) δύο πρόσθετες κατηγορίες που προστίθενται στις τρεις του Peirce:

- τα σύμβολα, στα οποία τα οχήματα-σήματος σχετίζονται με τα αναφερόμενα μέσω ενός κανόνα, ή μιας σύμβασης,
- τα σήματα, στα οποία και το αναφερόμενο και το όχημα-σήματος είναι αυθαίρετα,
- οι εικόνες (icons), στις οποίες τα οχήματα-σήματος μοιάζουν με τα αναφερόμενα,
- οι φυσικοί δείκτες (natural indices), π.χ. ο καπνός που δείχνει φωτιά,
- οι εικονικοί δείκτες, που το όχημα-σήματος έχει μεγάλο βαθμό ομοιότητας με το αναφερόμενο, π.χ. η Ακρόπολη σαν ένδειξη της Αθήνας.

Μια άλλη ταξινόμηση που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στον χαρτογραφικό συμβολισμό είναι αυτή του Sebeok (1976), ο οποίος κατηγοριοποιεί με βάση τις «όψεις των σημάτων». Στηρίζεται στην άποψη του Pierce ότι τα σήματα είναι δύσκολο να τυποποιηθούν, γιατί σπάνια είναι ξεκάθαρος ο τύπος τους. Ο Sebeok διατηρεί τις κατηγορίες του Pierce (σύμβολα, εικόνες, δείκτες, με το ίδιο νόημα που αναφέρεται παραπάνω) και προσθέτει άλλες τρεις, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Τα σινιάλα, στα οποία το όχημα-σήματος προκαλεί, μηχανικά ή συμβατικά, μίαν αντίδραση από μεριάς του αποδέκτη.

- Τα συμπτώματα (symptoms), στα οποία το σήμα είναι αυτόματο, μη αυθαίρετο, τέτοιο που το σημαίνουν συνδέεται με το σημαίνόμενο με μια φυσική σύνδεση. Στον χαρτογραφικό συμβολισμό σύμπτωμα θα μπορούσε να είναι ένας γκρεμός που προκύπτει από την ύπαρξη πολύ πυκνών υψομετρικών.
- Τα ονόματα (names), τα οποία έχουν άμεση σχέση με την ονοματολογία και τον ρόλο της στην ερμηνεία του συμβολισμού.

Οι κατηγοριοποιήσεις που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα στηρίζονται στις σχέσεις οχημάτων-σήματος και αναφερόμενων. Με βάση μια προσέγγιση που στηρίζεται στη σχέση οχήματος-σήματος και ερμηνεύοντος, οι Morris (1971) και Hervey (1982) έχουν προτείνει επτά κατηγορίες οχημάτων-σημάτων, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Τα μοναδικά σήματα (singular sign), στα οποία το ερμηνεύον προσδιορίζει μόνο ένα αναφερόμενο, όπως το κόκκινο φανάρι της τροχαίας που αναφέρεται σε πλήρη στάση, η λέξη Αθήνα ή το χαρτογραφικό σύμβολο για την πρωτεύουσα ενός τόπου συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- Τα γενικά σήματα (general sign), στα οποία το ερμηνεύον προσδιορίζει περισσότερα αναφερόμενα, όπως η λέξη ποταμός στη γλώσσα, ή μια μπλε γραμμή ως χαρτογραφικό σύμβολο.
- Τα διαπροσωπικά σήματα (intrepersonal sign), όταν το ερμηνεύον είναι μέσα από κάποια σύμβαση κοινό σε μια ευρύτερη, αλλά συγκεκριμένη κοινότητα, όπως οι νότες για τους μουσικούς, τα ναυτικά χαρτογραφικά σύμβολα για τους ναυτικούς.
- Τα ταυτόσημα σήματα (comsign), όταν ο οργανισμός που παράγει το όχημα-σήματος και ο αποδέκτης του σήματος έχουν το αυτό ερμηνεύον, κατηγορία στην οποία ανήκουν τα σήματα που ορίζονται με αυστηρότητα, χωρίς να αφήνονται περιθώρια στην ερμηνεία τους. Στην κατηγορία αυτή μπορούν να καταταγούν ίσως χαρτογραφικά σύμβολα των οποίων η αναφορά στο υπόμνημα δεν αφήνει περιθώρια ασάφειας.
- Τα αόριστα σήματα (vague sign), όταν το ερμηνεύον δεν είναι ικανό να προσδιορίσει το αναφερόμενο.
- Τα σαφή οχήματα-σήματος (unambiguous sign-vehicle), όταν υπάρχει ένα μοναδικό ερμηνεύον. Τα επιστημονικά σήματα είναι προφανώς σαφή. Ο προσδιορισμός της θέσης μέσω συντεταγμένων σε ένα συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς είναι ένα σαφές όχημα-σήματος. Η μπλε επιφάνεια για τη θάλασσα είναι σαφές όχημα-σήματος.
- Τα ασαφή οχήματα-σήματος (ambiguous sign-vehicle), όταν υπάρχουν περισσότερα του ενός ερμηνεύοντα, όπως η μπλε γραμμή σαν όχημα-σήματος για το ποτάμι έχει ερμηνεύοντα και μεγάλο ποταμό και μικρό, με πολύ νερό ή ξεροπόταμο κτλ. Το ίδιο ισχύει για όσες χωρικές οντότητες δεν έχουν σαφή ορισμό και επιδέχονται διαφορετικές ερμηνείες.

Η τυπολογία των σημάτων μπορεί να αποτελέσει μια βάση για την επεξεργασία των δεδομένων στις χωρικές απεικονίσεις και να επηρεάσει τις επιλογές του συμβολισμού, αναβαθμίζοντας την αποτελεσματικότητα της ερμηνείας τους. Μια πιο συντεταγμένη έρευνα θα μπορούσε να δημιουργήσει νέους κανόνες κατηγοριοποίησης χωρικών οντοτήτων και εν τέλει κανόνες συμβολισμού τους.

3.3 Οι διαστάσεις των σημάτων

Ο όρος «διαστάσεις» αναφέρεται στις σχέσεις που δημιουργούνται σε ένα τριαδικό σημειωτικό σύστημα μεταξύ των συνιστωσών όχημα-σήματος, αναφερόμενο, ερμηνεύον. Η ανάλυση οφείλεται στον Morris (1971), ο οποίος πρότεινε τρεις διαστάσεις:

- τη σύνταξη (syntactics),
- τη σημασιολογία (semantics), και
- την πραγματολογία (pragmatics).

Η σύνταξη στη σημειωτική περιλαμβάνει τις ταξινομημένες και διατεταγμένες σχέσεις των οχημάτων-σήματος μεταξύ τους ή, σύμφωνα με τη διατύπωση του Morris, «η σύνταξη είναι η σχέση μεταξύ ενός δεδομένου οχήματος-σήματος και των άλλων οχημάτων-σήματος». Πρέπει να διασαφηνιστεί ότι η σύνταξη, όπως αναφέρεται από τον Morris, δεν ταυτίζεται με την έννοια του συντακτικού στη γλώσσα, αλλά έχει

ευρύτερες διαστάσεις. Περιλαμβάνει τους συντακτικούς κανόνες που πρέπει να διέπουν τη θεώρηση των οχημάτων-σήματος και του συνδυασμού τους, τον τρόπο με τον οποίο τα οχήματα-σήματα διαφόρων τάξεων συνδυάζονται για να διαμορφώσουν σύνθετα σήματα και τις τυπικές σχέσεις των σημάτων μεταξύ τους. Χαρτογραφικά, κατά τον MacEachren (1995), αντίστοιχοι κανόνες μπορούν να εφαρμοστούν στην τυποποίηση του υπομνήματος του χάρτη, σε κανόνες για τον συνδυασμό χαρτογραφικών συμβόλων που θα απεικονίζουν δεδομένα ονομαστικής και κλίμακας τάξης, όπως και σε αρχές για το ταίριασμα γραφικών μεταβλητών. Στην προσέγγιση του χαρτογραφικού συμβολισμού με όρους σημειωτικής εκφράστηκαν και αντιρρήσεις. Πρώτοι οι Robinson & Petchenik (1976) θεωρούν πολύ περιορισμένη την αντιμετώπιση της σύνταξης των συμβόλων του χάρτη με τους όρους της γλωσσολογίας, οπότε και την απορρίπτουν, ακολουθούμενοι και από άλλους χαρτογράφους. Όμως, ο επιστημονικός διάλογος που αναπτύσσεται μέσα από τις δημοσιεύσεις τις δεκαετίες '70 και '80 καταλήγει στην ανάπτυξη και επέκταση της πρότασης του Bertin, καθώς και την εφαρμογή στον χάρτη του μοντέλου του Morris, ο οποίος θεωρεί τη λειτουργία των σημάτων πέρα από τα όρια της γλώσσας.

Η δεύτερη διάσταση, η σημασιολογία, περιλαμβάνει τις σχέσεις των οχημάτων-σήματος με τα αναφερόμενά τους, αναλύοντας τα αναφερόμενα και προσδιορίζοντας τη δήλωση που επιτυγχάνεται μέσω του οχήματος-σήματος. Ένας σημασιολογικός κανόνας (κατά τον Morris) προσδιορίζει κάτω από ποιες συνθήκες μπορεί ένα σήμα να εφαρμοστεί σε ένα αντικείμενο, με άλλα λόγια, ποιες είναι οι προϋποθέσεις για να αντικατασταθεί ένα αναφερόμενο από ένα συγκεκριμένο όχημα-σήματος. Κεντρικό ρόλο σε αυτή τη σχέση παίζουν η ανάλυση του αντικειμένου, ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων του και ο καθορισμός εκείνων των χαρακτηριστικών του, που θα το συνδέουν με το όχημα-σήματος. Η εφαρμογή της σημασιολογίας στη χαρτογραφία εξελίχθηκε ιδιαίτερα τα τελευταία τριάντα χρόνια στο πλαίσιο της επιστήμης της γεωγραφικής πληροφορίας.

Η τρίτη διάσταση, η πραγματολογία, περιλαμβάνει τις σχέσεις μεταξύ του οχήματος-σήματος και του ερμηνεύοντος. Ουσιαστικά, η πραγματολογία εξετάζει τα νοήματα που εμπεριέχονται σε ένα σήμα και κατά πόσο μεταδίδονται μέσω του οχήματος-σήματος, για αυτό αντικατοπτρίζει και τον βαθμό συμφωνίας μεταξύ του δημιουργού του σήματος και του χρήστη, ως προς το νόημα του αναφερόμενου. Σύμφωνα δε με τον Peirce, «τίποτα δεν είναι σήμα αν δεν ερμηνευθεί σαν σήμα» (όπως αναφέρεται στον Keates, 1996, σελ. 72). Όμως, το τι αντικαθιστά ένα όχημα-σήματος δεν είναι πάντα μονοσήμαντο. Αντιθέτως, όπως ισχυρίζονται πολλοί σημειολόγοι, όλα τα οχήματα-σήματος έχουν περισσότερα από ένα νοήματα. Υπάρχει το ένα, το συνειδητό, που ορίζεται από τη «δήλωση» του σήματος, από τον λόγο δημιουργίας του, αλλά υπάρχει και κάποιο ασυνειδητό νόημα που μπορεί να συνδηλώνεται (π.χ. το «κλειδί του σολ» μπορεί να δηλώνει μια αίθουσα μουσικής, αλλά να συνδηλώνει και ένα ρεσιτάλ πιάνου). Δεν έχουν όλα τα συστήματα σημάτων τον ίδιο βαθμό αβεβαιότητας, ως προς το τι δηλώνουν και τι συνδηλώνουν. Σε μεγάλο βαθμό αυτό οφείλεται αφενός στον ορισμό του οχήματος-σήματος και αφετέρου στους περιορισμούς προσδιορισμού του αναφερόμενου. Τα επιστημονικά σήματα παρουσιάζουν τις μικρότερες ασάφειες, λόγω της αυστηρότητας των ορισμών τους. Τα χαρτογραφικά σύμβολα μπορεί ως προς τον προσδιορισμό της θέσης (μέσω συγκεκριμένων συντεταγμένων) να δηλώνουν με σαφήνεια κάτι, όμως ως προς την απεικόνιση θεματικών δεδομένων δημιουργούνται περιθώρια συνδηλώσεων και ασάφειας που αξίζουν διερεύνησης.

Στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούν πιο αναλυτικά οι προσεγγίσεις του χαρτογραφικού συμβολισμού στο πλαίσιο των τριών διαστάσεων του σημειωτικού τριγώνου, με στόχο την επισήμανση των κατακτήσεων των μελετών και την προοπτική των μελλοντικών αναζητήσεων.

3.3.1 Η σύνταξη των σημάτων του χάρτη

Η τυποποίηση των χαρτογραφικών συμβόλων και οι σχέσεις τους με τις χωρικές οντότητες που απεικονίζουν, θέματα που περιέχονται, με όρους σημειωτικής, στη σύνταξη των σημάτων του χάρτη, έχουν απασχολήσει τους χαρτογράφους μελετητές σε μεγαλύτερο βαθμό από τα θέματα που εντάσσονται στη σημασιολογία και την πραγματολογία. Πολλοί χαρτογράφοι έχουν ερευνήσει τον χαρτογραφικό συμβολισμό με βάση τους κανόνες της οπτικής αντίληψης ή του γραφισμού, όμως η πρώτη πρόταση εφαρμογής σημειωτικών κανόνων στον σχεδιασμό χαρτογραφικών συμβόλων έγινε από τον Bertin, ο οποίος είχε την έμπνευση να συνδέσει τις μεταβολές των χαρτογραφικών συμβόλων με τις μεταβολές των απεικονιζόμενων χωρικών οντοτήτων (αναφερομένων ή ερμηνευόντων) και να προτείνει συγκεκριμένες γραφικές μεταβλητές για τις ποσοτικές ή τις ποιοτικές μεταβολές τους. Με όρους σημειωτικής, ο Bertin πρότεινε συντακτικούς κανόνες, που μπορούν να αποτελέσουν τη βάση δημιουργίας ενός συστήματος σημάτων, και να εφαρμοστούν σε οποιαδήποτε χωρική

απεικόνιση στατικής μορφής. Οι γραφικές μεταβλητές του Bertin και η καταλληλότητα της καθεμίας, για την απεικόνιση ποιοτικών ή ποσοτικών μεταβολών των δεδομένων, καθιερώθηκαν ως θεωρία σε αρκετά ευρύ πεδίο τόσο εφαρμογών όσο και έρευνας στον ακαδημαϊκό χώρο. Οι συντακτικοί κανόνες που εισήγαγε αποτέλεσαν και αντικείμενο κριτικής, σχολιάστηκαν, επεκτάθηκαν από άλλους μελετητές, όπως αναφέρεται παρακάτω, κυρίως καλύπτοντας και τις δυναμικές απεικονίσεις. Όμως, παρόλη την έκρηξη που παρατηρήθηκε στην παραγωγή χαρτών, ως αποτέλεσμα της ψηφιακής επανάστασης τις δεκαετίες που ακολούθησαν, η εφαρμογή των κανόνων που εισήγαγε δεν επικρατήσαν σε όλο το φάσμα των χαρτογραφικών εφαρμογών, παρόλο που δεν υπήρξε έκτοτε κάποια άλλη θεωρητική πρόταση στο πεδίο της σύνταξης των χαρτογραφικών συμβόλων. Άλλοι δε δικοί του ισχυρισμοί, εστιασμένοι στον τρόπο που γίνονται αντιληπτές οι οπτικές μεταβλητές και οι αλληλοσυσχετισμοί τους, όταν συνυπάρχουν στον ίδιο χάρτη, όπως η επιλεκτικότητα και η συσχετικότητα των οπτικών μεταβλητών, που είναι ιδιαίτερης σημασίας στην αποτελεσματικότητα της απεικόνισης, δεν έχουν αποδειχθεί πειραματικά (ούτε από τον ίδιο, αλλά ούτε από μελλοντικούς του μελετητές), παρόλο που και ενδείξεις για την ισχύ τους υπάρχουν και η εφαρμογή τους θα αναβάθμιζε το χαρτογραφικό σχέδιο.

Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά στις μελέτες χαρτογράφων που είχαν αντικείμενο έρευνας τις οπτικές μεταβλητές και που κατέληξαν σε κάποια συμπλήρωση ή επέκταση της πρότασης του Bertin. Η σειρά αναφοράς είναι χρονολογική:

- ο σχεδιασμός χαρτογραφικών συμβόλων με βάση τον τρόπο αντίληψης και ερμηνείας των οπτικών μεταβλητών του Bertin,
- η συντακτική προσέγγιση στην τυποποίηση των σημάτων-οχημάτων για οικονομικούς χάρτες του Ratajski (1971) και οι κανόνες σύνταξης (ιεραρχική οργάνωση),
- η συμπλήρωση των οπτικών μεταβλητών του Bertin από τον Morrisson (1974),
- η διάταξη του μοτίβου σαν οπτική μεταβλητή, σημαντική στον σχεδιασμό των σκιασμένων μοτίβων που παράγονται πάνω σε χαμηλής ανάλυσης οθόνες (Slocum & McMaster, 1986; Lavin, 1986),
- ο τριδιάστατος χώρος της οπτικής μεταβλητής της υψής του Caivano (1990),
- οι μεταβλητές αφής για αναγνώστες με προβλήματα όρασης (Vasconelos, 1991),
- η συμπλήρωση των οπτικών μεταβλητών του Bertin από τον MacEachren (1994),
- οι δυναμικές μεταβλητές για τους χάρτες σε οθόνη (DiBiase et al., 1992; MacEachren, 1994),
- η τυπολογία των ηχητικών (ακουστικών) μεταβλητών και η σύνταξή τους (Krygier, 1994).

Στις μελέτες που αναφέρθηκαν, το ενδιαφέρον εστιάζεται στη σύνταξη των μεμονωμένων συμβόλων του χάρτη με βάση μεταβλητές που αντιστοιχούν στα αναφερόμενα. Σε ένα άλλο συντακτικό επίπεδο όμως, ο χάρτης μπορεί να αξιολογηθεί με όρους σημειωτικής ως συνολική εικόνα. Ένας βασικός κανόνας, ο οποίος εφαρμόζεται αρκετά συχνά στη χαρτογραφική πρακτική χωρίς σημειωτική τεκμηρίωση, είναι ότι: «παρόμοια αναφερόμενα πρέπει να αναπαρίστανται από παρόμοια σήματα-οχήματα και διαφορετικά αναφερόμενα από διαφορετικά σήματα-οχήματα» (MacEachren, 1995). Κατά τον Schlichtmann (1979), τα νοήματα, δηλαδή τα ερμηνεύοντα, πρέπει να εκφράζονται από σημάδια (εννοεί οχήματα-σήματος) οργανωμένα σε ιεραρχίες. Η άποψη αυτή του Schlichtmann ουσιαστικά αποτελεί μια επιβεβαίωση της εκφρασμένης από τον Ratajski (1971) πρότασης τυποποίησης των συμβόλων σε χάρτες οικονομικών δεικτών, η οποία αγνοήθηκε στην εποχή της, αλλά σήμερα αναγνωρίζεται ως μία από τις πρώτες συστηματικές εφαρμογές της σημειωτικής στο επίπεδο αντιμετώπισης του συνολικού χάρτη με όρους σύνταξης. Με απλά λόγια, η ιδέα του Ratajski (1971) είναι ότι για να ταιριάζει ένα σύνολο οχημάτων-σήματος με ένα φαινόμενο απαιτείται ταξινόμηση του φαινομένου. Προτείνει ως βάση ένα ιεραρχικό μοντέλο ταξινόμησης των δεδομένων με βάση το οποίο ταξινομούνται τα οχήματα-σήματος με επιλογή οπτικών μεταβλητών που ακολουθεί τους κανόνες της οπτικής αντίληψης. Εντάσσει, δηλαδή, στον σχεδιασμό χαρτογραφικών συμβόλων και τη γνωσιακή παράμετρο και την αντιληπτική, πράγμα που αποτελεί κύριο ζητούμενο στη θεωρητική χαρτογραφία, στους στόχους της οποίας εντάσσεται και η δημιουργία χαρτών ταιριαστών με αυτό που έχουν οι αναγνώστες στο μυαλό τους.

Στους συντακτικούς κανόνες που έχουν προταθεί από χαρτογράφους περιλαμβάνονται και αυτοί που αναφέρονται στο χρώμα. Το χρώμα είναι αναμφισβήτητα ένα κυρίαρχο γραφικό στοιχείο στον χάρτη και έχει μελετηθεί ανάλογα, παρόλο που υπάρχουν ακόμα άγνωστα σημεία στον τρόπο αντίληψής του. Στο πλαίσιο της σημειωτικής προσέγγισης, οι χαρτογραφικές έρευνες έχουν ακολουθήσει δύο άξονες. Στον πρώτο άξονα αναφέρονται οι συντακτικοί κανόνες που ισχύουν για τις τρεις διαστάσεις του χρώματος και την καταλληλότητά τους για την απεικόνιση των μεταβολών των αναφερομένων: απόχρωση για ποιοτικές μεταβολές, κορεσμός και

ένταση για ποσοτικές. Στον δεύτερο άξονα ο χάρτης αντιμετωπίζεται ως ενιαίο σύνολο και τα χαρτογραφικά σύμβολα ως σύστημα σημάτων και μελετάται ο τρόπος πρόσληψης των χρωμάτων με βάση τις θεωρίες για την όραση και την οπτική αντίληψη. Από τις μελέτες που έχουν γίνει αναφέρονται:

- οι συντακτικοί κανόνες του χρωματικού χώρου με βάση τη θεωρία των αντίθετων διεργασιών και τις τέσσερις μοναδικές αποχρώσεις: κόκκινο, κίτρινο, πράσινο και μπλε (Eastman, 1986),
- οι συντακτικοί κανόνες των διαστάσεων του χρώματος (απόχρωσης, έντασης, κορεσμού) με βάση τη διάκριση μεταξύ σφαιρικών οπτικών επιπέδων και τοπικών σημασιολογικών χαρακτηριστικών κατά την ανάλυση των δεδομένων (Rader, 1989),
- το σύστημα επιλογής χρώματος για την απεικόνιση μίας ή δύο μεταβλητών για ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων και οπτικοποίηση (Brewer, 1992).

3.3.2 Η σημασιολογία των σημάτων του χάρτη

Κυρίαρχη θέση στον χαρτογραφικό συμβολισμό κατέχει η «αντ' αυτού» σχέση που διέπει την ύπαρξη του καθενός συμβόλου και της χωρικής οντότητας την οποία απεικονίζει, δηλαδή η σημασιολογία των σημάτων του χάρτη. Η επικρατέστερη, ως σήμερα, διαδικασία στη χαρτογραφική πρακτική στηρίζεται στην κατηγοριοποίηση των χωρικών χαρακτηριστικών που απεικονίζονται, κυρίως με βάση τις χωρικές τους διαστάσεις (σημειακά, γραμμικά, επιφανειακά, τριδιάστατα, δυναμικά). Δηλαδή, βασίζεται στη σχέση του οχήματος-σήματος και του αναφερομένου. Η ύπαρξη του ερμηνεύοντος, το νόημα δηλαδή του χωρικού χαρακτηριστικού, επηρεάζει κάποιες επιλογές συμβολισμού, όπως όταν συμβολίζεται ο ποιοτικός ή ποσοτικός χαρακτήρας των δεδομένων, όμως η εφαρμοζόμενη τυποποίηση αφήνει ανοιχτά θέματα μεταξύ των οποίων:

- την ύπαρξη σημαντικών πλευρών των ερμηνευόντων, των οποίων η ένταξη στον σχεδιασμό του οχήματος-σήματος θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερης σημασίας για την αποτελεσματικότητα της απεικόνισης και τα οποία δεν εντάσσονται στις καθιερωμένες στη χαρτογραφική πρακτική κατηγοριοποιήσεις, όπως η σαφήνεια ή η ασάφεια των δεδομένων, π.χ. πρωτεύουσα (σαφές)/μικρή πόλη (ασαφές), ο δηλωτικός χαρακτήρας ή εκτιμητικός χαρακτήρας των δεδομένων, π.χ. αριθμός κατοίκων (δηλωτικό)/περιοχή με θερμό κλίμα (εκτιμητικό), το αν τα δεδομένα καταδεικνύουν ή περιγράφουν π.χ. χωματόδρομος (δείχνει)/δρόμος με θέα (περιγράφει) κ.ά.,
- τη διάκριση και κατά συνέπεια τη διαφοροποίηση στον συμβολισμό μεταξύ υπαρκτών χωρικών φαινομένων και εννοιών, π.χ. πληθυσμός (υπαρκτό) / πυκνότητα πληθυσμού (έννοια),
- την αποτελεσματική εφαρμογή της κατηγοριοποίησης στις ψηφιακές βάσεις χωρικών δεδομένων,
- την αντιμετώπιση της χρονικής διάστασης στις συνεχώς εξελισσόμενες χωρο/χρονικές απεικονίσεις και, τέλος,
- ένα πολύ ενδιαφέρον ερώτημα: η κατηγοριοποίηση είναι σύμφωνη με την ανθρώπινη νοητική κατηγοριοποίηση;

Η εφαρμογή του τριαδικού σημειωτικού μοντέλου στον χαρτογραφικό συμβολισμό θέτει ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο αναλύονται οι αλληλοσυσχετισμοί μεταξύ των χωρικών οντοτήτων (αναφερόμενων), των νοημάτων τους (ερμηνευόντων) και των χαρτογραφικών συμβόλων (οχήματα-σήματος). Με τον τρόπο αυτό αναδεικνύονται μεθοδικά και πιο ολοκληρωμένα διαφορετικές «όψεις» των προς απεικόνιση χωρικών οντοτήτων που μπορεί να επηρεάζουν τις επιλογές της απεικόνισής τους. Αναλύοντας τη σχέση αναφερόμενου και ερμηνεύοντος με αφετηρία το όχημα-σήματος, δίνεται έμφαση στις όψεις (ή πλευρές) του αναφερόμενου που απεικονίζει το όχημα-σήματος. Το πράσινο σύμβολο στο χαρτογραφικό παράδειγμα απεικονίζει το χρώμα μόνο του δάσους, αγνοώντας τις άλλες όψεις του. Αν δε το αναφερόμενο είναι μια έκταση με θυμάρια, το όχημα-σήματος απεικονίζει μια πλευρά του ερμηνεύοντος, που δεν έχει καμιά φαινομενική ομοιότητα με το αναφερόμενο, αλλά στηρίζεται στο σχήμα γνώσης που έχει ο αναγνώστης για το δάσος.

Εφαρμόζοντας το τριαδικό μοντέλο του Morris και τις τυπολογίες των σημάτων των Pierce, Sebeok και Guiraud, ο MacEachren (1995) -με βάση ιδιότητες που προκύπτουν από τη σχέση αναφερόμενων και ερμηνευόντων- προτείνει κατ' αρχάς δύο βασικές κατηγορίες σημάτων του χάρτη, τα πληροφοριακά, που γνωστοποιούν τη θέση και τις ιδιότητες των χωρικών οντοτήτων (φαινομένων και εννοιών), και τα διεγερτικά (stimulative), τα οποία προκαλούν αντιδράσεις ή συμπεριφορές. Και τις δύο κατηγορίες τις διαιρεί σε υποκατηγορίες για μεγαλύτερη ανάλυση. Οι κατηγορίες που προτείνει ο MacEachren είναι:

- τα πληροφοριακά (appriptive) σήματα, τα οποία διακρίνονται σε:

- ✓ δηλωτικά (designative)
 - ✓ εκτιμητικά (appraisive),
 - ✓ ενδεικτικά, (indicative),
 - ✓ περιγραφικά (labelling),
 - ✓ συσχέτισης (relative), και
- τα διεγερτικά (stimulative) σήματα, τα οποία διακρίνονται σε:
 - ✓ ρυθμιστικά (prescriptive),
 - ✓ συναισθηματικά (emotive),
 - ✓ συνδηλωτικά (connotative) και,
 - ✓ αισθητικά (poetic/aesthetic).

Τα περισσότερα χαρτογραφικά σύμβολα ανήκουν στην κατηγορία των πληροφοριακών σημάτων. Τα δηλωτικά σήματα, στηριζόμενα σε μια αντικειμενική βάση, δηλώνουν ποιοτικές ή ποσοτικές ιδιότητες, που χαρακτηρίζουν την απεικονιζόμενη οντότητα είτε ποιοτικά (χρήσεις γης σύμφωνα με καταγραφές) είτε ποσοτικά (αριθμός πληθυσμού σύμφωνα με απογραφές). Τα εκτιμητικά σήματα γνωστοποιούν στηριζόμενα σε μια υποκειμενική άποψη (δρόμος με επικίνδυνες στροφές, θάλασσα επικίνδυνη για κολύμβηση). Πρέπει ακόμα να επισημανθεί, πως η συντριπτική πλειονότητα των πληροφοριακών σημάτων σε έναν χάρτη δημιουργεί μια συνήθεια στον αναγνώστη, με αποτέλεσμα να τα ερμηνεύει ως αντικειμενικού χαρακτήρα σήματα και να παραβλέπει τον υποκειμενικό χαρακτήρα τους. Τα ενδεικτικά είναι σήματα που δείχνουν κάτι, π.χ. τη διεύθυνση του βορρά, στα περιγραφικά εντάσσονται τα σήματα της ονοματολογίας και τα σήματα συσχέτισης απεικονίζουν δύο ή και τρεις οντότητες ή δύο ή τρεις ιδιότητες μιας οντότητας στο ίδιο σήμα, π.χ. αριθμό πληθυσμού και σύνθεσή του, όπου κύκλοι μεταβλητών ακτίνων απεικονίζουν τον πληθυσμό και κυκλικό τομείς απεικονίζουν τη σύνθεση.

Τα διεγερτικά σήματα πληροφορούν και αυτά, όμως ο κύριος ρόλος τους είναι να προκαλούν κάποια αντίδραση στον αποδέκτη τους. Τα ρυθμιστικά σήματα παίζουν έναν ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο σε κάποιες κατηγορίες χωρικών απεικονίσεων, όπως για παράδειγμα στις απεικονίσεις των συστημάτων πλοήγησης, στους ναυτικούς και αεροναυτικούς χάρτες, που στοχεύουν στην αντίδραση του αναγνώστη. Τα συναισθηματικά, τα συνδηλωτικά και τα αισθητικά σήματα δεν είναι εύκολο να οριστούν εκτός του πλαισίου δημιουργίας και χρήσης ενός συγκεκριμένου χάρτη, γιατί, όπως δηλώνει η ονομασία ιδιαίτερα των δύο πρώτων, υπάρχει μια προσωπικού χαρακτήρα πλευρά τους, που αναφέρεται στην ερμηνεία τους από τον κάθε αναγνώστη.

Αν θεωρηθεί το αναφερόμενο ως η σύνδεση του οχήματος-σήματος με το ερμηνεύον, η έμφαση ουσιαστικά δίνεται στις δύο αφαιρετικές εκδοχές μιας χωρικής οντότητας. Στο παράδειγμα του δάσους, το υπαρκτό δάσος που απεικονίζεται συνδέει το πράσινο χρώμα (μια αφαιρετική εκδοχή) με το νόημα της λέξης δάσος που έχει στο μυαλό του ο αναγνώστης (το οποίο επίσης αποτελεί μια αφαιρετική εκδοχή). Αυτή η προσέγγιση τονίζει το γεγονός «ότι οι χάρτες και τα σημάδια των χαρτών είναι μία από τις πολλές πιθανές αναπαραστάσεις των αναφερομένων τους και ότι η αναπαράσταση που προβάλλουν θα πρέπει εν γένει να κατανοηθεί και ν' αξιολογηθεί (τουλάχιστον εν μέρει) με βάση μια άλλη αναπαράσταση (π.χ. γλωσσική ή προτασιακής δομής γνώσεων)» (MacEachren, 1995). Επίσης θεωρεί, πράγμα που γίνεται εύκολα κατανοητό, ότι η ανάλυση της σχέσης οχήματος-σήματος και ερμηνεύοντος, με βάση το αναφερόμενο, οδηγεί σε κατηγορίες του αναφερομένου.

Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένες κατηγοριοποιήσεις που είναι αποτελέσματα ερευνών, αποτελέσματα που είναι ενδεικτικά της εξέλιξης αυτού του τομέα μελέτης. Έτσι, τα χωρικά φαινόμενα διακρίνονται σε:

- συνεχή και διακριτά, με περαιτέρω κατηγοριοποίηση των διακριτών σε συμπαγή και διασπαρμένα (Hsu, 1979),
- εντοπισμού (φ, λ) και ουσίας (χωρικών και μη χαρακτηριστικών) (Keates, 1982),
- επιπέδου (θέση, μέγεθος, σχήμα) και εκτός-επιπέδου (ιδιότητες, ποσότητα, χρόνος) (Lyutty, 1985, όπως αναφέρεται από Schlichtmann, 1985),
- εξωτερικού χαρακτήρα (διαστάσεις, εντοπισμός, μέγεθος, σχήμα, προσανατολισμός) και εσωτερικού χαρακτήρα (διακριτότητα ορίων, συνεχής-διακριτός χαρακτήρας αναφερομένων, διακύμανση της παρουσίας διάσπαρτων αντικειμένων, κ.λ.π.) (Schlichtmann, 1985),

- χώρου, θέματος και χρόνου (διάκριση γεωγραφικών οντοτήτων στο πλαίσιο ψηφιακών βάσεων δεδομένων) (Nyerges, 1991),
- κατηγοριοποίηση των επιφανειακών φαινομένων με τοποθέτηση σε διάστατο χώρο, με άξονες διακριτό-συνεχές και απότομο-ομαλό (MacEachren & DiBiase, 1991),
- έννοιες και φαινόμενα (Ganter, 1989, μη δημοσιευμένη εργασία, αναφερόμενη σε MacEachren, 1995).

Η τελευταία διάκριση που προτείνει ο Ganter, σε P-reps (Phenomenon representations) και C-reps (Concept representations), δηλαδή σε αναπαραστάσεις φαινομένων και αναπαραστάσεις εννοιών, αποκτά ιδιαίτερο βάρος, καθώς οι αναπαραστάσεις εννοιών, είτε αναφέρονται σε θέσεις στον χώρο είτε όχι, έχουν γίνει καθημερινή πρακτική στις χωρικές απεικονίσεις. Η σημασιολογική διαφορά των δύο κατηγοριών έγκειται στο ότι οι έννοιες δεν έχουν αναφερόμενα και, επομένως, η πρόταση για διαφοροποίηση του συμβολισμού τους μοιάζει ισχυρή.

Στη σημασιολογία εντάσσεται και η έρευνα που γίνεται στο πλαίσιο της επιστήμης της γεωγραφικής πληροφορίας, η οποία μελετά συστηματικά τη γνώση της γεωγραφικής πραγματικότητας, προσπαθώντας να την τυποποιήσει. Μία συνισταμένη αυτής της προσπάθειας επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των πραγματικών διαφορών των χωρικών χαρακτηριστικών, όπως αυτές προκύπτουν από τη σημασία των εννοιών, δηλαδή από τη σημασιολογία τους. Οι έννοιες γίνονται κατανοητές μέσω της σημασιολογίας τους και μορφοποιούνται μέσα από τις οντολογίες, οι οποίες αποτελούνται από έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις (Kanouras & Kokla, 2008). Η ολοκλήρωση των οντολογιών με στόχο την αναπαράσταση της γεωγραφικής πληροφορίας αποτελεί ένα από τα πολύ βασικά πεδία έρευνας της επιστήμης της γεωγραφικής πληροφορίας τα τελευταία χρόνια.

Θεωρώντας, τέλος, το ερμηνεύον ως βάση προσέγγισης των άλλων δύο συνιστωσών του τριαδικού σήματος, το ενδιαφέρον εστιάζεται στη σχέση του οχήματος-σήματος και του αναφερόμενου, ή με χαρτογραφικούς όρους, στην ύπαρξη ή μη εικονικότητας στο σύμβολο του χάρτη. Η εφαρμογή της σημειωτικής αυτής σχέσης στον χάρτη έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για πολλούς χαρτογράφους, με το ενδιαφέρον εστιασμένο στη μορφολογική ομοιότητα συμβόλων και χωρικών χαρακτηριστικών. Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά στις προτάσεις που έχουν επικρατήσει στη χαρτογραφική βιβλιογραφία και έχουν επηρεάσει τη «σημασιολογική» προσέγγιση στον χαρτογραφικό συμβολισμό.

- Οι Robinson & Petchenik (1976) προτείνουν ένα συνεχές μέσο εικονικότητας των σημαδιών, το οποίο ξεκινά από τα μιμητικά και φτάνει στα εντελώς αφαιρετικά. Βλέπουν δε την εικονικότητα να μην περιορίζεται στη σχέση της με τη μορφή του αναφερόμενου, αλλά και σε διάφορα άλλα στοιχεία του, π.χ. στη χρήση του.
- Ο Keates (1982), βασισμένος στη σημειωτική προσέγγιση του Morriss, προτείνει την τυπολογία «εικονικά και συμβατικά σήματα».
- Ο βαθμός εικονικότητας για τα σήματα-οχήματα εκφράζεται και από τους Robinson et al. (1995) για σημειακά οχήματα-σήματα μέσα από τρεις κατηγορίες: εικονογραφικά, συσχετικά και γεωμετρικά. Οι τρεις κατηγορίες περιγράφονται ως διαδοχικές θέσεις σε ένα συνεχές μέσο συμβολισμού, που κυμαίνεται από το αναλογικό ή μιμητικό στο ένα άκρο, έως το εντελώς αφαιρετικό στο άλλο άκρο. Εκφράζουν την άποψη πως τα εικονογραφικά σύμβολα πρέπει να επικοινωνούν χωρίς την ανάγκη υπομνήματος, ενώ τα συσχετικά να έχουν έναν συνδυασμό γεωμετρικών και εικονογραφικών χαρακτηριστικών, ώστε να παράγουν εύκολα αναγνωρίσιμα σύμβολα.
- Σχετικό με την πρόταση των Robinson & Petchenik και ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι το μοντέλο του Ucar (1993). Αυτό ξεκινά με τον διαχωρισμό των σημάτων χάρτη σε λέξεις και μη γλωσσολογικά σήματα. Τα μη γλωσσολογικά σήματα διαιρούνται σε διαστάσεις στο επίπεδο (βλέπε και Bertin) και τεχνητά σήματα με αναπαραστατική λειτουργία. Τα τεχνητά σήματα με αναπαραστατική λειτουργία διαιρούνται σε σύμβολα και εικόνες. Οι εικόνες διαιρούνται σε εικόνες μορφής και εικόνες επιπέδου.
- Ο MacEachren (1995) αναφέρεται σε ένα παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου των Ogden & Richards από τον Knowlton (1966) στον σχεδιασμό χαρτογραφικών συμβόλων, στο οποίο προτείνεται η αντιστοίχιση του βαθμού ομοιότητας σήματος-οχήματος και αναφερόμενου με τον βαθμό εικονικότητας των συμβόλων.

Μια διαφορετικού τύπου εικονικότητα εφαρμόζεται στον χαρτογραφικό συμβολισμό των ποσοτικών δεδομένων. Η ιδέα του μοντέλου δεδομένων για την απεικόνιση της στατιστικής επιφάνειας ανήκει στον Jenks (1967) και έχει κυριολεκτικά επικρατήσει στις θεματικές απεικονίσεις αριθμητικών δεδομένων, είτε αυτά είναι υπαρκτά χωρικά φαινόμενα, π.χ. πληθυσμός, είτε είναι στατιστικοί δείκτες, δηλαδή έννοιες, π.χ. ακαθάριστο εθνικό προϊόν. Αναφερόμενος στις απεικονίσεις της στατιστικής επιφάνειας ο MacEachren (1995) ισχυρίζεται ότι με βάση το μοντέλο των δεδομένων, οι απεικονίσεις της στατιστικής επιφάνειας (χωροπληθείς χάρτες, ισοπληθείς χάρτες) «είναι έμμεσα σήματα που απεικονίζουν τα μοντέλα δεδομένων τα οποία με τη σειρά τους απεικονίζουν τα δεδομένα (που με τη σειρά τους απεικονίζουν το φαινόμενο)... το μοντέλο δεδομένων του Jenks είναι εικονικό στη χρήση του ύψους για την απεικόνιση μεγέθους και στον τρόπο που η χωρική διαφοροποίηση στην επιφάνεια του μοντέλου χρησιμοποιείται για να απεικονίσει υποτιθέμενη απότομη σε αντίθεση με ομαλή χωρική διαφοροποίηση του απεικονιζόμενου φαινομένου...».

Στο ίδιο ερευνητικό πεδίο οι Massel & Koreygorodsky (2014), θεωρώντας τις οντολογίες ως εικόνες αναπαράστασης της γνώσης σε γραφική μορφή και τη μετα-οντολογία (όπως χρησιμοποιείται στην οντολογική μοντελοποίηση) ως υψηλότερου επιπέδου αφαίρεση, εισάγουν την έννοια του «μετασήματος». Με τα δικά τους λόγια: «το μετασήμα εισάγει διαφορετικά επίπεδα αναπαράστασης χαρακτήρων, καθένα από τα οποία έχει διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης». Επομένως το μετασήμα αποτελεί αφενός επέκταση των σημειωτικών εννοιών, αφετέρου χρησιμεύει στον συμβολισμό μετα-οντολογιών. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο και αποδεικνύεται από τη σύγχρονη βιβλιογραφία, στο πλαίσιο της επιστήμης της γεωγραφικής πληροφορίας υπάρχει μια πολύ ενδιαφέρουσα δραστηριότητα με βάση τη σημειωτική προσέγγιση, εστιασμένη κυρίως στη σημασιολογία.

3.3.3 Η πραγματολογία των χαρτογραφικών συμβόλων και του χάρτη ως ολότητας

Η τρίτη διάσταση της σημειωτικής, η πραγματολογία, κατά τον Morris είναι η σχέση οχήματος-σήματος και ερμηνεύοντος. Ερευνά τον τρόπο με τον οποίο γίνονται αντιληπτά τα σήματα και τις αντιδράσεις που προκαλούν. Ένα σημειωτικό σύστημα λειτουργεί μόνον όταν ο δημιουργός και ο χρήστης επιχειρούν να συμφωνήσουν για τα νοήματα των σημάτων και τις σχέσεις τους. Σύμφωνα με τον Guiraud (1975), κάθε σχέση μεταξύ οχήματος-σήματος και ερμηνεύοντος ορίζεται από έναν κώδικα μεταξύ ατόμων που επικοινωνούν μέσω του σήματος. Ο κώδικας για τον Guiraud μπορεί να είναι σαφής ή ασαφής και τα σήματα μπορεί να είναι:

- μονοσήμαντα και ακριβή (αναμφισβήτητα) ή πολυσήμαντα και ανακριβή (αμφισβητήσιμα),
- συγκεκριμένα ή μη συγκεκριμένα,
- συνειδητά ή μη συνειδητά,
- δηλωτικά ή συνδηλωτικά.

Στη φυσική γλώσσα οι κώδικες είναι πολυσημικοί (π.χ. η λέξη «παιχνίδι» μπορεί να αναφέρεται σε ένα αντικείμενο ή σε μια πράξη). Σύμφωνα με αρκετούς σημειολόγους (Barthes, 1977; Noth, 1990), όλοι οι κώδικες είναι πολυσημικοί, δηλαδή έχουν δύο ή και περισσότερα επίπεδα νοήματος. Το πρώτο νόημα είναι σαφές και ορίζεται ως «δήλωση» του σήματος, ενώ το δεύτερο είναι το ασαφές και συχνά μη συνειδητό και ορίζεται ως «συνδήλωση» του σήματος (σύμφωνα με τη θεωρία του Hjelmlev, όπως αναφέρεται στον Noth, 1990). Οι επιστημονικές γλώσσες (π.χ. των μαθηματικών ή της χημείας) και οι σηματοδοτήσεις (π.χ. οι οδικές) θεωρούνται μονοσημικά συστήματα σήματος, με ελάχιστες πιθανότητες ύπαρξης συνδήλωσης.

Η εφαρμογή της πραγματολογίας στη χαρτογραφία προϋποθέτει την αναγνώριση της πολυεπίπεδης φύσης του χάρτη, την παραδοχή των πολλαπλών επιπέδων ερμηνείας των χαρτογραφικών συμβόλων αλλά και του χάρτη ως ολότητας. Η άποψη αυτή έχει τις ρίζες της στην απόρριψη της εφαρμογής των μοντέλων επικοινωνίας στη χαρτογραφία και την αμφισβήτηση της αντικειμενικότητας του χάρτη. Μία από τις χρήσιμες ιδέες που προέκυψαν από την ανάπτυξη των μοντέλων επικοινωνίας στη χαρτογραφία είναι άλλωστε και η συνειδητοποίηση των χαρτογράφων ότι δεν κατασκευάζουν απεικόνιση μιας αντικειμενικής πραγματικότητας αλλά μια έκφρασή της. Ο χρήστης επίσης αντιλαμβάνεται μια έκφραση της πραγματικότητας και, κατά πάσα πιθανότητα, όχι την ίδια με αυτήν του χαρτογράφου. Το βιβλίο «Πώς να ψεύδεις με τους χάρτες» (Monmonier, 1991), όπως και οι χάρτες προπαγάνδας των Γερμανών αλλά και των συμμάχων πριν και κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου (Keates, 1996; Hendrikson, 1975) αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αμφισβήτησης του μονοδιάστατου χαρακτήρα του χάρτη και αναγνώρισης της δυσκολίας συμφωνίας χαρτογράφου και χρήστη ως προς τις έννοιες των απεικονιζόμενων φαινομένων. Η ίδια αμφισβήτηση

εκφράζεται και από τους Harley (1989) και Wood (1992), οι οποίοι προτρέπουν δημιουργούς και χρήστες σε αναζήτηση διευρυνμένων προσεγγίσεων στους χάρτες.

Έχει βέβαια εκφραστεί και αντίθετη άποψη, με πιο ενδιαφέρουσα και τεκμηριωμένη αυτήν του Bertin, ο οποίος ισχυρίζεται πως οι χάρτες είναι μονοσημικά συστήματα, έχοντας μία-προς-μία σύνδεση μεταξύ των κατηγοριών των οχημάτων-σήματος και των κατηγοριών των αναφερομένων. Θεωρεί δε τα αφαιρετικά σύμβολα περισσότερο μονοσήμαντα από τα εικονογραφικά, πράγμα που έχει βάση, μιας και η απεικόνιση μιας άποψης του αναφερόμενου είναι ασαφής και αφήνει περιθώρια παρερμηνείας στον αποδέκτη, ως προς το ποια άποψη του αναφερόμενου αναπαρίσταται. Ίσως αυτός ο ισχυρισμός του Bertin να οφείλεται στη σπουδαιότητα που έδωσε στη «θέση» ως κυρίαρχη γραφική μεταβλητή. Φυσικά, πολλά σύμβολα στους χάρτες μοιάζουν καταρχήν συγκεκριμένα και μονοσήμαντα, όπως π.χ. το πλέγμα των γεωγραφικών συντεταγμένων (φ, λ). Όμως, ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση της ξεκάθαρης δήλωσης, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι η παραλληλία των γεωγραφικών μεσημβρινών (σε κάποιες προβολές, π.χ. στην ορθή Μερκατορική) συνδηλώνει ότι οι πόλοι της γης είναι ευθείες, αν ο χρήστης δεν γνωρίζει τις ιδιότητες των προβολών, ή τη σύγκριση τόπων ως προς τη θέση τους, ανατολικά ή δυτικά, σε κωνικές προβολές. Στην ίδια κατεύθυνση ο Umberto Eco (1985) σχολιάζοντας τον χάρτη του μετρό του Λονδίνου, λέει: «οι γραμμές απεικονίζουν τροχιές και τις διασταυρώσεις τους, αλλά συγχρόνως διαδρομές και διευθύνσεις. Ο χάρτης ως σύνολο μπορεί να είναι ένα σήμα για το σύστημα μεταφοράς. Σε ένα άλλο επίπεδο, μπορεί να είναι μια προσωπική εμπειρία που περιέχει τη χρήση του συστήματος...ως ολότητα μπορεί να λειτουργεί σαν ένα σήμα για την κοινωνική και οικονομική δομή του αστικού περιβάλλοντος, μια δομή που επιβάλλεται από τον έλεγχο της κίνησης και τις συνδέσεις μεταξύ τοποθεσιών.» (αναφέρεται στον MacEachren, 1995, σελ. 311).

Για να λειτουργήσει ο χάρτης, δεν αρκεί να γίνει αντιληπτή η πράσινη έκταση, αλλά θα πρέπει να αναγνωριστεί ως δάσος. Το αν το νόημα του δάσους είναι ίδιο για τον δημιουργό και τον χρήστη είναι ένα θέμα σημαντικό για τη λειτουργία του χάρτη, δύσκολο να αντιμετωπιστεί αλλά και δύσκολο να αγνοηθεί. Η λέξη (π.χ. δάσος), αν θεωρηθεί ως όχημα-σήματος ενός νοήματος, δηλαδή ενός ερμηνευόμενου, γίνεται η αφητηρία ανάλυσης, επομένως πολύ σωστά ο MacEachren (1995) χαρακτηρίζει την πραγματολογία του χάρτη ως λεκτική προσέγγιση της απεικόνισης, ενώ αποκαλεί τη σημασιολογία και τη σύνταξη λειτουργικές προσεγγίσεις. Φυσικά, μια λεκτική προσέγγιση εντάσσεται στο κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο το σύμπαν των λέξεων συνδέεται με το σύμπαν των νοημάτων. Στη λεκτική προσέγγιση παρεμβαίνει και ο διεθνής χαρακτήρας της χαρτογραφικής γλώσσας για να περιπλέξει την ανάλυση. Αναφέρθηκε παραπάνω ότι το δάσος ενδέχεται να διαφέρει ως έννοια για τον Έλληνα και τον Σουηδό χρήστη, όμως ο τουριστικός χάρτης απευθύνεται και στους δύο. Αυτός ο παράγοντας ερευνάται στο πλαίσιο της γλωσσολογικής προσέγγισης στις προσπάθειες τυποποίησης στις βάσεις δεδομένων (για διεθνείς εφαρμογές).

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο επιρροής των επιπέδων ερμηνείας του χάρτη αποτελούν και κάποιοι κανόνες κοινωνικής πρακτικής που εφαρμόζονται ως χαρτογραφικοί κανόνες (Harley, 1989). Ο Harley αναφέρεται (μεταξύ άλλων) σε κανόνες εθνοκεντρισμού που τηρούνται στην απεικόνιση. Πραγματικά, συχνά βλέπουμε χάρτες γειτονικών χωρών που έχουν εδαφικές διαφωνίες να απεικονίζουν στους χάρτες τις διαφωνίες τους. Σύμφωνα με τον Guigaud, οι συνδηλώσεις δίνονται στο σήμα από την κοινωνία και, επομένως, μπορεί να είναι «αθώες», μπορεί όμως και όχι. Επίσης, η συνδηλώση (ή οι συνδηλώσεις) που δίνουν οι ερμηνευτές στο όχημα-σήματος σε συγκεκριμένο πλαίσιο είναι συχνά δύσκολο ή και αδύνατο να προβλεφθεί από τον επινοητή του σήματος.

Συμπερασματικά, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι προσπάθειες των χαρτογράφων για τυποποίηση των χαρτογραφικών συμβόλων με βάση τη σημειωτική προσέγγιση έχουν δημιουργήσει ένα σύνολο εφαρμογών, προτάσεων, ιδεών για εφαρμογές στον σχεδιασμό των συμβόλων, αλλά και για περαιτέρω έρευνα. Από την όλη αναζήτηση έχουν προκύψει ισχυρά επιχειρήματα, που υποστηρίζουν την άποψη ότι οι χωρικές απεικονίσεις δεν είναι αναπαραστάσεις που απεικονίζουν τις θέσεις και τις χωρικές οντότητες αντικειμενικά και αναμφισβήτητα. Ο σχεδιασμός των συμβόλων μιας χωρικής απεικόνισης πραγματοποιείται σε ένα κοινωνικό πλαίσιο, εκφράζοντας την άποψη του δημιουργού της για τον χώρο και τις χωρικές οντότητες. Ως εκ τούτου, ο χαρτογραφικός συμβολισμός δεν αποτελεί ένα μονοσήμαντο σημειωτικό σύστημα, όπως κάποιες επιστημονικές γλώσσες. Από την άλλη πλευρά της ανάγνωσης, η ερμηνεία των χαρτογραφικών συμβόλων εξαρτάται από την προσωπικότητα του αναγνώστη και τη δική του σύλληψη για τον χώρο και τα όσα απεικονίζονται. Η ως τώρα μελέτη και έρευνα έχουν δείξει πως η σημειωτική προσέγγιση αποτελεί μια βάση για τον σχεδιασμό του χαρτογραφικού συμβολισμού, δίνοντας ιδέες για:

- την ανάλυση των χωρικών οντοτήτων, βασισμένη στις ιδιότητες και στις έννοιές τους,
- τους κανόνες σύνταξης στην επιλογή των συμβόλων και
- τις πιθανές ερμηνείες και παρερμηνείες από τον αναγνώστη.

Βιβλιογραφία

- Atkin, A. (2013). Peirce's Theory of Signs, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2013 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2013/entries/peirce-semiotics/>>
- Barthes, R. (1977). *Image-Music-Text*. Fontana Press, London, 217 pp.
- Brewer, C. A. (1992). Color Selection for Geographic Data. Analysis and Visualization. *GIS/LIS*, November 12, San Jose, CA.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, Madison, 432 pp. (French edition, 1967).
- Caivano, J. I. (1990). Visual texture as a semiotic system. *Semiotica*, 80(3/4), 239-252.
- Culler, J. (1976). *Saussure*. Glasgow: Harvester Press, 127 pp.
- Guiraud, P. (1975). *Semiology*. London: Routledge & Kegan Paul, 115 pp.
- DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 201-214.
- Eastman, J. R. (1986). Opponent process theory and syntax for qualitative relationships in quantitative series. *American Cartographer*, 13(4), 324-333.
- Eco, U. (1985). Producing signs. In M. Blonsky (Ed.), *On Signs*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 176-183.
- Harley, J. B., (1989). Deconstructing the map. *Cartographica*, 26(2), 1-20.
- Hendrikson, H. (1975). The map as an idea: the role of cartographic imagery during the second World War. *American Cartographer*, 2(1), 19-53.
- Hervey, S. (1982). *Semiotic Perspectives*. Allen and Unwin, London, 273 pp.
- Hsu, M. L. (1979). The cartographer's conceptual process and thematic symbolization. *The American Cartographer*, 6(2), 117-127.
- Jenks, G. E. (1967). *The data model concept in statistical mapping*. International Yearbook of Cartography, 7, 186-190.
- Kavouras, M., & Kokla, M. (2008). Semantic integration of heterogeneous geospatial information. In *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book* (pp. 321-328). CRC Press.
- Keates, J. S. (1982). *Understanding Maps* (1st ed.). Halsted Press, New York, 139 pp.
- Keates, J. S. (1996). *Understanding Maps* (2nd ed.). Longman, Essex, 334 pp.
- Knowlton, J. Q. (1966). On the definition of "picture". *AV Communication Review*, 14, 157 -183.
- Krygier, J. (1994). Sound and geographic visualization. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds.), *Visualization in Modern Cartography*. Elsevier, Oxford, UK, pp. 149-166.
- Lavin, S. (1986). Mapping continuous geographical distributions using dot-density shading. *American Cartographer*, 13(2), 140-150.
- MacEachren, A. M. (1994). Viewing time as a cartographic variable. In H. Hearnshaw & D. Urwin (Eds.), *Visualization in GIS*, Wiley, London, pp. 115-130.
- MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, New York, 513 pp.
- MacEachren, A. M., & DiBiase, D. W. (1991). Animated maps of aggregate data: Conceptual and practical problems. *Cartography and Geographic Information Systems*, 18(4), 221-229.

- Massel, L. V., & Kopeygorodsky, A. N. (2014). Semiotics: from metaontology to metasign. *12th World Congress of Semiotics. Sofia, 16-20 September*.
- Monmonier, M. (1991). *How to Lie with Maps*. University of Chicago Press, Chicago, 222 pp.
- Morris, C. W. (1971). Signs, language, and behavior. In C. Morris (Ed.), *Writings on the General Theory of Signs*. Mouton, The Hague, pp. 73-398. (Original paper published 1946).
- Morrison, J. I. (1974). A theoretical framework for cartographic generalization with emphasis on the process of symbolization. *International Yearbook of Cartography, 14*, 115-127.
- Noth, W. (1990). *Handbook of Semiotics*. Indiana University Press, Bloomington, 565 pp.
- Nyerges, T. L. (1991). Representing geographical meaning. In B. P. Battenfield & R. B. McMaster (Eds.), *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*. Longman, Essex, UK, pp. 59-85.
- Ogden, C. K., & Richards, I. A. (1923). *The Meaning of Meaning. A Study of the influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*. Harcourt, Brace & Co, New York, 361 pp.
- Peirce, C. S. (1985). Logic as semiotic: The theory of signs. In R. E. Innis (Ed.), *Semiotics: An Introductory Anthology*. Indiana University Press, Bloomington, pp. 4-23.
- Rader, C. P. (1989). *A Functional Model of Color in Cartographic Design* (Unpublished master's thesis). University of Washington, Seattle.
- Ratajski, L. (1971). The methodological basis of the standardization of signs on economic maps. *International Yearbook of Cartography, 11*, 137-159.
- Robinson, A. H., & Petchenik, B. B. (1976). *The Nature of Maps*. University of Chicago Press, Chicago, 138 pp.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (5th ed.). John Wiley and Sons, New York, 552 pp.
- Salitchchev K. A. (1983). Cartographic communication: A theoretical survey. In D. R. F. Taylor (Ed.), *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography, Volume 2, Progress in Contemporary Cartography*. Wiley, New York, pp. 11-36.
- Saussure, F. de (1986). *Cours de Linguistique Generale* (25th ed.) (C. Bally & A. Sechehaye, Eds.). Payot, Paris (original work published in 1916).
- Sebeok, T. A. (1976). Problems in the classification of signs. In T. Sebeok (Ed.), *Combinations to the Doctrine of Signs, Volume 5, Studies in Semiotics*. Indiana University Press, Bloomington, pp. 71-143.
- Schlichtmann, H. (1979). Codes in map communication. *Canadian Cartographer, 16*, 81-97.
- Schlichtmann, H. (1985). Characteristic traits of the semiotic system "map symbolism". *Cartographic Journal, 22*, 23-30.
- Slocum, T. A., & McMaster, R. B. (1986). Gray tone versus line plotter area symbols: A matching experiment. *American Cartographer, 13*(2), 151-164.
- Ucar, D. (1993). A semiological approach to typology of the map signs. *Proceedings of the 16th Conference of the International Cartographic Association, May 3-9, Cologne, Germany*, pp. 768-781.
- Vasconcellos, R. (1991). Knowing the Amazon through tactual graphics. *Proceedings of the 15th Conference of the International Cartographic Association, September 23-October 1, Bournemouth, UK*, pp. 206-210.
- Wood, D. (1992). *The Power of Maps*. Guilford Press, New York, 243 pp.

Κεφάλαιο 4

Σύνοψη

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των στατικών απεικονίσεων, αναλογικής και ψηφιακής μορφής, ενώ ταυτόχρονα αναλύονται οι βασικές διαφορές τους σε σύγκριση με άλλες μορφές απεικονίσεων. Περιγράφονται η λειτουργία, η αποτελεσματικότητα και η σύνδεση των βασικών εργαλείων του χαρτογραφικού συμβολισμού (οπτικών μεταβλητών) με συγκεκριμένα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης και δίνονται παραδείγματα για την απόδοση ποσοτικών και ποιοτικών διαφοροποιήσεων μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων. Αναφέρονται τα βασικά κριτήρια για την ταξινόμηση των στατικών χαρτών και οι εφαρμογές τους σε διαφορετικούς επαγγελματικούς και επιστημονικούς τομείς. Τέλος, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της ποικιλομορφίας των στατικών χαρτογραφικών απεικονίσεων, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα στατικών χαρτών διαφορετικών κατηγοριών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Γεωμετρικά πρότυπα και ιεράρχηση χωρικών οντοτήτων.

4 Στατικοί χάρτες

Σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε στο Στρατηγικό Πλάνο της περιόδου 2003-2011 της Διεθνούς Χαρτογραφικής Ένωσης (International Cartographic Association - ICA), ο χάρτης αποτελεί «μία συμβολική αναπαράσταση της γεωγραφικής πραγματικότητας, η οποία αναπαριστά επιλεγμένα (γεωγραφικά) στοιχεία και χαρακτηριστικά, προκύπτει από τη δημιουργική προσπάθεια και τις αντίστοιχες επιλογές του δημιουργού του, ενώ σχεδιάζεται ώστε να αξιοποιηθεί στις περιπτώσεις που οι χωρικές σχέσεις είναι πρωταρχικής σημασίας» (ICA, σελ. 17). Η Διεθνής Χαρτογραφική Ένωση ορίζει επίσης τη χαρτογραφία ως «την τέχνη, την επιστήμη και την τεχνολογία που συνδέεται με τη δημιουργία και την αξιοποίηση χαρτών» (ICA, σελ. 17). Αντιστοίχως, ένας πιο εκτεταμένος ορισμός που δίνεται αναφέρει ότι η χαρτογραφία αποτελεί «τη μοναδική δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης οπτικών ή εικονικών αναπαραστάσεων του γεωχώρου (των χαρτών) η οποία επιτρέπει την εξερεύνηση, την ανάλυση, την κατανόηση και την επικοινωνία πληροφοριών που σχετίζονται με τον χώρο» (ICA, σελ. 17).

Ξεκινώντας από τους προαναφερόμενους ορισμούς, μπορούμε αρχικά να σημειώσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά που διέπουν τόσο τη δημιουργία όσο και τη λειτουργία μιας χωρικής απεικόνισης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οποιαδήποτε μορφή χάρτη αποτελεί μια αφαιρετική απεικόνιση του χώρου. Η έννοια της αφαιρετικότητας συνδέεται άμεσα με το γεγονός ότι ένας χάρτης αποσκοπεί στη μεταφορά ενός υποσύνολου του υπαρκτού κόσμου στον χώρο της απεικόνισης. Το υποσύνολο αυτό εξαρτάται κυρίως από τον βασικό σκοπό που θέλει να εξυπηρετήσει ο χάρτης, το κοινό στο οποίο απευθύνεται, ενώ, σε κάποιες περιπτώσεις, επηρεάζεται και από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, η επιλογή των χωρικών οντοτήτων που θα απεικονιστούν και αυτών που θα παραλειφθούν έχει σε μεγάλο βαθμό και υποκειμενικό χαρακτήρα, μιας και τις περισσότερες φορές αποτελεί προσωπική επιλογή του δημιουργού του χάρτη. Σε κάποιες γενικές σειρές χαρτών, όπως είναι οι τοπογραφικοί, οι χάρτες πλοήγησης, οι αεροναυτικοί και ναυτικοί χάρτες, όπως και σε κάποιες σειρές θεματικών χαρτών, όπως είναι οι γεωλογικοί χάρτες, έχει έμπρακτα προσδιοριστεί και καθιερωθεί το περιεχόμενό τους, όμως σε όλους τους άλλους χάρτες η επιλογή γίνεται κατά περίπτωση και, δυστυχώς, πολύ συχνά ο δημιουργός του χάρτη δεν είναι σε θέση να ξέρει τις γνώσεις, τις εμπειρίες και τις απαιτήσεις του αναγνώστη.

Η κλίμακα του χάρτη δηλώνει, υπό μορφή αναλογίας, το επίπεδο της αφαίρεσης που έχει υποστεί ο πραγματικός χώρος, ώστε να είναι δυνατή η απεικόνισή του στο (πεπερασμένων διαστάσεων) επίπεδο της απεικόνισης. Η διαδικασία της αφαίρεσης που υλοποιείται κατά τη δημιουργία μιας χωρικής απεικόνισης θα πρέπει να ακολουθεί κάποιους αντικειμενικούς κανόνες, ώστε η απόδοση να είναι αφενός κατανοητή, αφετέρου δε αντιπροσωπευτική του γεωγραφικού χώρου που απεικονίζεται, σε σχέση με τον στόχο της απεικόνισης. Βέβαια, η αναγνώριση του χώρου και των στοιχείων του μέσω μιας χωρικής απεικόνισης εξαρτάται άμεσα από τις γνώσεις και την εξοικείωση του αναγνώστη με τους χάρτες, όπως και από την κατανόηση κάποιων (κοινώς αποδεκτών) συμβάσεων. Για παράδειγμα, η απεικόνιση του πλέγματος των μεσημβρινών και παραλλήλων

απαιτεί ήδη υπάρχουσα γνώση και η αξιοποίηση της μπλε απόχρωσης που δηλώνει την ύπαρξη υδάτινων στοιχείων, επιτρέποντας την άμεση σύνδεση των στοιχείων της χωρικής απεικόνισης με αντίστοιχες γεωγραφικές οντότητες του πραγματικού κόσμου, αποτελεί μια σύμβαση.

Η διαδικασία της μετάβασης από τον υπαρκτό κόσμο στον χώρο της απεικόνισης υλοποιείται μέσω της εφαρμογής κλασικών κανόνων και μεταβλητών της χαρτογραφικής γενίκευσης και, πιο ειδικά, του χαρτογραφικού συμβολισμού. Συγκεκριμένα, η επιλογή των χαρτογραφικών συμβόλων εξυπηρετεί την αναπαράσταση τόσο των θέσεων όσο και των αντίστοιχων χαρακτηριστικών των γεωγραφικών οντοτήτων. Έτσι, η διαφοροποίηση μιας χαρτογραφικής απεικόνισης σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη μορφή χωρικής απεικόνισης (π.χ. φωτογραφία ενός τοπίου, αεροφωτογραφία, δορυφορική εικόνα κτλ.) έγκειται αφενός στην αφαίρεση, για λόγους οικονομίας χώρου, χωρικών οντοτήτων, αφετέρου δε στην απεικόνιση μέσω (γραφικών) συμβόλων των οντοτήτων των οποίων η ένταξη κρίνεται απαραίτητη στο περιεχόμενο του χάρτη. Τα χαρτογραφικά σύμβολα αποτελούν το κύριο αποτέλεσμα μιας αφαιρετικής διαδικασίας, η οποία υλοποιείται από τον δημιουργό του χάρτη, με σκοπό την απόδοση ενός μέρους της φυσικής πραγματικότητας (Edsall et al., 2009). Ωστόσο, γίνεται προφανές ότι η διαδικασία της αφαίρεσης βασίζεται στην αντίληψη του χαρτογράφου για το τμήμα της φυσικής πραγματικότητας το οποίο αποδίδεται στο επίπεδο του χάρτη. Αυτή η αφαίρεση αποτελεί με τη σειρά της μια διαδικασία «επιλογής», η οποία έχει ως κύριο σκοπό να καθορίσει τα στοιχεία του πραγματικού κόσμου, τα οποία μεταφέρονται στη χαρτογραφική απεικόνιση.

Μια χωρική απεικόνιση μπορεί να χαρακτηριστεί ως «στατικός χάρτης» όταν ο χαρτογραφικός συμβολισμός που έχει επιλεγεί στο στάδιο του σχεδιασμού παραμένει αναλλοίωτος κατά τη διάρκεια αξιοποίησης της εν λόγω απεικόνισης. Συνεπώς, η συνολική «γραφική» εικόνα ενός στατικού χάρτη παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της ανάγνωσής του. Για παράδειγμα, ένας κλασικός έντυπος τουριστικός χάρτης ο οποίος απευθύνεται στον επισκέπτη μιας περιοχής και απεικονίζει τα υποτιθέμενα γι' αυτόν σημεία ενδιαφέροντος της περιοχής έχει στατική μορφή. Αντίθετα, ένας χάρτης ο οποίος υποδεικνύει τη (συνεχώς μεταβαλλόμενη) θέση ενός κινούμενου οχήματος σε ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο (σε ένα σύστημα πλοήγησης) χαρακτηρίζεται αντιστοίχως από συνεχή μεταβολή των γραφικών στοιχείων (συμβόλων) του. Η συγκεκριμένη απεικόνιση χαρακτηρίζεται «χάρτης κινούμενης εικόνας» και δημιουργείται αξιοποιώντας, στη φάση του σχεδιασμού, επιπλέον οπτικές μεταβλητές, οι οποίες αποσκοπούν στην περιγραφή του τρόπου με τον οποίο συμβαίνουν οι αλλαγές (βλ. Κεφ. 5).

Η μορφή ενός στατικού χάρτη μπορεί να έχει αναλογικό ή ψηφιακό χαρακτήρα. Ένας αναλογικός χάρτης συνήθως τυπώνεται σε χαρτί. Ωστόσο, σε ειδικές περιπτώσεις, όταν επιβάλλεται από τις αντίστοιχες συνθήκες χρήσης του, ένας στατικός αναλογικός χάρτης μπορεί να τυπωθεί και σε μεταλλική ή γυάλινη επιφάνεια. Για παράδειγμα, ένας χάρτης ο οποίος υπάρχει στον εξωτερικό χώρο μιας αρχαιολογικής περιοχής δεν είναι δυνατόν να τυπωθεί σε μία χαρτινή επιφάνεια. Όμως, ένας στατικός χάρτης ενδέχεται να έχει αποκλειστικά ψηφιακή μορφή. Στην περίπτωση αυτή, το μέσο απόδοσης που αξιοποιείται θα πρέπει να περιλαμβάνει μια ψηφιακή οθόνη (π.χ. Η/Υ, έξυπνο κινητό τηλέφωνο κτλ.). Σε κάθε περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές μορφές που μπορεί να έχει ένας στατικός χάρτης, η διαδικασία του σχεδιασμού και της χαρτογραφικής σύνθεσης πρέπει να οδηγεί σε ένα προϊόν προσαρμόσιμο στις αντίστοιχες απαιτήσεις του μέσου απόδοσης.

Οι συγκεκριμένες διαστάσεις ενός στατικού χάρτη προσδιορίζουν και την κλίμακά του, η οποία με τη σειρά της θέτει όρια και στην ποσότητα των πληροφοριών που μπορούν να απεικονιστούν. Η επιλογή της κλίμακας απόδοσης βασίζεται σε στοιχεία που συνδέονται με την οπτική αντίληψη των χωρικών οντοτήτων που αποδίδονται (βλ. Κεφ. 8). Ο απλούστερος κανόνας που εφαρμόζεται είναι η αντιστοίχιση της ελάχιστης αποδιδόμενης απόστασης μεταξύ δύο διακριτών σημείων του χάρτη με μία αντιπροσωπευτική τιμή διακριτικής ικανότητας. Η τιμή αυτή υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη μια μέση απόσταση (~50-70 cm) ανάγνωσης χάρτη. Μια κλασική αντιπροσωπευτική τιμή που αξιοποιείται αντιστοιχεί σε 0.25 mm. Έτσι, για παράδειγμα, η κατασκευή ενός τοπογραφικού χάρτη συγκεκριμένης κλίμακας βασίζεται στην αποτύπωση και κατ' επέκταση στην απόδοση σημείων του εδάφους τα οποία έχουν ως ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση την τιμή της διακριτικής ικανότητας μεταφρασμένη στο έδαφος. Σαν παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί η κατασκευή ενός τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:200. Αν λάβουμε υπόψη μας την τιμή 0.25 mm που αντιστοιχεί στη διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου οφθαλμού, η ελάχιστη απόσταση που μπορεί να αποδοθεί αντιστοιχεί σε 5 cm. Βέβαια, γίνεται κατανοητό ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση περιλαμβάνει κάποιες παραδοχές. Συγκεκριμένα, θεωρεί ότι η απόσταση ανάγνωσης είναι ομοιόμορφη και ταυτόχρονα ότι τα αντίστοιχα όρια οπτικής αντίληψης

και διαχωρισμού γραφικών αντικειμένων διαφορετικής φύσης (σημείων, γραμμών, επιφανειών) αντιστοιχούν σε μια ενιαία τιμή (Robinson et al., 1995).

Η επιλογή μιας συγκεκριμένης κλίμακας για την απόδοση των γεωγραφικών στοιχείων του χώρου οδηγεί αυτομάτως σε συγκεκριμένο επίπεδο «γενίκευσης» του στατικού χαρτογραφικού προϊόντος. Η έννοια της γενίκευσης ενός χάρτη μπορεί να υλοποιείται σε επίπεδο μοντέλου (Κάβουρας, 2004) ή να συνδέεται άμεσα με τη διαδικασία της χαρτογραφικής απόδοσης. Στην πρώτη περίπτωση, η γενίκευση σχετίζεται με την επιλογή των αντίστοιχων λεπτομερειών της γεωγραφικής πληροφορίας με σκοπό την προσαρμογή της σε συγκεκριμένα επίπεδα εννοιολογικού σχεδιασμού. Ο βασικός σκοπός αυτής της διαδικασίας εντάσσεται στη βελτιστοποίηση του επιπέδου της πληροφορίας που μεταφέρεται, όταν ο χάρτης αντιμετωπίζεται ως σύστημα πληροφοριών. Αντίστοιχα, στη δεύτερη περίπτωση, η έννοια της γενίκευσης αναφέρεται στη χαρτογραφική προσέγγιση η οποία συνδέεται με την οπτικοποίηση των αντίστοιχων χαρτογραφικών δεδομένων. Η διαδικασία της χαρτογραφικής γενίκευσης βασίζεται στην εφαρμογή συγκεκριμένων γεωμετρικών τελεστών, αυτών της απλοποίησης, εξομάλυνσης, συγχώνευσης, μετάπτωσης, εκλέπτυνσης, μεγέθυνσης, ενίσχυσης και μετάθεσης. Οι γεωμετρικοί τελεστές της χαρτογραφικής γενίκευσης αναπτύχθηκαν αρχικά ως ψηφιακές προσεγγίσεις που είχαν ως σκοπό την προσομοίωση χειροκίνητων διαδικασιών, ενώ σήμερα αποτελούν αναλυτικές μεθόδους (Νάκος, 2015; 2021). Τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη προσέγγιση, η έννοια της γενίκευσης συνδέεται με μια αφαιρετική διαδικασία μετάβασης από δεδομένα μεγαλύτερης χωρικής ανάλυσης σε αντίστοιχα δεδομένα με μικρότερη χωρική ακρίβεια.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να αναφέρουμε ότι ένας στατικός χάρτης αποτελεί μια αφαιρετική απεικόνιση συγκεκριμένης κλίμακας και επιπέδου γενίκευσης, που αποσκοπεί στη συμβολική αναπαράσταση ενός μέρους του υπαρκτού κόσμου μέσω αναλογικών ή ψηφιακών μέσων απόδοσης. Οι μεταβλητές και οι αντίστοιχοι κανόνες που εφαρμόζονται στον χαρτογραφικό συμβολισμό αποτελούν τον πυρήνα της χαρτογραφικής γλώσσας.

4.1 Οι οπτικές μεταβλητές του χαρτογραφικού συμβολισμού

Οι οπτικές μεταβλητές (Bertin 1967/83) του χαρτογραφικού συμβολισμού αποτελούν τα δομικά στοιχεία της χαρτογραφικής γλώσσας. Η λειτουργία τους μπορεί να παρομοιαστεί με αυτή των γραμμάτων στη φυσική γλώσσα. Διαφορετικοί συνδυασμοί γραμμάτων συνθέτουν διαφορετικές λέξεις και κατ' επέκταση προτάσεις. Κατά αντιστοιχία, διαφορετικοί συνδυασμοί οπτικών μεταβλητών μπορούν να αποδώσουν διαφορετικά χαρακτηριστικά γεωγραφικών οντοτήτων. Όπως ένα κείμενο σε φυσική γλώσσα μπορεί να συνδεθεί (νοητικά) με διαφορετικά νοήματα, έτσι και οι χωρικές απεικονίσεις έχουν ως σκοπό να μεταφέρουν αντίστοιχα μηνύματα (βλ. Κεφ. 3) . Ωστόσο, γίνεται άμεσα προφανές ότι η αποδοτικότητα και η αποτελεσματικότητα των χαρτών (ως προς τη μεταφορά των αντίστοιχων μηνυμάτων) συνδέονται με τις επιλογές που έχουν γίνει στο στάδιο του χαρτογραφικού συμβολισμού. Μια «βέλτιστη» χωρική απεικόνιση πρέπει να έχει ως πρωταρχικό σκοπό να μεταφέρει με ορθότητα και με ταχύτητα το μήνυμα για το οποίο έχει σχεδιαστεί. Για να επιτευχθεί αυτό, χαρτογραφικές μελέτες και, συγκεκριμένα, έρευνες στο πεδίο της ανάγνωσης και αντίληψης χάρτη διερευνούν με πειραματικές μεθόδους (βλ. Κεφ. 10 & 11) τη λειτουργία των οπτικών μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού κάτω από διαφορετικές συνθήκες (Montello, 2002; Roth et al., 2017; Krassanakis & Cybulski, 2019).

Ο Bertin (1967/83) εισάγει την έννοια των οπτικών μεταβλητών ως γραφικών εργαλείων που αξιοποιούνται στην απόδοση της θέσης και των διαφοροποιήσεων μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων οι οποίες οπτικοποιούνται μέσω μιας χωρικής απεικόνισης. Συγκεκριμένα, στην ανάλυσή του, ταξινομεί τις οπτικές μεταβλητές σε δύο βασικές κατηγορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν τις «επίπεδες» και τις «αμφιβληστροειδείς» μεταβλητές. Οι επίπεδες μεταβλητές αναφέρονται στη θέση (τοποθεσία) ως ιδιότητα η οποία είναι εγγενής σε κάθε μεταβλητή που αναπαριστά γεωγραφικά φαινόμενα ή οντότητες. Στις αμφιβληστροειδείς οπτικές μεταβλητές εντάσσονται το μέγεθος, το σχήμα, η ένταση, η απόχρωση, ο προσανατολισμός και η υφή, δηλαδή οι γραφικές μεταβλητές, η διαφοροποίηση των οποίων γίνεται αντιληπτή από τους οφθαλμούς. Οι οπτικές μεταβλητές μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις βασικές κατηγορίες συμβόλων (σημειακά, γραμμικά, και επιφανειακά). Παρ' όλα αυτά, δεν φαίνεται να είναι όλες οι οπτικές μεταβλητές κατάλληλες στην απόδοση ποιοτικών, ποσοτικών ή διαφοροποιήσεων τάξης.

Η θέση (τοποθεσία) αποτελεί μια αναπόσπαστη ιδιότητα κατά την εφαρμογή οποιασδήποτε οπτικής μεταβλητής του χαρτογραφικού συμβολισμού. Με δεδομένο το γεγονός ότι ο βασικός σκοπός των

αμφιβληστροειδών μεταβλητών είναι η απόδοση στοιχείων του χώρου, καθεμία από αυτές εφαρμόζεται σε μια συγκεκριμένη θέση της απεικόνισης, η οποία με τη σειρά της αντιστοιχεί σε μια πραγματική γεωγραφική θέση στον χώρο.

Το μέγεθος μπορεί να αξιοποιηθεί για την απόδοση ποσοτικών διαφοροποιήσεων ή φαινομένων που ταξινομούνται στην κλίμακα τάξης και αναφέρονται σε πρωτογενή δεδομένα (δηλαδή σε δεδομένα που συλλέγονται «απευθείας» και δεν αποτελούν αποτέλεσμα στατιστικής ή άλλης μορφής επεξεργασίας). Για παράδειγμα, το μέγεθος ενός κυκλικού σημειακού συμβόλου μπορεί να αξιοποιηθεί για να υποδείξει τα αντίστοιχα διαφορετικά μεγέθη πληθυσμού ανά διοικητική διαίρεση για το σύνολο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, το μέγεθος εκφράζεται σαν το αντίστοιχο εμβαδόν των κυκλικών συμβόλων. Το μέγεθος μπορεί να αξιοποιηθεί και υπό τη μορφή πάχους ενός γραμμικού συμβόλου. Για παράδειγμα, η αναπαράσταση διαφορετικών κατηγοριών ενός οδικού δικτύου (κλίμακα τάξης) μπορεί να υλοποιηθεί μέσω γραμμών διακριτού πάχους. Η μεταβλητή του μεγέθους μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και σε επιφανειακά σύμβολα, υπό τη μορφή διαφορετικών μεγεθών συμβόλων που συνθέτουν ένα συγκεκριμένο μοτίβο.

Το σχήμα αναφέρεται στη μορφή ενός συμβόλου και μπορεί να εφαρμοστεί στην απόδοση ποιοτικών διαφοροποιήσεων μεταξύ των χαρτογραφούμενων γεωγραφικών οντοτήτων. Όσον αφορά τα σημειακά σύμβολα, το αντίστοιχο σχήμα ενδέχεται να αντιστοιχεί σε κλασικά γεωμετρικά (αφαιρετικά) πρότυπα ή σε εικονογραφικά σύμβολα. Για παράδειγμα, ένας τουριστικός χάρτης συνήθως αποδίδει σημεία ενδιαφέροντος μέσω εικονογραφικών συμβόλων, δηλαδή συμβόλων που μοιάζουν με τις αντίστοιχες γεωγραφικές οντότητες. Γραμμικά σύμβολα μπορούν επίσης να αποδοθούν με σύμβολα διαφορετικού σχήματος. Για παράδειγμα, η υλοποιημένη γραμμή ενός σιδηροδρομικού δικτύου μπορεί να αποδίδεται με μία συνεχή γραμμή, ενώ αντίστοιχα μια μελλοντική προέκτασή της με διακεκομμένη γραμμή (ίδιας απόχρωσης). Το σχήμα μπορεί να εφαρμοστεί και σε επιφανειακά σύμβολα, παραμετροποιώντας τα αντίστοιχα σύμβολα σημειακών συμβόλων που συνθέτουν τα αντίστοιχα μοτίβα των επιφανειών.

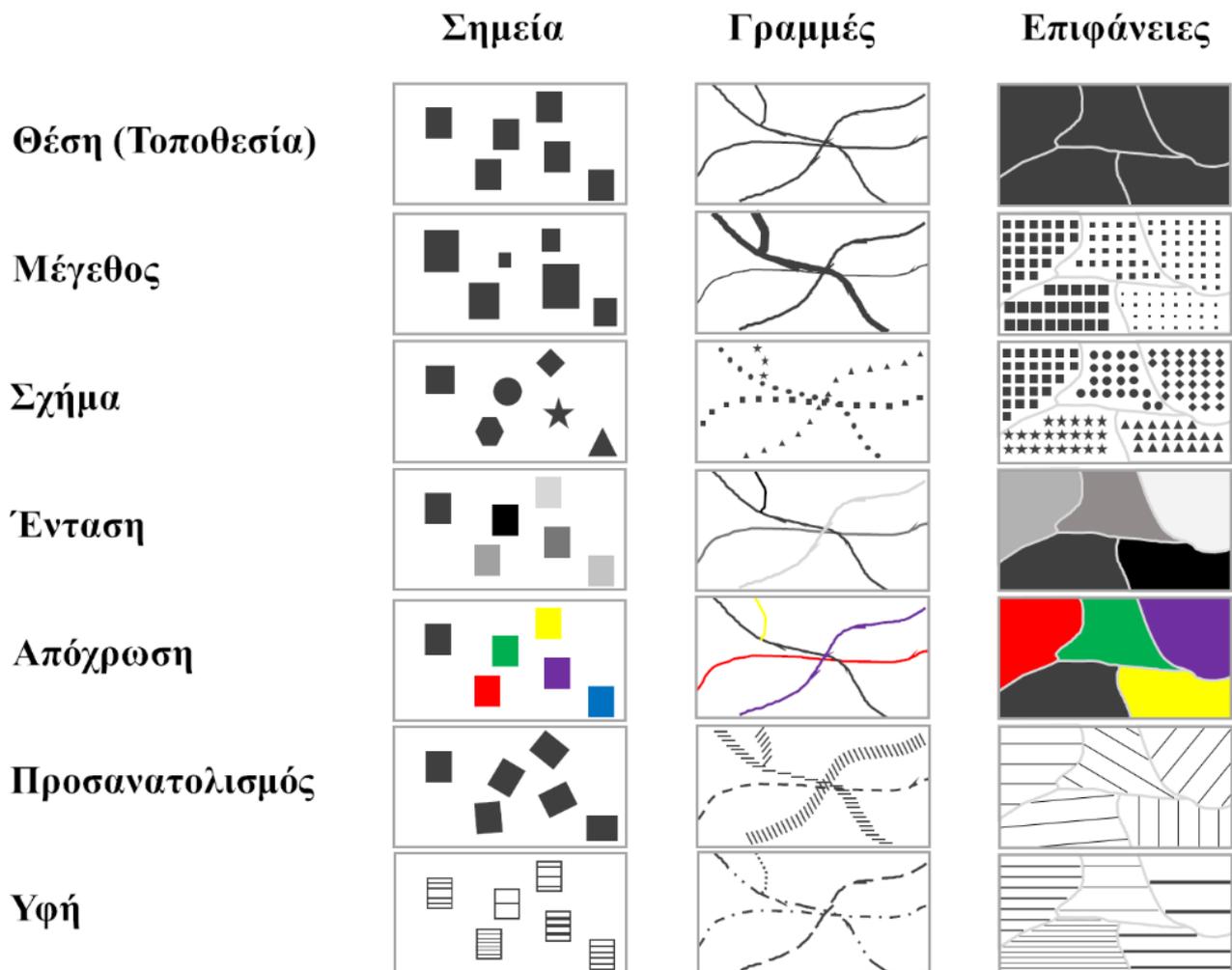
Η ένταση αποτελεί μία από τις τρεις βασικές συνιστώσες του χρώματος (η απόχρωση και ο κορεσμός συνιστούν τις άλλες δύο), ενώ αξιοποιείται ως μεταβλητή για να υποδείξει ποσοτικές διαφοροποιήσεις ή διαφοροποιήσεις που εντάσσονται στην κλίμακα τάξης. Για μια δεδομένη απόχρωση, διαφορετικά επίπεδα έντασης δηλώνουν τη σχέση της συγκεκριμένης απόχρωσης με το λευκό. Συγκεκριμένα, μηδενικό επίπεδο έντασης αντιστοιχεί στο λευκό χρώμα για όλες τις αποχρώσεις. Σε σημειακά, γραμμικά ή επιφανειακά σύμβολα, μεγαλύτερες τιμές έντασης (από το 0 στο 100%) αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες ποσοτικές τιμές φαινομένων ή σε τάξεις που δηλώνουν υψηλότερες κατηγορίες (για παράδειγμα μεγάλη και μικρή πόλη). Μεταξύ άλλων, η ένταση αποτελεί τη βασική οπτική μεταβλητή η οποία εφαρμόζεται για τη δημιουργία της χωροπληθούς απεικόνισης. Ένας χωροπληθής χάρτης αξιοποιείται με σκοπό την απόδοση δευτερογενών (παράγωγων) μεγεθών (π.χ. πυκνότητα πληθυσμού), καθώς γίνεται η παραδοχή ότι η κατανομή του απεικονιζόμενου φαινομένου είναι ενιαία στο εκάστοτε σύνολο των αντίστοιχων επιφανειακών ενοτήτων που συνθέτουν τη συνολική περιοχή απόδοσης (βλ. παρ. 4.3).

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η απόχρωση αποτελεί μία από τις βασικές συνιστώσες του χρώματος. Η συγκεκριμένη συνιστώσα αντιστοιχεί σε αυτό που ονομάζουμε στην καθημιλουμένη «χρώμα» (π.χ. μπλε, κόκκινο, πράσινο κτλ.). Για τον λόγο αυτό, πολλές φορές δημιουργείται κάποια σύγχυση μεταξύ των δύο όρων. Η απόχρωση μπορεί να αξιοποιηθεί για να υποδείξει ποιοτικές διαφορές μεταξύ των χωρικών δεδομένων. Για παράδειγμα, ένας χάρτης που αποσκοπεί στην απόδοση διαφορετικών χρήσεων γης μιας περιοχής μπορεί να βασιστεί στην επιλογή διαφορετικών αποχρώσεων για τα αντίστοιχα επιφανειακά σύμβολα. Η ίδια προσέγγιση μπορεί να ακολουθηθεί για την υπόδειξη ποιοτικών διαφορών σε σημειακά και σε γραμμικά σύμβολα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάποιες μελέτες (κυρίως σε φυσικές επιστήμες), η απόχρωση αξιοποιείται ώστε να υποδείξει ποσοτικές διαφορές ή διαφορές κλίμακας τάξης, ακολουθώντας την αντίστοιχη σειρά του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια ιεραρχία (λόγω της αντίστοιχης σειράς) και αρκετοί χαρτογράφοι έχουν χρησιμοποιήσει τη σειρά του φάσματος για τον συμβολισμό ποσοτικών δεδομένων, σήμερα η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν θεωρείται πάντα κοινώς αποδεκτή χαρτογραφικά.

Ο προσανατολισμός αποτελεί μια οπτική μεταβλητή η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε σημειακά σύμβολα παραμετροποιώντας τον αντίστοιχο προσανατολισμό των σημειακών συμβόλων. Αντιστοίχως, τόσο στην περίπτωση των γραμμικών συμβόλων όσο και των επιφανειακών, ο προσανατολισμός αντιστοιχεί στα επιμέρους σύμβολα τα οποία συνθέτουν τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, μια διακεκομμένη γραμμή δημιουργείται από πολλά ευθύγραμμα τμήματα. Στην περίπτωση των επιφανειακών συμβόλων, αλλαγές του

προσανατολισμού εκφράζονται μέσω αντίστοιχων αλλαγών στα επιμέρους σύμβολα που συνθέτουν ένα μοτίβο. Ο προσανατολισμός μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να υποδείξει ποιοτικές μεταβολές μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων. Ωστόσο, σε συνδυασμό με το μέγεθος, η ίδια μεταβλητή μπορεί να εφαρμοστεί και σε ποσοτικά δεδομένα ή δεδομένα που ανήκουν στην κλίμακα τάξης (π.χ. σε μία απεικόνιση η οποία αποδίδει κατευθύνσεις ανέμων).

Η οπτική μεταβλητή της υφής αναφέρεται στο σύνολο των στοιχείων που συνθέτουν ένα σύμβολο. Η υφή στην ουσία δημιουργεί σύνολα μοτίβων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε να αναδείξουν διαφορές μεταξύ επιφανειακών γεωγραφικών οντοτήτων που ταξινομούνται κυρίως στην ονομαστική κλίμακα. Ταυτόχρονα, η υφή μπορεί να εφαρμοστεί ώστε να αποδοθούν ποσοτικές διαφορές ή διαφορές στην κλίμακα τάξης. Στην Εικόνα 4.1. παρουσιάζονται κατάλληλοι τρόποι χρήσης των προαναφερθεισών οπτικών μεταβλητών για την απόδοση (ποιοτικών και ποσοτικών) μεταβολών σε χωρικές οντότητες (σημεία, γραμμές και επιφάνειες), οι οποίες αναπαρίστανται από σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά χαρτογραφικά σύμβολα.

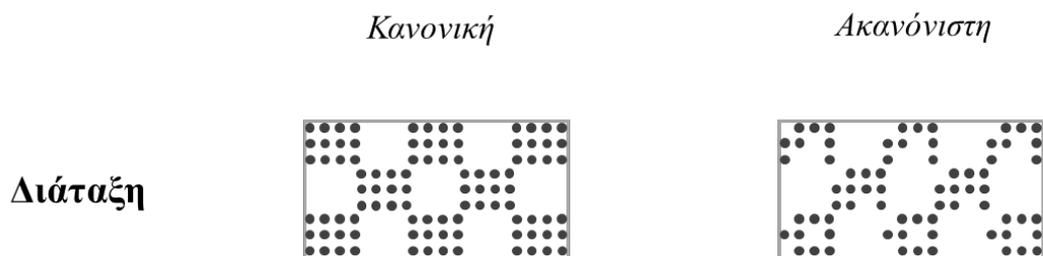


Εικόνα 4.1 Απόδοση μεταβολών (ποιοτικών και ποσοτικών) σε χωρικές οντότητες (σημεία, γραμμές και επιφάνειες), οι οποίες αναπαρίστανται από σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά χαρτογραφικά σύμβολα, μέσω των αντίστοιχων, κατάλληλα προσαρμοσμένων, οπτικών μεταβλητών.

Η θέση, το μέγεθος, το σχήμα, η ένταση, η απόχρωση, ο προσανατολισμός και η υφή αποτελούν τις θεμελιώδεις οπτικές μεταβλητές για τη δημιουργία στατικών χαρτών. Ταυτόχρονα, λειτουργούν επικουρικά στην αξιοποίηση επιπρόσθετων μεταβλητών (δυναμικών και ηχητικών/ακουστικών) για τη δημιουργία ψηφιακών μορφών απεικονίσεων, οι οποίες χαρακτηρίζονται από κίνηση ή/και αξιοποιούν ήχους για την απόδοση των χωρικών οντοτήτων (βλ. Κεφ. 5 & 6). Ωστόσο, με την άνοδο (ή ίσως την επικράτηση) των ψηφιακών μέσων και τεχνολογιών, η λίστα των οπτικών μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού έχει επεκταθεί (MacEachren, 1995; Slocum et al., 2009). Αναμφίβολα, προς την κατεύθυνση αυτή συνέβαλε το γεγονός ότι η

διαδικασία του σχεδιασμού έγινε ευκολότερη λόγω των ψηφιακών μέσων σχεδίασης, οι οποίες προσφέρουν εκτεταμένες δυνατότητες παραμετροποίησης γραφικών στοιχείων. Ταυτόχρονα, λαμβάνοντας υπόψη ότι η απόδοση των χωρικών οντοτήτων συνδέεται με μια αβεβαιότητα ως προς τη χωρική ακρίβεια, εισάγονται νέες μεταβλητές, οι οποίες (ταυτόχρονα με τις άλλες ιδιότητες) εμφανίζονται ικανές να ενισχύσουν μια χωρική απεικόνιση με τη σχετική πληροφορία. Στην εμπλουτισμένη λίστα των οπτικών μεταβλητών εντάσσονται οι μεταβλητές της διάταξης (arrangement), της διαφάνειας (transparency), της οξύτητας (crispness) και της ανάλυσης (resolution) (White, 2017).

Η μεταβλητή της διάταξης αναφέρεται στην κατανομή των αντίστοιχων «σημαδιών» (marks) που συνθέτουν ένα επιφανειακό χαρτογραφικό σύμβολο (White, 2017). Στην ουσία, μαζί με την οπτική μεταβλητή της υφής, μπορούμε να πούμε ότι οι δύο μεταβλητές αξιοποιούνται για τη δημιουργία μοτίβων (White, 2017). Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μοτίβο μπορεί να ακολουθεί μια κανονική ή μη κανονική διάταξη (Εικόνα 4.2), ενώ ταυτόχρονα ενδέχεται να έχει μιμητικό ή όχι χαρακτήρα. Για παράδειγμα, ένα μοτίβο το οποίο αξιοποιείται για την απόδοση ενός δάσους μπορεί να συντίθεται από πολλά σύμβολα δέντρων ή από αφαιρετικά σύμβολα (Εικόνα 4.3). Η μεταβλητή της διάταξης μπορεί να αξιοποιηθεί κυρίως για την απεικόνιση χωρικών οντοτήτων που αποδίδονται με επιφανειακά σύμβολα και εντάσσονται στην ονομαστική κλίμακα.

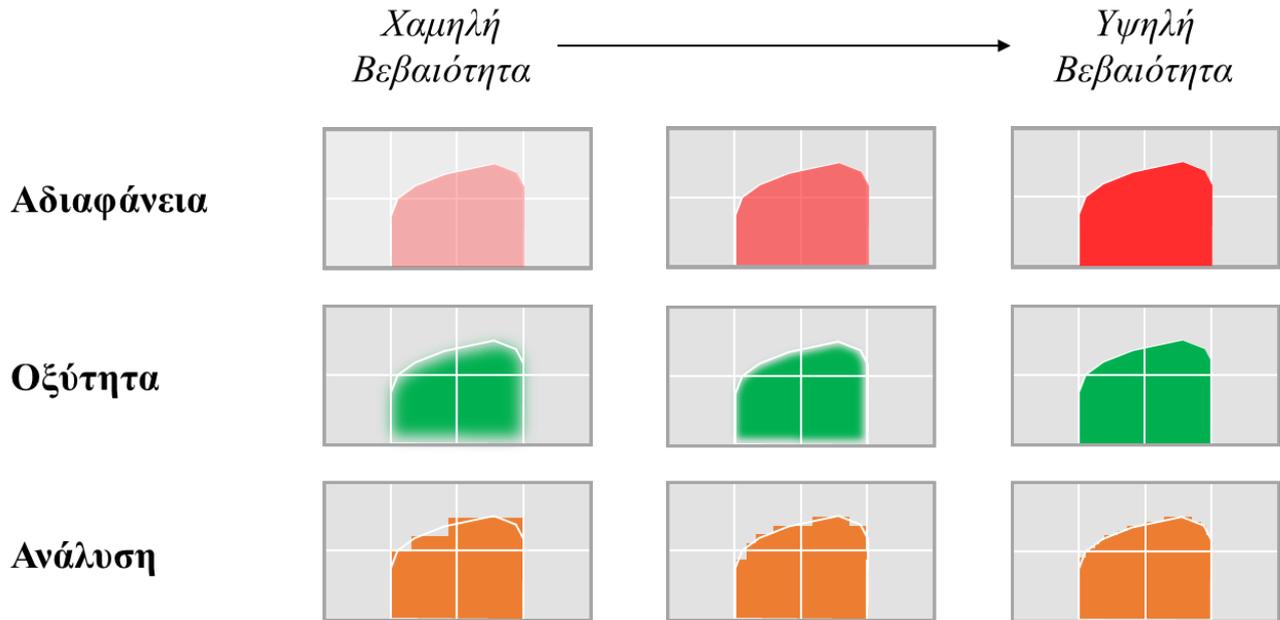


Εικόνα 4.2 Μεταβλητή της διάταξης: απόδοση ενός μοτίβου επιφανειακού συμβόλου και με μη κανονική (ακανόνιστη) διάταξη.



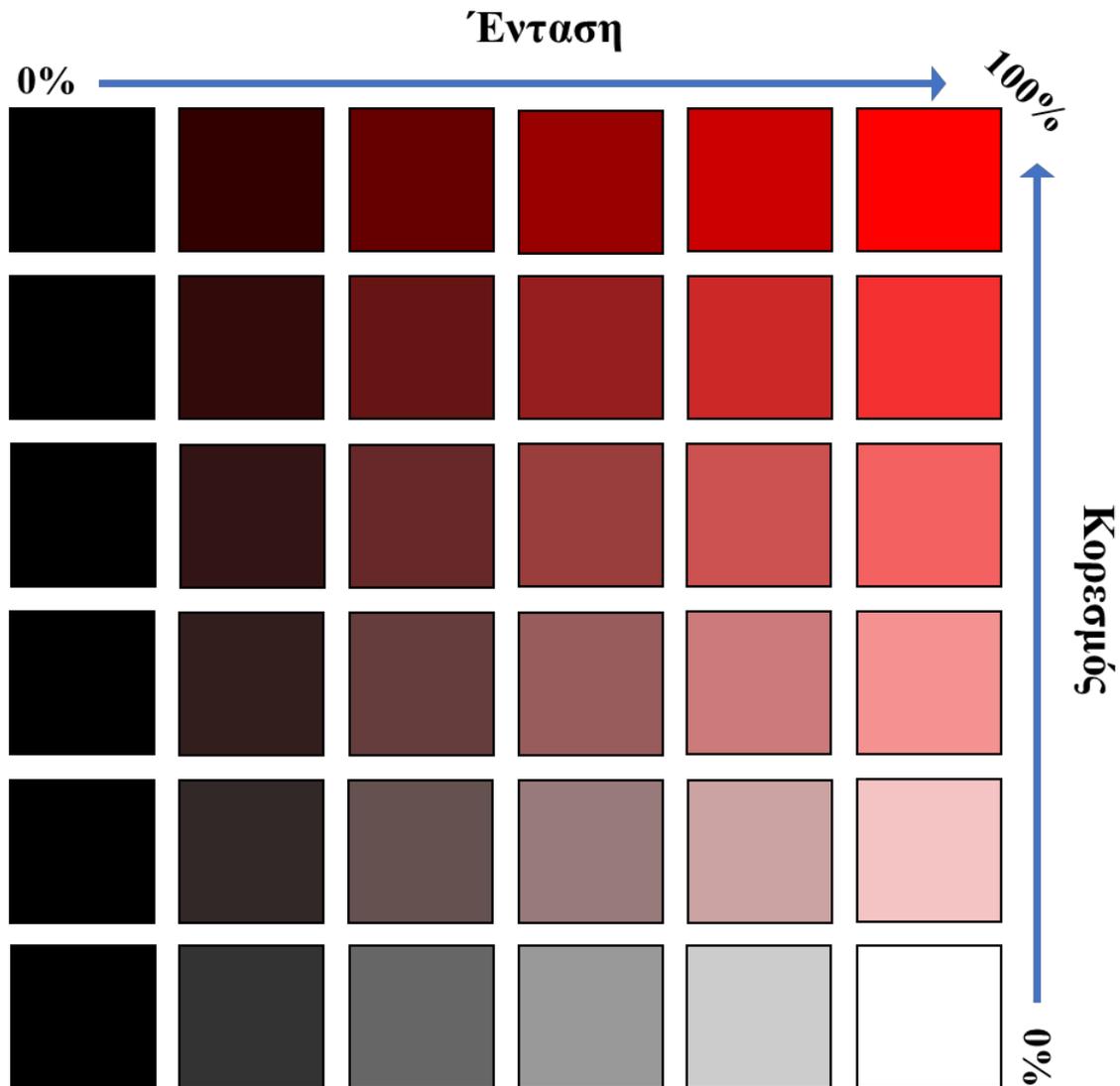
Εικόνα 4.3 Απόδοση ενός μοτίβου επιφανειακού συμβόλου με μιμητικά και με αφαιρετικά σύμβολα.

Οι οπτικές μεταβλητές της διαφάνειας, της οξύτητας και της ανάλυσης εξυπηρετούν την οπτικοποίηση του ποσοστού αβεβαιότητας που συνοδεύει την απόδοση των χωρικών οντοτήτων. Η διαφάνεια αναφέρεται στο επίπεδο «ανάμειξης» (blending) μεταξύ ενός συμβόλου και του χαρτογραφικού υποβάθρου (White, 2017). Η αύξηση του ποσοστού της διαφάνειας μπορεί να αξιοποιηθεί για να υποδηλώσει μείωση του αντίστοιχου επιπέδου βεβαιότητας των χωρικών δεδομένων (Εικόνα 4.4). Η μεταβλητή της οξύτητας (αναφέρεται και ως μεταβλητή ασάφειας (fuzziness)) συνδέεται με το επίπεδο οξύτητας (sharpness), βάσει του οποίου αποδίδεται το περίγραμμα των χαρτογραφικών συμβόλων. Η μετάβαση σε πιο ασαφή όρια συνοδεύει την απόδοση χωρικών οντοτήτων με μεγαλύτερη αβεβαιότητα (Εικόνα 4.4). Επιπλέον, η μεταβλητή της ανάλυσης αναφέρεται στο επίπεδο λεπτομέρειας της πληροφορίας, η οποία συνοδεύει ένα σύνολο χωρικών δεδομένων, ενώ μπορεί να θεωρηθεί ταυτόσημη έννοια με αυτή της ανάλυσης στην περίπτωση των κανονικοποιημένων/πλεγματικών (βλ. Κεφ. 7) δεδομένων (White, 2017). Χαρτογραφικά στοιχεία που αποδίδονται με μεγαλύτερη ανάλυση μπορούν να θεωρηθούν χωρικές οντότητες υψηλότερης ακρίβειας (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Παραδείγματα οπτικοποίησης της μεταβολής του επιπέδου ή του ποσοστού βεβαιότητας το οποίο συνοδεύει την απόδοση μιας χωρικής οντότητας: η αυξανόμενη ένταση της αδιαφάνειας, της οξύτητας και της ανάλυσης αποτυπώνει αύξηση του επιπέδου βεβαιότητας για τα δεδομένα που αφορούν την αναπαριστώμενη χωρική οντότητα (Roth, 2017; White, 2017).

Τέλος, η τρίτη συνιστώσα του χρώματος, η οποία αναφέρεται στον κορεσμό (saturation), μπορεί να αξιοποιηθεί ως οπτική μεταβλητή του χαρτογραφικού συμβολισμού. Η μεταβλητή του κορεσμού συνδέεται με τον βαθμό στον οποίο μια απόχρωση συγκεκριμένου επιπέδου έντασης μεταβάλλεται από το γκριζό προς την καθαρή απόχρωση, περιγράφοντας στην ουσία το πόσο εμφανές γκρι περιέχεται στην απόχρωση αυτή (Στάμου, 2019). Στην Εικόνα 4.5 παρατίθεται ένα παράδειγμα διαφοροποίησης της μεταβλητής του κορεσμού συναρτήσει της έντασης, όπου στο μέγιστο επίπεδο κορεσμού και έντασης (100%) αντιστοιχεί συγκεκριμένη απόχρωση του κόκκινου (RGB: 255, 0, 0). Ουσιαστικά, στον οριζόντιο άξονα μεταβάλλεται το επίπεδο ή το ποσοστό (%) της έντασης του χρώματος, ενώ στον κατακόρυφο άξονα μεταβάλλεται το ποσοστό (%) του κορεσμού του χρώματος. Στην τελευταία σειρά της εικόνας, όπου ο κορεσμός ισούται με 0%, οι μεταβολές στην ένταση οδηγούν σε διαφοροποιήσεις των τόνου του γκρι: από μαύρο (ένταση: 0%) έως άσπρο (ένταση: 100%). Για δεδομένο επίπεδο έντασης χρώματος, και ξεκινώντας από την τελευταία σειρά της εικόνας (κορεσμός: 0%), η αύξηση του ποσοστού κορεσμού αποδίδει ακριβώς τον βαθμό στον οποίο η εκάστοτε απόχρωση (συγκεκριμένου επιπέδου έντασης) μεταβάλλεται από το γκριζό προς την καθαρή ή γνήσια απόχρωση.



Εικόνα 4.5 Μεταβολή του κορεσμού, συναρτήσει της έντασης: Στην τελευταία στήλη (ένταση 100%), η αύξηση του ποσοστού κορεσμού αποδίδει τον βαθμό στον οποίο η απόχρωση (RGB: 255, 0, 0) μεταβάλλεται από το άσπρο προς την καθαρή ή γνήσια απόχρωση του κόκκινου.

4.1.2 Η αποτελεσματικότητα των οπτικών μεταβλητών

Οι οπτικές μεταβλητές αποτελούν τα θεμελιώδη γραφικά εργαλεία, τα οποία μπορούν εν γένει να εφαρμοστούν σε όλες τις κατηγορίες χωρικών οντοτήτων (σημεία, γραμμές, και επιφάνειες). Όπως διαφαίνεται από την προηγούμενη ανάλυση, η επιλογή των αντίστοιχων οπτικών μεταβλητών βασίζεται, μεταξύ άλλων, στις κλίμακες μέτρησης των χωρικών οντοτήτων που αναπαρίστανται σε μια χωρική απεικόνιση. Είναι προφανές ότι η διαδικασία της χαρτογραφικής απόδοσης δεν ακολουθεί μοναδικές λύσεις, καθώς μια γεωγραφική οντότητα μπορεί να αποδοθεί με διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα, για την απόδοση σημείων ενδιαφέροντος σε έναν χάρτη που απεικονίζει έναν αρχαιολογικό χώρο μπορούν να αξιοποιηθούν εικονογραφικά ή αφαιρετικά (γεωμετρικά) σημειακά σύμβολα. Ταυτόχρονα, η αξιοποίηση όμοιων σημειακών συμβόλων (π.χ. κύκλων ίδιου μεγέθους) με διαφορετικές αποχρώσεις θα ήταν μια αποδεκτή λύση για την απόδοση των εν λόγω σημείων ενδιαφέροντος. Παρεμφερή παραδείγματα μπορούν εύκολα να εντοπιστούν σε περιπτώσεις χωρικών οντοτήτων οι οποίες οπτικοποιούνται μέσω γραμμικών ή επιφανειακών συμβόλων. Εκτός όμως από το στοιχείο αυτό, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι κανόνες που έχουν προταθεί για τον συμβολισμό των χωρικών οντοτήτων και αποτελούν τα θεμέλια του πεδίου της θεματικής χαρτογραφίας δεν είναι αυστηροί. Βέβαια, αποτελούν «λογικές» προσεγγίσεις που έχουν ως σκοπό να περιγράψουν τη χαρτογραφική γλώσσα και οι οποίες μάλιστα εντάσσονται σε σύγχρονα συστήματα «καθοδήγησης» για τη

δημιουργία ορθών απεικονίσεων (Tsorlini et al., 2017; Κρασανάκης κ.ά., 2017). Ωστόσο, από την περίοδο της εισαγωγής των βασικών οπτικών μεταβλητών από τον Bertin μέχρι σήμερα, δεν μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η λειτουργία και η επίδρασή τους στις αντιληπτικές και γνωσιακές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την αξιοποίηση χωρικών απεικονίσεων διαφορετικών μορφών έχουν ερευνηθεί ικανοποιητικά (βλ. Κεφ. 3).

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω στοιχεία, δημιουργείται το εύλογο ερώτημα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εναλλακτικών λύσεων απόδοσης συγκεκριμένων χωρικών οντοτήτων. Η έννοια της αποτελεσματικότητας συνδέεται με τη δυνατότητα της εκάστοτε οπτικής μεταβλητής (ή συνδυασμών οπτικών μεταβλητών) να μεταφέρει ορθά το μήνυμα στο οποίο στοχεύει η χωρική απεικόνιση. Στον Πίνακα 4.1 συνοψίζεται η αποτελεσματικότητα των βασικών οπτικών μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού για χωρικά δεδομένα σε διαφορετικές κλίμακες μέτρησης, και συγκεκριμένα στην ονομαστική κλίμακα, στην κλίμακα τάξης και στην ποσοτική κλίμακα (διαστήματος και αναλογική).

Πίνακας 4.1 Αποτελεσματικότητα των βασικών οπτικών μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού για χωρικά δεδομένα σε διαφορετικές κλίμακες μέτρησης (Roth, 2017: Ιδία επεξεργασία).

Οπτική μεταβλητή	Δεδομένα στην ονομαστική κλίμακα	Δεδομένα στην κλίμακα τάξης	Δεδομένα στην ποσοτική κλίμακα
Θέση	K/A	K/A	K/A
Μέγεθος	K/A	K/A	K/A
Σχήμα	K/A	Φ/A	Φ/A
Προσανατολισμός	K/A	ΟΛ	ΟΛ
Απόχρωση	K/A	ΟΛ	ΟΛ
Ένταση	Φ/A	K/A	ΟΛ
Κορεσμός	Φ/A	K/A	ΟΛ
Υφή	K/A	ΟΛ	ΟΛ
Διάταξη	ΟΛ	Φ/A	Φ/A
Οξύτητα	Φ/A	K/A	Φ/A
Ανάλυση	Φ/A	K/A	Φ/A
Διαφάνεια	ΟΛ	K/A	Φ/A
K/A: Καλή/Αποτελεσματική, ΟΛ: Οριακά Αποτελεσματική, Φ/A: Φτωχή/Αναποτελεσματική			

4.1.2 Οπτικές μεταβλητές και επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης

Οι οπτικές μεταβλητές που εισάγονται από το Bertin μπορούν επίσης να ταξινομηθούν βάσει των επιπέδων αντιληπτικής οργάνωσης που επιτρέπουν κατά τη διαδικασία της ανάγνωσης μιας χωρικής απεικόνισης (Bertin 1967/83). Συγκεκριμένα, με την πρόταση των στοιχειωδών οπτικών μεταβλητών, ο Bertin προτείνει τέσσερα διακριτά επίπεδα αντίληψης, τα οποία περιλαμβάνουν τη συσχετική (associative) οργάνωση, την επιλεκτική (selective) οργάνωση, την οργάνωση τάξης (ordered) και την ποσοτική (quantitative) οργάνωση.

Στο επίπεδο της συσχετικής οργάνωσης εντάσσονται οι οπτικές μεταβλητές που επιτρέπουν την άμεση (αντιληπτική) ομαδοποίηση όλων των κατηγοριών ή των περιπτώσεων μιας μεταβλητής, χωρίς αυτές να επηρεάζονται από τις διαφορετικές τιμές της. Στη συγκεκριμένη κατηγορία μπορούν να ενταχθούν, για παράδειγμα, χαρτογραφικά σύμβολα με το ίδιο σχήμα και διαφορετικά μεγέθη ή χαρτογραφικά σύμβολα ίδιας απόχρωσης και διαφορετικών μεγεθών. Το επίπεδο της επιλεκτικής οργάνωσης συνδέεται με οπτικές μεταβλητές που επιτρέπουν την άμεση αντιληπτική ομαδοποίηση ίδιων τιμών. Για παράδειγμα, χαρτογραφικά σύμβολα με ίδια απόχρωση ή αντίστοιχα χαρτογραφικά σύμβολα με ίδιο μέγεθος μπορούν να ενταχθούν στην ίδια αντιληπτική ομάδα. Η οργάνωση τάξης επιτρέπει την αντιληπτική ταξινόμηση συμβόλων, λαμβάνοντας υπόψη ένα συγκεκριμένο εύρος. Χαρτογραφικά σύμβολα διαφορετικών εντάσεων, για παράδειγμα, μπορούν να ενταχθούν στη συγκεκριμένη κατηγορία. Τέλος, στο ποσοτικό επίπεδο οργάνωσης εντάσσονται οι μεταβλητές που επιτρέπουν την αντιληπτική ταξινόμηση του βαθμού διαφοράς (της αναλογίας) μεταξύ διαφορετικών τιμών συμβόλων. Κλασικό παράδειγμα αποτελούν χαρτογραφικά σύμβολα διαφορετικού μεγέθους.

Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές οπτικές μεταβλητές και τα αντίστοιχα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης που καθιστούν εφικτά.

Πίνακας 4.2 Ταξινόμηση και χαρακτηρισμός των βασικών οπτικών μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού με βάση τα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης που οι εν λόγω μεταβλητές καθιστούν δυνατά (Roth, 2017: Ιδία επεξεργασία).

Οπτική μεταβλητή	Συσχετιστική	Επιλεκτική
Θέση	N	N
Μέγεθος	O	N
Σχήμα	N	O
Προσανατολισμός	N	N
Απόχρωση	N	N
Ένταση	O	N
Κορεσμός	M/Δ	M/Δ
Υφή	N	N
Διάταξη	M/Δ	M/Δ
Οξύτητα	M/Δ	M/Δ
Ανάλυση	M/Δ	M/Δ
Διαφάνεια	M/Δ	M/Δ
N: Ναι, O: Όχι, M/Δ: Μη διαθέσιμη		

4.2 Ταξινόμηση και βασικές εφαρμογές στατικών χαρτών

Αναμφίβολα, στη σημερινή εποχή το μεγαλύτερο μέρος των χαρτών διανέμεται μέσω του Διαδικτύου, ενώ έχει αποκλειστικά διαδραστική μορφή (βλ. Κεφ. 6). Ταυτόχρονα βέβαια, ένα τεράστιο μέρος της παγκόσμιας χαρτογραφικής κληρονομιάς αποτελείται από στατικούς, και κυρίως έντυπους χάρτες. Όπως αναφέρθηκε εκτενώς στο παρόν κεφάλαιο, βασικό χαρακτηριστικό των στατικών χαρτών αποτελεί το γεγονός ότι τόσο ο χαρτογραφικός συμβολισμός (οπτικές μεταβλητές) όσο και η κλίμακά του δεν αλλάζουν κατά τη διάρκεια της παρατήρησης ή της εκπόνησης οποιασδήποτε εργασίας χάρτη (π.χ. εντοπισμός και καταμέτρηση σημειακών συμβόλων, εκτίμηση και σύγκριση μεγεθών κλπ.). Επίσης, όπως έχει γίνει κατανοητό από την ανάλυση που προηγήθηκε, οι στατικοί χάρτες ενδέχεται να έχουν έντυπη ή ψηφιακή μορφή. Το στοιχείο αυτό διαφοροποιεί με τη σειρά του το μέσο απόδοσης που αξιοποιείται, καθώς και τις συνθήκες χρήσης των χαρτογραφικών προϊόντων. Για τον λόγο αυτό, η διαδικασία του χαρτογραφικού σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις εκάστοτε συνθήκες αξιοποίησης των στατικών χαρτών. Για παράδειγμα, τα επιλεγμένα μεγέθη των χαρτογραφικών συμβόλων (ή τα αντίστοιχα χρώματα) δεν μπορεί να είναι τα ίδια στην περίπτωση ενός τουριστικού χάρτη «τσέπης» και στην περίπτωση ενός ιστορικού χάρτη που εκτίθεται σε ένα μουσείο σε μία επίπεδη και κατακόρυφη επιφάνεια. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, στην πρώτη περίπτωση, ο χάρτης θα πρέπει να είναι αξιοποιήσιμος υπό διαφορετικές (και ίσως ακραίες) συνθήκες φωτισμού, τόσο τη μέρα όσο και τη νύχτα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο φωτισμός υπό τον οποίο παρατηρείται το αντίστοιχο χαρτογραφικό προϊόν είναι συνήθως ιδανικός.

Για να αντιληφθούμε την πληθώρα των διαφορετικών εφαρμογών των στατικών χαρτών είναι σημαντικό να κατανοήσουμε αρχικά το σύνολο των διαφορετικών κατηγοριών στις οποίες μπορούν να ενταχθούν. Στο σημείο αυτό, μπορούμε να θεωρήσουμε την ταξινόμηση που προτείνεται από τους Robinson et al. (1995). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη ταξινόμηση, τα χαρτογραφικά προϊόντα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει τριών διαφορετικών κριτηρίων:

- της κλίμακας,
- της λειτουργίας
- του περιεχομένου.

Οι Robinson et al. (1995) αναφέρουν ότι οι χάρτες μπορούν να ενταχθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες βάσει του μεγέθους της κλίμακάς τους. Συγκεκριμένα, μπορούν να ταξινομηθούν σε χάρτες «μικρής» και «μεγάλης» κλίμακας. Ένας χάρτης κλίμακας 1:250000 μπορεί να θεωρηθεί μικρής κλίμακας. Αντιστοίχως, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένας χάρτης κλίμακας 1:250 ανήκει στην κατηγορία των χαρτών μεγάλης κλίμακας. Γίνεται φυσικά κατανοητό ότι δεν υπάρχει σαφές όριο διαχωρισμού μεταξύ των δύο κατηγοριών. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, αν συγκρίνουμε δύο χάρτες (με διαφορετική κλίμακα) της ίδιας κατηγορίας (π.χ. τοπογραφικούς χάρτες), ο χάρτης μεγαλύτερης κλίμακας θα μεταφέρει μεγαλύτερο ποσοστό πληροφορίας, ενώ ταυτόχρονα οι χωρικές οντότητες που αποδίδονται σε αυτόν θα αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη χωρική ακρίβεια.

Αξιοποιώντας ως κριτήριο τη βασική λειτουργία τους, οι χάρτες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις επιμέρους κατηγορίες (Robinson et al., 1995): τους χάρτες γενικής αναφοράς, τους θεματικούς χάρτες (ή χάρτες ειδικού σκοπού), καθώς και τους χάρτες-διαγράμματα.

Οι χάρτες γενικής αναφοράς έχουν ως κύριο σκοπό την ταυτόχρονη απόδοση διαφορετικών στοιχείων του εδάφους (π.χ. οδικού και υδρολογικού δικτύου, υψομετρικών και βαθυμετρικών σημείων, διοικητικών ορίων, ορίων ακτογραμμών κτλ.). Στη συγκεκριμένη κατηγορία, η σωστή απόδοση των σχετικών θέσεων μεταξύ των αντικειμένων είναι βαρύνουσα σημασίας. Όπως αναφέρουν και οι Robinson et al. (1995), κλασικά παραδείγματα χαρτών γενικής αναφοράς μικρής κλίμακας αποτελούν οι χάρτες χωρών, κρατών, και ηπείρων που εντάσσονται σε χαρτογραφικές σειρές (άτλαντες).

Οι θεματικοί χάρτες έχουν ως πρωταρχικό σκοπό την απόδοση ποιοτικών ή/και ποσοτικών χαρακτηριστικών ενός ή περισσότερων φαινομένων μιας γεωγραφικής περιοχής. Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν χάρτες που αποδίδουν οικονομικά (π.χ. δείκτες που σχετίζονται με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν) και κοινωνικά (π.χ. στατιστικοί δημογραφικοί δείκτες) στοιχεία. Λαμβάνοντας υπόψη μας τον βασικό σκοπό της συγκεκριμένης κατηγορίας χαρτών, μπορούμε εύκολα να αντιληφθούμε ότι οι απαιτήσεις για απόδοση λεπτομερειών εδάφους (με υψηλή χωρική ακρίβεια) δεν είναι μεγάλες, όπως θα συνέβαινε, για παράδειγμα, σε έναν τοπογραφικό χάρτη.

Στην τρίτη κατηγορία χαρτών, βάσει της προηγούμενης ταξινόμησης, εντάσσονται οι χάρτες διαγράμματα. Τα διαγράμματα αντιστοιχούν σε χαρτογραφικά προϊόντα τα οποία αποδίδουν πληροφορίες του εδάφους με υψηλή χωρική ακρίβεια. Συνεπώς, τα διαγράμματα μπορούν να αξιοποιηθούν για να υλοποιηθούν μετρήσεις στοιχειωδών μεγεθών με άμεσο (π.χ. μετρήσεις μηκών) ή με έμμεσο (π.χ. υπολογισμοί όγκων) τρόπο.

Μια τρίτη προσέγγιση για την κατηγοριοποίηση των χαρτών βασίζεται στην ταξινόμηση βάσει του περιεχομένου τους. Γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι μπορούν εύκολα να εντοπιστούν πολλές διακριτές κατηγορίες χαρτών, ανάλογα με το είδος των χωρικών στοιχείων που αποδίδονται.

Οι στατικοί χάρτες έχουν πολλές εφαρμογές σε διαφορετικά πεδία και αντικείμενα, τα οποία εντάσσονται με τη σειρά τους τόσο στις φυσικές όσο και στις κοινωνικές, οικονομικές, και πολιτικές επιστήμες. Ταυτόχρονα, η αξιοποίηση στατικών χαρτών βρίσκει εφαρμογές και σε εξειδικευμένα πεδία διάφορων ειδικοτήτων. Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά παραδείγματα στατικών χαρτών σε διαφορετικά πεδία.

Πίνακας 4.3 Ενδεικτικά παραδείγματα στατικών χαρτών σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία και πεδία εφαρμογών.

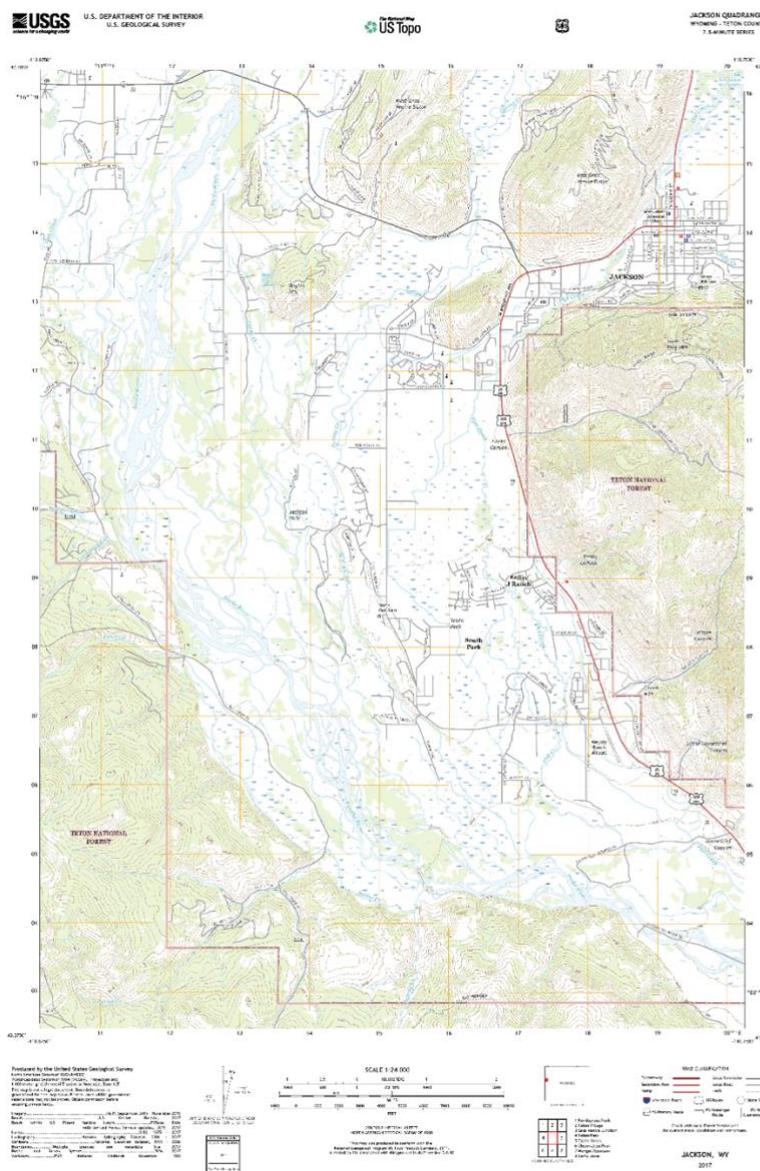
Φυσικές Επιστήμες	Κοινωνικές, Οικονομικές & Πολιτικές Επιστήμες	Άλλα Επιστημονικά Πεδία ή Πεδία Εφαρμογών
– Γεωλογία	– Χωροταξία	– Μελέτες μεταφορών
– Κλιματολογία	– Πολεοδομία	– Συγκοινωνιακές μελέτες
– Υδρολογία	– Ιστορία	– Οικοδομικές μελέτες
– Βιολογία	– Αρχαιολογία	– Γεωργικές εφαρμογές
– Βιογεωγραφία	– Κοινωνιολογία	– Μελέτες φυσικών & τεχνολογικών κινδύνων-καταστροφών
– Οικολογία Τοπίου	– Οικονομία	– ...
– Ωκεανογραφία	– Πολιτική Γεωγραφία	
– ...	– Γεωπολιτική	
	– ...	

4.3 Παραδείγματα στατικών χαρτών

Αν λάβουμε υπόψη μας το σύνολο των διαφορετικών χωρικών οντοτήτων του πραγματικού κόσμου μπορούμε να αντιληφθούμε την πληθώρα των διαφορετικών χαρτών που μπορούν να κατασκευαστούν. Διαφορετικοί χάρτες ενδέχεται να αποδίδουν διαφορετικές οντότητες και, κατά συνέπεια, να διακρίνονται από διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά παραδείγματα στατικών χαρτών και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους. Τα διαφορετικά παραδείγματα που παρουσιάζονται συντελούν επίσης στην ανάδειξη της ποικιλομορφίας των στατικών χαρτών.

Στην Εικόνα 4.6 δίνεται ένα παράδειγμα (κλασικού) τοπογραφικού χάρτη που παρέχεται από την United States Geological Survey (USGS). Ο συγκεκριμένος χάρτης αποδίδει κυρίως τοπογραφικές λεπτομέρειες της περιοχής απόδοσης με ακρίβεια που συνδέεται άμεσα με την επιλεγμένη κλίμακα (1:24000). Η απόδοση των

υψομετρικών πληροφοριών επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της αξιοποίησης ισοϋψών καμπυλών. Παρατηρούμε επίσης ότι το σύνολο των στοιχείων (πλαίσιο και κλίμακος γεωγραφικών συντεταγμένων) που συνδέονται με την ορθή τοποθέτηση της αποδιδόμενης περιοχής στον χώρο έχει βαρύνουσα σημασία στη συγκεκριμένη κατηγορία χαρτών. Άλλωστε, οι τοπογραφικοί χάρτες αποτελούν προϊόντα με μετρητική αξία, καθώς κατασκευάζονται με σκοπό την άμεση αξιοποίησή τους για μετρήσεις (π.χ. μετρήσεις μηκών) και για υπολογισμούς (π.χ. υπολογισμούς όγκων). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η κλίμακα του χάρτη δίνεται και σε γραφική μορφή (γραφική κλίμακα). Το γεγονός αυτό εξυπηρετεί την ορθή (μετρητική) αξιοποίηση του συγκεκριμένου προϊόντος κατά την εκτύπωσή του σε διαφορετικά μεγέθη. Ασφαλώς, στην περίπτωση αυτή, η ονομαστική κλίμακα του χάρτη δεν μπορεί να αξιοποιηθεί. Οι αποχρώσεις που χρησιμοποιούνται για τις καλλιέργειες είναι πολύ απαλές, για να μην δημιουργούν αντιθέσεις. Κοιτώντας συνολικά τον χάρτη ως εικόνα, τίποτα δεν εξέχει, ίσως λίγο η κόκκινη γραμμή, ο αυτοκινητόδρομος που διασχίζει την περιοχή. Δεν υπάρχει καμία ιεράρχηση στις απεικονιζόμενες οντότητες και βέβαια ο χάρτης απέχει πολύ από την αντίστοιχη δορυφορική εικόνα της περιοχής ή από την εικόνα που αντικρίζει κάποιος από το αεροπλάνο. Με την έννοια αυτή, ο χάρτης για κάποιον που δεν έχει εμπειρία με αντίστοιχους χάρτες είναι δύσκολος στην αναγνώριση και ερμηνεία στοιχείων.



Εικόνα 4.6 Παράδειγμα (κλασικού) τοπογραφικού χάρτη που παρέχεται από τη United States Geological Survey (USGS).

Παράδειγμα ψηφιακού χάρτη που αξιοποιείται στην πλοήγηση οχημάτων

(Credit: U.S. Geological Survey, Department of the Interior/USGS, U.S. Geological Survey,

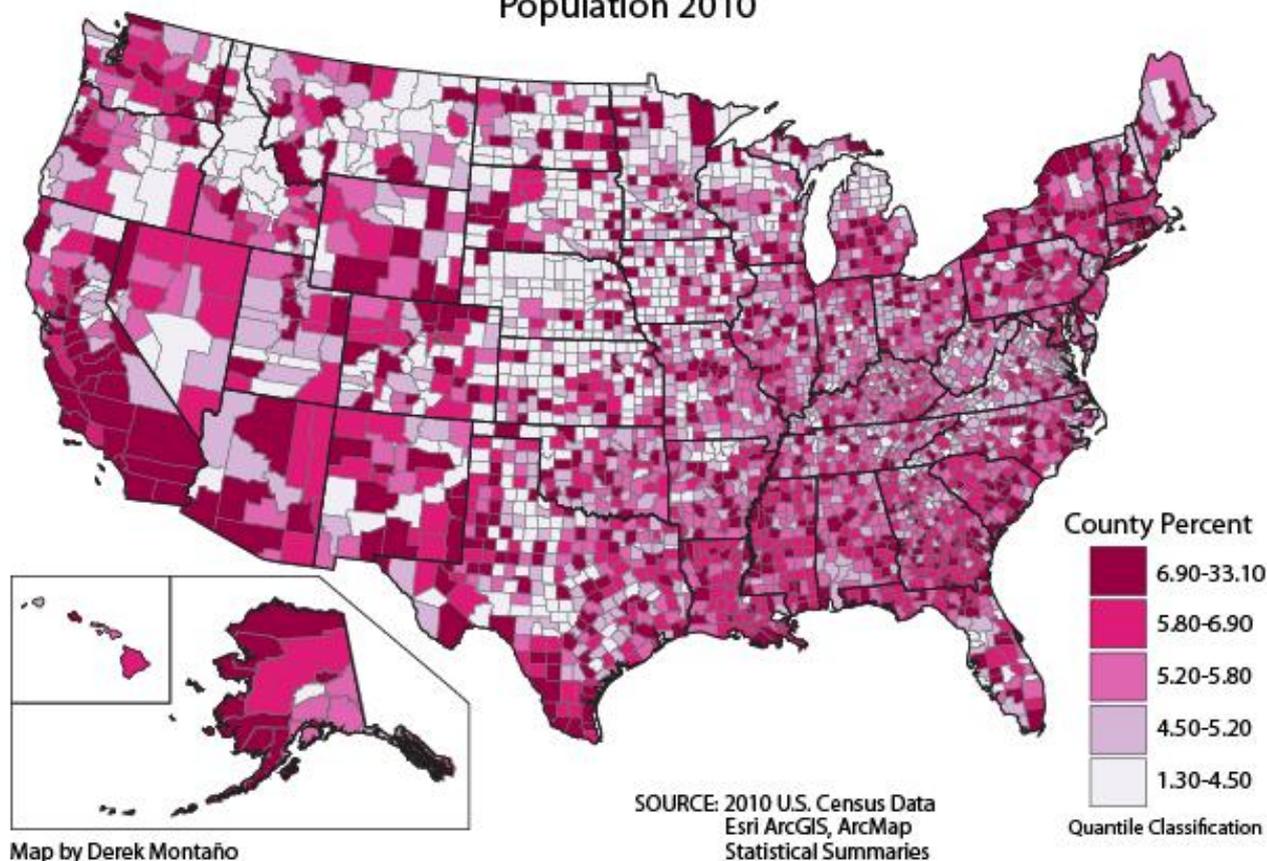
Διαθέσιμο στο: <https://www.usgs.gov/media/images/images-2017-us-topo-map-jackson-wy-layer-variations-1>).

Στον υπερσύνδεσμο <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/geologic-map-egypt> παρουσιάζεται ένα παράδειγμα γεωλογικού χάρτη της Αιγύπτου, του Ministry of Industry and Mineral Resources, The Egyptian Geological Survey and Mining Authority (Υπουργείου Εμπορίου και Ορυκτών Πόρων της Αιγυπτιακής Υπηρεσίας Γεωλογικών Αποτυπώσεων και Εξόρυξης) του 1981, ονομαστικής κλίμακας 1:2.000.000. Όπως και στην περίπτωση του τοπογραφικού χάρτη, έτσι και στο συγκεκριμένο παράδειγμα, τα στοιχεία του γεωγραφικού πλαισίου, του κανάβου, καθώς και της γραφικής κλίμακας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Ωστόσο, ο βασικός σκοπός ενός γεωλογικού χάρτη είναι η υπόδειξη των διαφορετικών εδαφικών τύπων της περιοχής. Όπως μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί και στο παράδειγμα που παρατίθεται, οι βασικές διαφορές μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων που αποδίδονται είναι ποιοτικής φύσεως, ενώ η οπτικοποίησή τους επιτυγχάνεται με την οπτική μεταβλητή της απόχρωσης. Σε αντίθεση, λοιπόν, με τον τοπογραφικό, εδώ οι αποχρώσεις είναι έντονες και όταν καλύπτουν μικρές επιφάνειες γίνεται προσπάθεια να διακριθούν. Επιπροσθέτως, όπως φαίνεται και στον χάρτη που υπάρχει στον παραπάνω υπερσύνδεσμο, ένα ενδιαφέρον στοιχείο που χαρακτηρίζει τους γεωλογικούς χάρτες είναι το αναλυτικό υπόμνημα, το οποίο τους συνοδεύει και καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του τελικού χαρτογραφικού προϊόντος.

Ωστόσο, η βασική «εικόνα» (βλ. διαχωρισμός «εικόνας-υποβάθρου», παρ. 8.3.3) του χάρτη μπορεί να αναφέρεται και στο θαλάσσιο μέρος μιας γεωγραφικής περιοχής. Ένας ναυτικός χάρτης διαθέτει επίσης μετρητικές ιδιότητες και δημιουργείται με σκοπό την απόδοση της βαθυμετρίας του θαλάσσιου γεωγραφικού χώρου. Στον υπερσύνδεσμο <https://cdn3.volusion.com/fvtgg.jvimg/v/vspfiles/photos/16006-2.jpg> παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ναυτικού χάρτη του Εθνικού Ωκεανογραφικού και Ατμοσφαιρικού Οργανισμού (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (ΗΠΑ). Ο χάρτης περιλαμβάνει γεωγραφικό πλαίσιο συντεταγμένων και έχει ως κύριο σκοπό να παρουσιάσει τη βαθυμετρία της θαλάσσιας περιοχής. Ο συγκεκριμένος σκοπός επιτυγχάνεται αξιοποιώντας ισοβαθείς καμπύλες, καθώς και χαρακτηριστικά βαθυμετρικά σημεία. Προφανώς, για διευκόλυνση της ανάγνωσης των βαθυμέτρων, επιλέγεται το άσπρο φόντο και τονίζεται η θάλασσα με την μπλε απόχρωση μόνο κοντά στις ακτές. Η στεριά περνά σε δεύτερο επίπεδο προσοχής, λειτουργεί ως υπόβαθρο, περιέχοντας στοιχεία που συνήθως εντάσσονται στο περιθώριο του χάρτη, όπως είναι το όνομα της περιοχής, στοιχεία της χαρτογράφησης και της παραγωγής και οι τέσσερις ένθετοι χάρτες.

Στις προηγούμενες περιπτώσεις, τα παραδείγματα χαρτών που παρουσιάζονται μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα, ώστε να εκπονηθούν μετρήσεις χαρτομετρίας πάνω σ' αυτά. Ωστόσο, ένα μεγάλο μέρος των στατικών χαρτογραφικών απεικονίσεων δημιουργείται με σκοπό την κατανόηση της κατανομής ή της εξέλιξης ενός φαινομένου ή/και για την ανάδειξη πιθανών μοτίβων που εμφανίζονται στον γεωγραφικό χώρο από τη συνύπαρξη διαφορετικών γεωγραφικών οντοτήτων. Η εξυπηρέτηση του προαναφερόμενου σκοπού ολοκληρώνεται μέσω της δημιουργίας θεματικών χαρτογραφικών απεικονίσεων. Στην Εικόνα 4.7 απεικονίζεται ένα παράδειγμα χωροπληθούς χάρτη, ο οποίος αποδίδει το ποσοστό του πληθυσμού των ενηλίκων ηλικιών 20-24 για το σύνολο των ΗΠΑ, για το έτος 2010. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η συγκεκριμένη απεικόνιση αξιοποιείται με σκοπό να αποδώσει παράγωγα φαινόμενα, τα οποία αναφέρονται σε επιφάνειες (όπως π.χ. πυκνότητα πληθυσμού, μέση θερμοκρασία, ποσοστό ανεργίας κτλ.). Αξίζει να σημειωθεί ότι η χωροπληθής απεικόνιση αποτελεί μία από τις πιο αναγνωρίσιμες μορφές μεταξύ των θεματικών απεικονίσεων και η αποτελεσματικότητά της έχει ερευνηθεί σε πολλές μελέτες. Η δημιουργία της βασίζεται στην αξιοποίηση της οπτικής μεταβλητής της έντασης, ενώ η αντιστοίχιση των τιμών του μεγέθους προς απόδοση με συγκεκριμένες τιμές έντασης επιτυγχάνεται μετά την ολοκλήρωση μιας διαδικασίας ομαδοποίησης. Η διαδικασία της ομαδοποίησης μπορεί να ολοκληρωθεί με διαφορετικές τεχνικές και να ταξινομήσει αντιστοίχως τα δεδομένα σε διαφορετικό αριθμό ομάδων (τάξεων). Γίνεται, ωστόσο, προφανές ότι για ένα συγκεκριμένο μέγεθος προς απόδοση, η επιλογή διαφορετικής μεθόδου ή/και διαφορετικού αριθμού ομάδων ενδέχεται να οδηγήσει σε διαφορετική εικόνα της τελικής απεικόνισης. Η ομαδοποίηση των τιμών βασίζεται στη μελέτη της μορφής του αντίστοιχου ιστογράμματος συχνοτήτων, ενώ λαμβάνει υπόψη της χαρακτηριστικές κρίσιμες τιμές (π.χ. θερμοκρασία 0° C). Οι βασικές προσεγγίσεις για την ομαδοποίηση των δεδομένων περιλαμβάνουν μεθόδους σταθερών ή ίσων, συστηματικά άνισων, ακανόνιστων ή μεταβαλλόμενων διαστημάτων (Slocum et al., 2009).

United States Adults Ages 20 to 24 by County Population 2010



Εικόνα 4.8 Παράδειγμα χωροπληθούς απεικόνισης/χάρτη
(Παράθεση [εικόνας](#) με άδεια [CCA-SA 3.0](#), δημιουργός: Derek Montañó).

Στην Εικόνα 4.8 δίνεται ένα παράδειγμα τουριστικού χάρτη στην περιοχή των Βερμούδων. Ο σκοπός ενός τουριστικού χάρτη είναι φυσικά η απεικόνιση των πληροφοριών που διευκολύνουν τη μετακίνηση, την περιήγηση και τη διαμονή των επισκεπτών μιας περιοχής. Τα δεδομένα της απεικόνισης, συνεπώς, εντάσσονται στην απόδοση ποιοτικών διαφορών μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων, που όμως μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, γιατί άλλες αναφέρονται στη μετακίνηση, άλλες στη διαμονή, άλλες σε αξιοθέατα, σε μνημεία ή έργα πολιτισμικού ενδιαφέροντος κ.ο.κ. Στον συγκεκριμένο χάρτη γίνεται μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης των δεδομένων (δρόμοι – ιστορικά – μεταφορές – ανέσεις – διάφορα), όπως φαίνεται στο υπόμνημα. Ο συμβολισμός στηρίζεται στη χρήση εικονογραφικών συμβόλων, που είναι και η πιο συνηθισμένη επιλογή στους τουριστικούς χάρτες, καθώς και γραμμικών συμβόλων για την απόδοση συγκοινωνιακών και ακτοπολιτικών δικτύων. Ας σημειωθεί όμως πως η κατηγοριοποίηση των δεδομένων δεν εκφράζεται στον σχεδιασμό των συμβόλων, παρά μόνο σε δύο περιπτώσεις, τα σπορ - θαλάσσια σπορ, καθώς και η αφετηρία ταξί - στάση λεωφορείου - στάση τρένου. Θα ήταν πολύ πιο εύκολο να αναγνωριστούν οι πληροφορίες του χάρτη, αν επιλεγόταν κάποια οπτική μεταβλητή, όπως το σχήμα ή η απόχρωση ως πλαίσιο των σημειακών συμβόλων, για να απεικονίσει τις τέσσερις κατηγορίες. Η συγκεκριμένη απεικόνιση εντάσσεται στην κατηγορία των «χαρτών τσέπης». Η απεικόνιση κάθε σελίδας σε έναν χάρτη τσέπης αποτελείται συνήθως από ένα σύστημα αντιστοίχισης των υπο-περιοχών της απεικόνισης με συνδυασμούς γραμμάτων και αριθμών. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα χρησιμοποιούνται τα γράμματα Α έως S (στην οριζόντια διάσταση) και οι ακέραιοι αριθμοί από το 1 έως το 13 (στην κάθετη διάσταση). Επίσης, όπως φαίνεται και στο συγκεκριμένο παράδειγμα, υπάρχουν περιοχές του χάρτη οι οποίες μεγεθύνονται (δηλαδή παρουσιάζονται σε μεγαλύτερη κλίμακα σε σχέση με την κλίμακα της απεικόνισης) με σκοπό να φανούν περισσότερες λεπτομέρειες (λόγω του περιορισμού που δημιουργείται από την κλίμακα του χάρτη).



Εικόνα 4.8 Παράδειγμα τουριστικού χάρτη
(Παράθεση εικόνας με άδεια CCA-SA 3.0, δημιουργός: δεν αναφέρεται).

Όλα τα προαναφερόμενα παραδείγματα αποτελούν αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις στατικών απεικονίσεων με πολλές εφαρμογές σε διαφορετικούς τομείς. Βέβαια, στην κατηγορία των στατικών χαρτών, μπορούν να ενταχθούν και ειδικές περιπτώσεις απεικονίσεων. Ως παράδειγμα ειδικής χωρικής απεικόνισης μπορεί να αναφερθεί το χαρτόγραμμα. Ένα χαρτόγραμμα δημιουργείται μέσω ενός τοπολογικού μετασχηματισμού ο οποίος εφαρμόζεται έτσι ώστε κάθε επιφάνεια της περιοχής απόδοσης να μετασχηματίζεται ανάλογα με την τιμή του φαινομένου που αντιπροσωπεύει. Η ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης απεικόνισης έγκειται στο γεγονός ότι η έννοια της κλίμακας παύει να έχει νόημα. Ταυτόχρονα, βασική προϋπόθεση για την επιτυχία ενός χαρτογράμματος είναι να γνωρίζει καλά ο αναγνώστης το σχήμα της περιοχής που απεικονίζεται. Στην Εικόνα 4.9 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα συνεχούς χαρτογράμματος το οποίο απεικονίζει τον παγκόσμιο πληθυσμό.



Εικόνα 4.9 Παράδειγμα χαρτογράμματος (Παράθεση [εικόνας](#) με άδεια για τη χρήση και διανομή για μη εμπορικούς σκοπούς από τον δημιουργό της εικόνας, Mark Newman).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η παραμόρφωση που έχει υποστεί ο γεωγραφικός χώρος είναι εμφανής αν παρατηρήσουμε την αντίστοιχη παραμόρφωση του γεωγραφικού πλέγματος, η οποία υλοποιείται ανάλογα με τις αντίστοιχες τιμές του φαινομένου (πληθυσμού). Αξίζει να αναφερθεί ότι η έννοια της παραμόρφωσης (στο συγκεκριμένο παράδειγμα) δε συνδέεται με τις παραμορφώσεις της απεικόνισης (οι οποίες, έτσι κι αλλιώς, υπάρχουν και είναι αναπόφευκτες) λόγω της χαρτογραφικής προβολής. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, το χαρτόγραμμα που απεικονίζεται στην Εικόνα 4.9 χαρακτηρίζεται ως συνεχές, καθώς τα όρια μεταξύ των γεωγραφικών υπο-περιοχών (π.χ. τα όρια των κρατών σε έναν χάρτη παγκόσμιου πληθυσμού) παραμένουν κοινά μετά την εφαρμογή του τοπολογικού μετασχηματισμού. Ωστόσο, σημειώνεται ότι ένα χαρτόγραμμα μπορεί να είναι ασυνεχές, όταν τα όρια μεταξύ των αντίστοιχων υπο-περιοχών δεν είναι κοινά μετά την εφαρμογή του αντίστοιχου μετασχηματισμού, ενώ ένα ασυνεχές χαρτόγραμμα μπορεί να χαρακτηρίζεται με ή χωρίς επικαλύψεις (overlapping, non-overlapping). Τέλος, σε ένα χαρτόγραμμα, οι υπο-περιοχές του γεωγραφικού χώρου που αποδίδεται μπορούν να αντικατασταθούν με ένα αφαιρετικό (γεωμετρικό) σχήμα (συνήθως κύκλο ή τετράγωνο), το εμβαδόν του οποίου μετασχηματίζεται ανάλογα με την τιμή του φαινομένου. Τα χαρτογράμματα που ανήκουν στην προηγούμενη κατηγορία είναι γνωστά ως «χαρτογράμματα Dorling».

Βιβλιογραφία

- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, Madison, 432 pp. (French edition, 1967).
- Edsall, R., Andrienko, G., Andrienko, N., & Buttenfield, B. (2009). Interactive Maps for Exploring Spatial Data. In Madden, M. (Ed.), *Manual of Geographic Information Systems*. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, pp. 837-858
- International Cartographic Association (ICA) (2003). *A Strategic Plan for the International Cartographic Association 2003-2011*. https://icaci.org/files/documents/reference_docs/ICA_Strategic_Plan_2003-2011.pdf
- Κάβουρας, Μ. (2004). *Αρχές Γεωπληροφορικής και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 134 σσ.
- Κρασανάκης, Β., Τζελέπης, Ν., & Νάκος, Β. (2017). Σχεδιασμός εφαρμογής καθοδηγούμενης δημιουργίας αποτελεσματικών χαρτών στο διαδίκτυο. Στο Ο. Γεωργούλα, Μ. Παπαδοπούλου, Δ. Ρωσσικόπουλος, Σ. Σπαταλάς & Α. Φωτίου (Επιμ.), *Ζώντας με τα GIS*. Τιμητικός Τόμος στον Καθηγητή Γιάννη Παρασχάκη. Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη: Εκδ. Ζήτη, σ. 291-299.
- Krassanakis, V., & Cybulski, P. (2019). A review on eye movement analysis in map reading process: the status of the last decade. *Geodesy and Cartography*, 68(1), 191–209. <https://doi.org/10.24425/GAC.2019.126088>
- MacEachren, A. M. (1995). *How maps work: representation, visualization, and design*. Guilford Press, New York, 513 pp.
- Montello, D. R. (2002). Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(3), 283–304. <https://doi.org/10.1559/152304002782008503>
- Νάκος, Β. (2015). *Αναλυτική χαρτογραφία* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/2233>
- Νάκος, Β. (2021). *Στοιχεία Αναλυτικής Χαρτογραφίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση, 342 σσ.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (5th ed.). John Wiley and Sons, New York, 552 pp.
- Roth, R. E. (2017). Visual variables. In D. Richardson et al. (Eds.), *International encyclopedia of geography: people, the earth, environment and technology*. Hoboken: Wiley.
- Roth, R. E., Çöltekin, A., Delazari, L., Filho, H. F., Griffin, A., Hall, A., Korpi, J., Lokka, I., Mendonça, A., Ooms, K., & van Elzakker, C. P. J. M. (2017). User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations. *International Journal of Cartography*, 3. <https://doi.org/10.1080/23729333.2017.1288534>
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (3rd ed.). Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Στάμου, Λ. (2019). *Χάρτης και Τέχνη. Το χρώμα ως κρίσιμη παράμετρος* (Διδακτορική Διατριβή). Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.17609>
- Tsorlini, A., Sieber, R., Hurni, L., Klausner, H., & Gloor, T. (2017). Designing a Rule-based Wizard for Visualizing Statistical Data on Thematic Maps. *Cartographic Perspectives*, 86, 5–23. <https://doi.org/10.14714/CP86.1392>

White, T. (2017). Symbolization and the Visual Variables. In J. P. Wilson (ed.) *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge* (2nd Quarter 2017 Edition). DOI: <https://doi.org/10.22224/gistbok/2017.2.3>

Κεφάλαιο 5

Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις που εφαρμόζονται στην απεικόνιση των χρονικών αλλαγών των χωρικών οντοτήτων και περιλαμβάνουν τη δημιουργία δυναμικών χαρτών και χαρτών κινούμενης εικόνας. Αναλύεται η λειτουργία των δυναμικών (οπτικών) μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού και γίνεται μια ταξινόμηση των χαρτών κινούμενης εικόνας. Τέλος, δίνονται συγκεκριμένα παραδείγματα χωρικών απεικονίσεων και εφαρμογών των σχετικών μεταβλητών του σχεδιασμού.

Προαπαιτούμενη γνώση

Γεωμετρικά πρότυπα και ιεράρχηση χωρικών οντοτήτων, στατικοί χάρτες, οπτικές μεταβλητές.

Συνοδευτικό Υλικό

Το διαδραστικό υλικό που συνοδεύει το κεφάλαιο υπάρχει διαθέσιμο προς [μεταφόρτωση στο Αποθετήριο](#).

5 Δυναμικοί χάρτες & χάρτες κινούμενης εικόνας

5.1 Οπτικοποίηση χρονικών αλλαγών

Η απόδοση των χωρικών οντοτήτων συνδέεται άμεσα με τον ορισμό των διαστάσεών τους. Κατά τη διαδικασία της χαρτογραφικής οπτικοποίησης ακολουθείται μια βασική θεώρηση, η οποία ταξινομεί τον γεωγραφικό χώρο σε σημειακές (0-D), γραμμικές (1-D), επιφανειακές (2-D), τριδιάστατες (3-D) και δυναμικές (n-D) οντότητες (βλ. Κεφ. 2). Οι διαστάσεις αυτές καθορίζουν με τη σειρά τους τα γεωμετρικά πρότυπα που αξιοποιούνται, ώστε να γίνει εφικτή η απόδοση των χωρικών οντοτήτων μέσω διαφορετικών χαρτογραφικών προϊόντων. Συγκεκριμένα, σημειακές οντότητες αποδίδονται αξιοποιώντας δύο (x,y) ή τριών (x,y,z) διαστάσεων συστήματα συντεταγμένων, γραμμικές οντότητες ως ακολουθίες αντίστοιχων σημείων ((x₁,y₁),(x₂,y₂),... (x_n,y_n) ή (x₁,y₁,z₁),(x₂,y₂,z₂),... (x_n,y_n,z_n)), επιφανειακές οντότητες ως κλειστές γραμμές ((x₁,y₁),(x₂,y₂),... (x_n,y_n),(x₁,y₁) ή (x₁,y₁,z₁),(x₂,y₂,z₂),... (x_n,y_n,z_n),(x₁,y₁,z₁)) ή ως σύνολα σημείων (π.χ. κανάβων) ή γραμμών (π.χ. ισαριθμικών απεικονίσεων ή τριγωνικών δικτύων), τριδιάστατοι όγκοι μέσω συνόλων επιφανειών, ενώ δυναμικά σχήματα/σχήματα κινούμενης εικόνας δύνανται να παρέχουν τη δυνατότητα απόδοσης δυναμικών οντοτήτων.

Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της χαρτογραφικής οπτικοποίησης, οι χωρικές οντότητες περιγράφονται μέσω των γεωγραφικών δεδομένων τα οποία είναι διαθέσιμα, αξιοποιώντας διαφορετικές τεχνολογίες συλλογής (Κάβουρας κ.ά., 2016). Τα γεωγραφικά δεδομένα χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο μετρητικών και τοπολογικών ιδιοτήτων. Οι μετρητικές ιδιότητες συνδέονται με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (π.χ. σχήμα, εμβαδόν), τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν στα γεωγραφικά δεδομένα, ενώ οι τοπολογικές ιδιότητες (π.χ. γειτνίαση) δηλώνουν τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων. Εκτός όμως από τις παραπάνω ιδιότητες, τα γεωγραφικά δεδομένα χαρακτηρίζονται επίσης από τη μεταβολή τους στη μονάδα του χρόνου. Η απόδοση των χρονικών αλλαγών εμφανίζεται ως μια σημαντική διαδικασία, καθώς μπορεί να αναδείξει σημαντικά μοτίβα ή/και τάσεις ως προς την εξέλιξη φαινομένων που συνδέονται με τον γεωγραφικό χώρο. Στα τυπικά παραδείγματα απόδοσης χρονικών αλλαγών περιλαμβάνονται τα πλημμυρικά γεγονότα, η εξέλιξη πυρκαγιών, καθώς και η μεταβολή δεικτών πληθυσμού.

Η οπτικοποίηση των χρονικών αλλαγών που αναφέρονται σε ένα γεωγραφικό φαινόμενο μπορεί να ολοκληρωθεί μέσω διαφορετικών μορφών απεικόνισης, όπως μέσω ενός απλού στατικού χάρτη, μέσω μιας σειράς στατικών χαρτών, μέσω χαρτών κινούμενης εικόνας ή μέσω ειδικών απεικονίσεων.

Μέσω ενός απλού στατικού χάρτη, η παράμετρος του χρόνου μπορεί να αποδοθεί με ισαριθμικές καμπύλες που αποδίδουν τον χρόνο. Στην περίπτωση αυτή, οι ισόχρονες καμπύλες στην ουσία παράγουν μια συνεχή επιφάνεια, η οποία αποτελείται από διαφορετικές χρονικές ζώνες. Οι χαρτογραφικές απεικονίσεις που δημιουργούνται αποδίδουν τη χρονική απόσταση από σημεία ενδιαφέροντος. Ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί ένας χάρτης ο οποίος αποδίδει τον χρόνο ταξιδιού του κύματος κατά την εξέλιξη ενός φαινομένου τσουνάμι που συμβαίνει στον θαλάσσιο χώρο και το οποίο προκαλείται από ένα

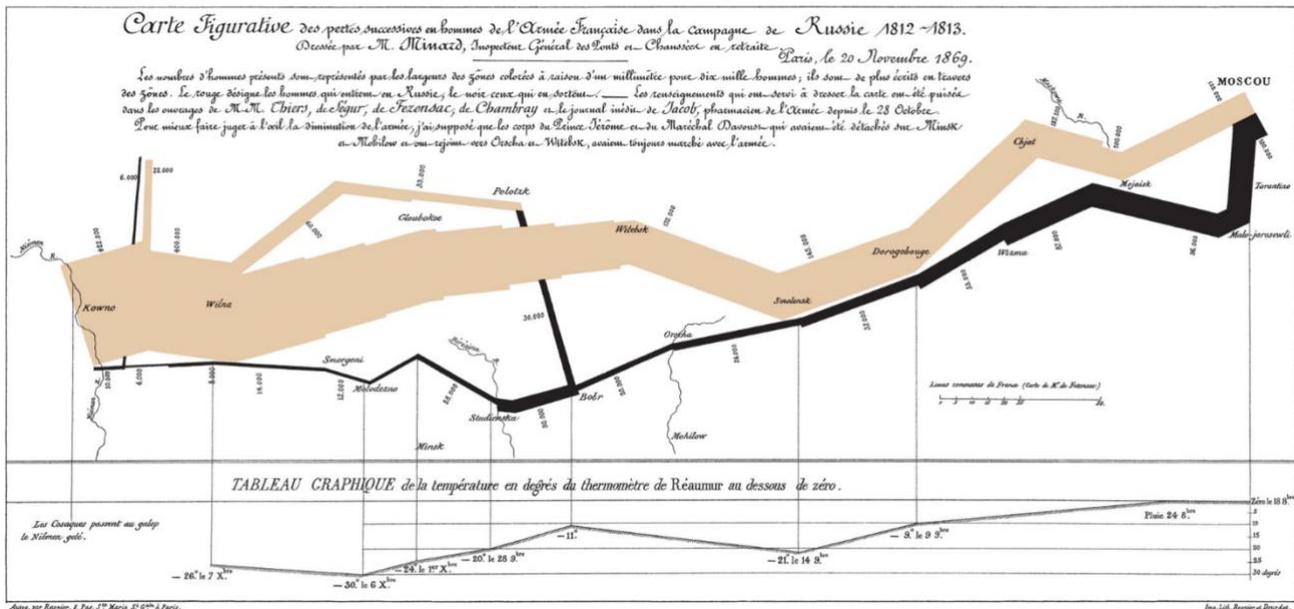
σεισμικό γεγονός. Σε αυτό το παράδειγμα, το σεισμικό γεγονός αποδίδεται χαρτογραφικά μέσω της θέσης του αντίστοιχου επικέντρου, ενώ οι τιμές που συνοδεύουν τις ισόχρονες καμπύλες αυξάνονται όσο απομακρυνόμαστε από το επίκεντρο του σεισμού. Οι διδιάστατες επιφάνειες μεταξύ των ισόχρονων καμπυλών συνθέτουν μια συνεχή επιφάνεια, αποτελούμενη από διαφορετικές χρονικές ζώνες (κάθε ζώνη αντιστοιχεί σε ένα εύρος ύψους κύματος). Η δημιουργία μιας συνεχούς επιφάνειας έχει άμεση και έμπρακτη χρησιμότητα, καθώς ταξινομεί τον χώρο βάσει του αποδιδόμενου φαινομένου, ενώ μπορεί να υποδείξει τον χρόνο που απαιτείται ώστε το θαλάσσιο κύμα να ταξιδέψει σε διαφορετικά σημεία της ακτογραμμής ή, γενικότερα, σε διαφορετικά σημεία του θαλάσσιου χώρου. Ο χάρτης (<http://snc.pdc.org/PRODUCTION/3efb196d-0829-448d-9b33-13b27b589ed4/ttt.png>) του οργανισμού Pacific Disaster Center (<https://www.pdc.org/>) αναφέρεται ως παράδειγμα της παραπάνω προσέγγισης.

Η απόδοση των αλλαγών που συμβαίνουν στη μονάδα του χρόνου και αναφέρονται στον γεωγραφικό χώρο μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω μιας σειράς (κλασικών) στατικών απεικονίσεων. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή, ενώ οι επιμέρους χαρτογραφικές απεικονίσεις διέπονται από τους κλασικούς κανόνες του χαρτογραφικού συμβολισμού για την οπτικοποίηση των γεωγραφικών φαινομένων, η παράμετρος του χρόνου πρέπει να αποδίδεται ξεκάθαρα και να προεξέχει των υπόλοιπων στοιχείων του χάρτη. Για παράδειγμα, το μέσο ύψος βροχόπτωσης, το οποίο αντιστοιχεί σε διαφορετικές διοικητικές διαιρέσεις και μήνες ενός έτους, μπορεί να αποδοθεί μέσω μιας σειράς δώδεκα χωροπληθών απεικονίσεων. Η διαφοροποίηση του παράγωγου ποσοτικού φαινομένου (μέσο ύψος βροχόπτωσης) επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας την οπτική μεταβλητή της έντασης, ενώ ο καθένας από τους δώδεκα επιμέρους χάρτες αντιστοιχεί σε έναν μήνα του έτους. Η τοποθέτηση των επιμέρους χαρτών σε μία χρονολογική σειρά (στο παράδειγμα η χρονολογική σειρά αντιστοιχεί στη γνωστή ακολουθία των μηνών) συνθέτει τη συνολική απεικόνιση. Μ' αυτήν την προσέγγιση τοποθέτησης γίνεται εφικτή η σύγκριση μεταξύ των επιμέρους χαρτών.

Ενώ η αξιοποίηση μιας σειράς κλασικών χαρτών δείχνει ικανή να υποστηρίξει την απόδοση μεταβολών του χώρου με χρονική υφή, παραμένει μια στατική απεικόνιση, που βασίζεται στην εφαρμογή των κλασικών οπτικών μεταβλητών του χαρτογραφικού συμβολισμού. Η σύνθεση των επιμέρους στατικών χαρτών μπορεί να οδηγήσει σε ένα μοναδικό δυναμικό χαρτογραφικό προϊόν, έναν χάρτη κινούμενης εικόνας (animated map). Η λειτουργία ενός χάρτη κινούμενης εικόνας βασίζεται αποκλειστικά στην αξιοποίηση ψηφιακών οθονών. Σε επόμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου περιγράφονται αναλυτικά οι μεταβλητές του σχεδιασμού, καθώς και οι διαφορετικές κατηγορίες των χαρτών κινούμενης εικόνας. Ωστόσο, ως χαρακτηριστικό παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί ένας χάρτης ενσωματωμένος σε συσκευές που παρέχουν δυνατότητα πλοήγησης οχημάτων (τεχνολογία πλέον διαθέσιμη σε συσκευές καθημερινής χρήσης, όπως για παράδειγμα στα έξυπνα κινητά τηλέφωνα).

Η χρονική διάσταση μπορεί επιπροσθέτως να αποδοθεί μέσω εναλλακτικών χαρτογραφικών απεικονίσεων. Συγκεκριμένα, για την απόδοση χρονικών μεταβολών, μπορούν να αξιοποιηθούν διαφορετικές μορφές απεικονίσεων, όπως τα χαρτογράμματα (cartograms), ο κύβος χώρου-χρόνου (space-time cube) και οι χάρτες ροής (flow maps). Σε ένα χαρτόγραμμα, ο χώρος μπορεί να υποστεί μια παραμόρφωση ανάλογα με τον χρόνο. Ο χρόνος μπορεί να αναφέρεται στην απαιτούμενη χρονική περίοδο μετάβασης από ένα σημείο του γεωγραφικού χώρου σε ένα άλλο (ένα σχετικό παράδειγμα χάρτη είναι διαθέσιμο στον ακόλουθο σύνδεσμο: <http://www.stonebrowndesign.com/uploads/9/7/6/9/9769402/mbta-rail-timescale.png>).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την απόδοση της χρονικής διάστασης παραμένει η εξοικείωση του αναγνώστη με το σχήμα της προς απόδοση γεωγραφικής περιοχής. Στον κύβο του χώρου-χρόνου το οριζόντιο επίπεδο αποτελείται από τον γεωγραφικό χώρο, ενώ η τρίτη διάσταση είναι η χρονική. Η απόδοση του κύβου χώρου-χρόνου μπορεί να υλοποιηθεί μέσω απλών προοπτικών απεικονίσεων ή μέσω διαδραστικών απεικονίσεων σε ψηφιακό περιβάλλον (βλ. Κεφ. 6). Τέλος, ένας χάρτης ροής μπορεί να αξιοποιηθεί για την απόδοση χωρικών μεταβολών στη μονάδα του χρόνου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο δημοφιλής χάρτης του Minard, ο οποίος απεικονίζει την απώλεια των στρατευμάτων κατά τη διάρκεια της εκστρατείας του Ναπολέοντα στη Μόσχα (1812-1813) (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1 Ενδεικτικό παράδειγμα χάρτη ροής: ο δημοφιλής χάρτης του Minard στον οποίο απεικονίζεται η απώλεια των στρατευμάτων κατά τη διάρκεια της εκστρατείας του Ναπολέοντα στη Μόσχα (1812-1813) (Χρήση [εικόνας](#) με άδεια [Wikimedia Commons](#)).

5.2 Χάρτες κινούμενης εικόνας

Η συνεχής εξέλιξη της πληροφορικής υπήρξε ένας σημαντικός αρωγός στην προσπάθεια των χαρτογράφων να εξελίξουν τον παραδοσιακό χάρτη. Πράγματι, οι χαρτογραφικές απεικονίσεις δύο διαστάσεων μπορούν να επεκταθούν σε ψηφιακό περιβάλλον, επιτρέποντας τη διαδραστική επικοινωνία με τον χρήστη. Η έννοια του ψηφιακού χάρτη είναι άμεσα συνδεδεμένη με το μέσο προβολής του, η λειτουργία του οποίου έχει ως βάση τη χρήση συσκευών ψηφιακής επεξεργασίας (π.χ. έξυπνα τηλέφωνα). Το μέσο προβολής είναι δυνατόν να αντιστοιχεί σε οποιαδήποτε οθόνη γραφικών, όπως σε μια τυπική οθόνη υπολογιστή ή (έξυπνου) κινητού τηλεφώνου. Η επικοινωνία μεταξύ αναγνώστη και χάρτη ολοκληρώνεται μέσα από τη διεπιφάνεια χρήστη (Graphical User Interface - GUI), που χρησιμοποιείται για την προβολή. Με αυτόν τον τρόπο, η βελτίωση της επικοινωνίας και της απόδοσης του χάρτη συνδέεται άμεσα με τη βελτίωση της διεπιφάνειάς του. Όπως γίνεται φανερό, η χρήση γραφικών μέσα από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή ή μέσω συναφών συσκευών επεξεργασίας επιτρέπει τη δημιουργία απεικονίσεων με δυναμικό χαρακτήρα, εισάγοντας με κάποιον τρόπο την έννοια της κίνησης στην απεικόνιση. Η ιδιότητα της κίνησης διαφοροποιεί τη συγκεκριμένη κατηγορία χαρτών από τους κλασικούς (έντυπους ή ψηφιακούς) στατικούς χάρτες.

Οι χάρτες κινούμενης εικόνας χαρακτηρίζονται από συνεχόμενη αλλαγή κατά τη διάρκεια της παρατήρησής τους. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος εμφανίζεται εξίσου ικανός στην οπτικοποίηση στατικών αλλά και κινούμενων χαρτογραφικών απεικονίσεων (Peterson, 1995). Ένας χάρτης ο οποίος εμπεριέχει κίνηση, μπορεί να είναι διαδραστικός ή μη. Μια θεμελιώδης ταξινόμηση των χαρτών με κίνηση είναι δυνατόν να επιτευχθεί με κριτήριο τη συσχέτιση της αλλαγής τους με τον χρόνο. Ωστόσο, αξίζει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι υπάρχουν διαφορετικές θεωρήσεις στον ορισμό της έννοιας του χρόνου κατά τον οποίο υφίσταται ένα γεγονός. Συγκεκριμένα, ένα γεγονός μπορεί να συμβαίνει στην κλίμακα του χρόνου της πραγματικότητας, στον χρόνο τον οποίο καταγράφεται σε μία βάση δεδομένων ή στον χρόνο που το γεγονός αυτό απεικονίζεται σε έναν χάρτη. Οι χάρτες κινούμενης εικόνας ενδέχεται να λειτουργούν ως χρονικοί ή μη. Εντούτοις, στις χαρτογραφικές χρονικές απεικονίσεις κινούμενης εικόνας υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του απεικονιζόμενου χρόνου και του πραγματικού χρόνου. Η λειτουργία των χρονικών χαρτών αυτού του είδους έγκειται στην υπόδειξη αλλαγών στη θέση ή στα χαρακτηριστικά των χωρικών δεδομένων που απεικονίζονται (Kraak & Ormeling, 2003).

Η εισαγωγή της έννοιας του χρόνου στις χαρτογραφικές απεικονίσεις είναι βαρύνουσα σημασίας. Πολλές φορές, δεν επαρκεί η κατανόηση ενός απεικονιζόμενου φαινομένου που συμβαίνει σε έναν γεωγραφικό χώρο, αν δεν γίνεται αντιληπτή η χρονική διάρκεια στην οποία αναφέρεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα

αποτελεί η απεικόνιση της μεταβολής του πληθυσμού σε έναν συγκεκριμένο γεωγραφικό χώρο για μια χρονική περίοδο. Όπως σημειώνεται και παραπάνω (παρ. 5.1), για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η λύση του κλασικού στατικού χάρτη, ο οποίος υποδεικνύει τη μεταβολή αποδίδοντας μέσω των χαρακτηριστικών της ποσοτικής και της ποιοτικής (αρνητικές ή θετικές μεταβολές) διαφοροποίησής της. Βέβαια, στο προηγούμενο πρόβλημα, η δημιουργία πολλών στατικών χαρτών (πληθυσμού) μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως εναλλακτική προσέγγιση.

Η ταυτόχρονη ένταξη των διαστάσεων του χώρου και του χρόνου σε μια χαρτογραφική απεικόνιση μπορεί να υλοποιηθεί μέσω των χαρτών κινούμενης εικόνας, στους οποίους η κίνηση αποτελεί το μέτρο της χρονικής μεταβολής των δεδομένων. Στους χάρτες κινούμενης εικόνας, η χαρτογράφηση του χρόνου έγκειται στη χαρτογράφηση αλλαγών στη γεωμετρία, στα χαρτογραφικά χαρακτηριστικά ή στον συνδυασμό τους (Kraak & Ormeling, 2003). Ωστόσο, όπως αναφέρεται και παραπάνω, οι χάρτες κινούμενης εικόνας είναι δυνατόν να μην συνδέονται άμεσα με την έννοια του χρόνου της πραγματικότητας. Έτσι, χάρτες αυτού του είδους δείχνουν αλλαγές οι οποίες προκαλούνται από παράγοντες διαφορετικούς από τον χρόνο (Peterson, 1995). Ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα μη χρονικής χαρτογραφικής απεικόνισης κινούμενης εικόνας μπορεί να αναφερθεί η απόδοση ενός ποσοτικού μεγέθους (π.χ. πληθυσμού) με διαφορετικές μεθόδους ομαδοποίησης των αντίστοιχων (ποσοτικών) δεδομένων.

Αξίζει να τονιστεί ότι πολλές φορές η έννοια των δυναμικών χαρτών ταυτίζεται με αυτήν των χαρτών κινούμενης εικόνας, χωρίς φυσικά αυτό να σημαίνει ότι οι δύο κατηγορίες εμφανίζουν πάντα κοινά χαρακτηριστικά. Οι χάρτες κινούμενης εικόνας αποτελούν την προσέγγιση των χαρτογράφων για την αφαιρετική απόδοση της πραγματικότητας, η οποία συμβαδίζει και λειτουργεί συνδυαστικά με τη χρήση ψηφιακών συσκευών. Η εκτίμηση της αντιληπτικότητας και της αποτελεσματικότητας των ψηφιακών χαρτών, που περιέχουν με οποιοδήποτε τρόπο την έννοια της κίνησης, είναι καθοριστικής σημασίας για τον σχεδιασμό τους, καθώς, ανεξάρτητα από τη μορφή του μέσου που ονομάζεται χάρτης (αναλογικός ή ψηφιακός, στατικός ή κινούμενης εικόνας), κύριος σκοπός παραμένει η αποτελεσματική επικοινωνία του χαρτογράφου με τον αναγνώστη για την αφαιρετική μεταφορά της πραγματικότητας.

5.3 Δυναμικές (οπτικές) μεταβλητές

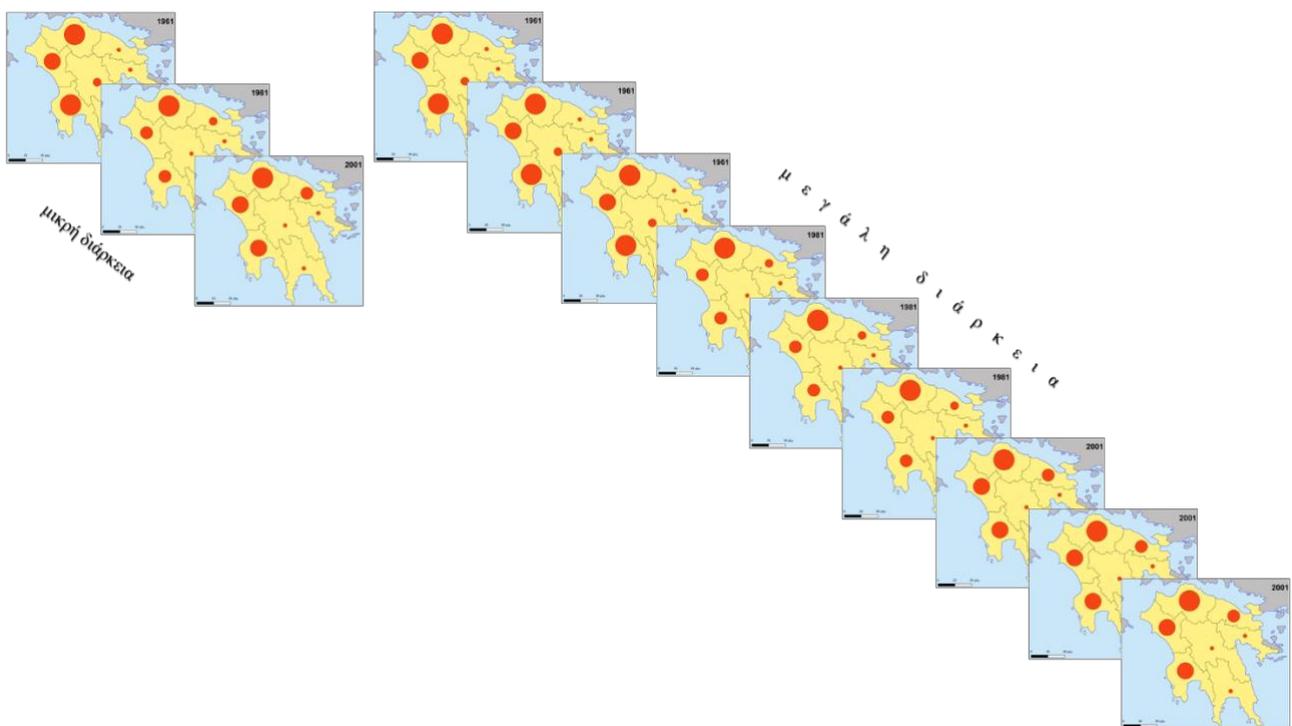
Ο χαρτογραφικός σχεδιασμός είναι άμεσα συνδεδεμένος με την επιλογή του κατάλληλου συμβολισμού για την απόδοση χωρικών στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν τόσο γεωμετρικά χαρακτηριστικά όσο και βασικά ή παράγωγα μεγέθη που αναφέρονται σε φυσικά ή ανθρωπογενή χωρικά φαινόμενα. Θεωρώντας τον χάρτη ως ένα μέσο επικοινωνίας μεταξύ χαρτογράφου και χρήστη, ο τρόπος ερμηνείας του είναι καίριας σημασίας. Ταυτόχρονα, η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων συμβολισμού αποτελεί για τους χαρτογράφους έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες στη διαδικασία που ονομάζεται χαρτογραφική οπτικοποίηση. Η αλλαγή χαρακτηριστικών γραφικών ιδιοτήτων (π.χ. μεγέθους και της απόχρωσης) των δομικών στοιχείων του χάρτη έγκειται στην παραμετροποίηση των οπτικών μεταβλητών (βλ. Κεφ. 4). Ο Bertin (1967/1983), ορίζοντας τις οπτικές μεταβλητές, αναγνώρισε τη λογική σχέση μεταξύ αυτών και των κατηγοριών μέτρησης και κατάταξης των δεδομένων (DiBiase et al., 1992). Όπως αναλύεται και στο κεφάλαιο 4, οι κύριες οπτικές μεταβλητές μέσω των οποίων επιτυγχάνονται οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των στοιχείων του χάρτη είναι η θέση, το μέγεθος, η απόχρωση, το σχήμα/μορφή, η ένταση, ο προσανατολισμός και η υφή. Επιπλέον, στη διεθνή βιβλιογραφία, ο κατάλογος των οπτικών μεταβλητών εμπλουτίζεται, ώστε να συμπεριλάβει και ειδικές κατηγορίες μεταβλητών (όπως είναι οι μεταβλητές του διαστήματος, του μοτίβου και του κόκκου), οι οποίες ωστόσο προκύπτουν κυρίως από τις αντίστοιχες βασικές. Οι οπτικές μεταβλητές αποτελούν τα δομικά γραφικά στοιχεία των στατικών χαρτών. Ένας στατικός χάρτης δημιουργείται, μέσω της χρήσης των οπτικών μεταβλητών για τον σχεδιασμό συμβόλων, μεταξύ δύο ή τριών χωρικών διαστάσεων, ενώ ένας δυναμικός χάρτης δημιουργείται μεταξύ δύο ή τριών χωρικών διαστάσεων και της χρονικής διάστασης (DiBiase et al., 1992). Θεμελιώδη δομικά στοιχεία ενός δυναμικού χάρτη αποτελούν οι δυναμικές (οπτικές) μεταβλητές. Η απόδοση ενός δυναμικού χάρτη χαρακτηρίζεται από στοιχεία τα οποία δεν είναι διαθέσιμα σε μια αντίστοιχη στατική απεικόνιση. Συγκεκριμένα, ένας δυναμικός χάρτης ενδέχεται να παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας απεικονίσεων μέσω κινούμενης εικόνας, αναπαραστάσεων υποβοηθούμενων με ήχο και αλληλεπίδρασης του χρήστη με την απεικόνιση (DiBiase et al., 1992).

Η έννοια των δυναμικών μεταβλητών εισάγεται αρχικά από τους DiBiase, MacEachren, Krygier και Reeves (DiBiase et al., 1992). Η αρχική λίστα περιελάμβανε τις μεταβλητές της διάρκειας, του βαθμού αλλαγής

και της ακολουθίας. Αργότερα, η λίστα των δυναμικών μεταβλητών εμπλουτίστηκε από τον MacEachren (1995) με τις μεταβλητές του χρόνου απεικόνισης (ή προβαλλόμενης ημερομηνίας), της συχνότητας (ή χρονικής υφής) και του συγχρονισμού. Οι δυναμικές μεταβλητές λειτουργούν σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες οπτικές για τη δημιουργία χαρτών κινούμενης εικόνας.

Η διάρκεια μπορεί να οριστεί ως το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εμφανίζεται ένα καρέ (frame) εικόνας ή ένα σύνολο ίδιων καρέ της κινούμενης εικόνας (Slocum et al., 2009). Η διάρκεια της σκηνής αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο δεν συμβαίνει καμία αλλαγή στη σκηνή αυτή (Kraak & Ormeling, 2003). Γενικά, μία ομάδα καρέ της κινούμενης εικόνας, στα οποία δεν υφίσταται καμία αλλαγή, μπορεί να θεωρηθεί ως μία ενιαία σκηνή (Slocum et al., 2009). Η διαφορά στην απεικόνιση μιας σκηνής ως στατικού χάρτη ή ως μέρους ενός χάρτη κινούμενης εικόνας έγκειται στο γεγονός ότι στην περίπτωση του χάρτη κινούμενης εικόνας, η διάρκεια εμφάνισης μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μεταβλητή του σχεδιασμού (DiBiase et al., 1992). Η μέτρηση του μεγέθους της διάρκειας γίνεται σε μονάδες χρόνου, δηλαδή σε ποσοτικές μονάδες. Συνεπώς, είναι λογικό ότι η δυναμική μεταβλητή της διάρκειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση ποσοτικών δεδομένων (Slocum et al., 2009). Σκηνές μεγαλύτερης διάρκειας σχετίζονται με μεγαλύτερες ποσότητες της μεταβλητής, η οποία πιθανόν επιδιώκεται να τονίζεται (DiBiase et al., 1992).

Στην Εικόνα 5.2 παρουσιάζονται στατικοί χάρτες (καρέ) μικρής και μεγάλης διάρκειας και χάρτες κινούμενης εικόνας με μικρή και μεγάλη διάρκεια καρέ. Ο αριθμός των καρέ που αξιοποιείται στον στατικό χάρτη μεγάλης διάρκειας είναι τριπλάσιος από τον αριθμό των καρέ του χάρτη μικρής διάρκειας. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των καρέ του χάρτη κινούμενης εικόνας μεγάλης διάρκειας (1500 ms) είναι τριπλάσιος του χρόνου που μεσολαβεί ανάμεσα στα καρέ του χάρτη κινούμενης εικόνας μικρής διάρκειας (500 ms).



α



β1



β2

Εικόνα 5.2 Στατικοί χάρτες (καρέ) μικρής και μεγάλης διάρκειας (α) και χάρτες κινούμενης εικόνας με μικρή και μεγάλη διάρκεια καρέ (β1 και β2, αντίστοιχα).

Ο βαθμός αλλαγής αναφέρεται στη διαφορά του μεγέθους των αλλαγών στη μονάδα του χρόνου για κάθε ακολουθία καρέ ή σκηνών (Kraak & Ormeling; 2003, Slocum et al., 2009). Η τιμή του βαθμού αλλαγής μπορεί να γραφεί και ως το πηλίκο:

$$\text{βαθμός αλλαγής} = m/d \tag{5.1}$$

όπου m το μέγεθος των αλλαγών μεταξύ των σκηνών και d το μέγεθος της διάρκειας κάθε σκηνής (DiBiase et al., 1992; MacEachren, 1995). Οι αλλαγές στα καρέ της εικόνας ή των σκηνών είναι δυνατόν να σχετίζονται με αλλαγές σε θέσεις ή σε χαρακτηριστικά των οντοτήτων των σκηνών (DiBiase et al., 1992; Slocum et al., 2009). Είναι προφανές ότι στην περίπτωση που δεν συμβαίνουν αλλαγές στην απεικόνιση η τιμή του λόγου είναι μηδενική. Αυξάνοντας την τιμή του παράγοντα m , διατηρώντας σταθερή την ποσότητα d , ο χαρακτήρας της κίνησης γίνεται λιγότερο ομαλός και περισσότερο απότομος (DiBiase et al., 1992). Αντίθετα, στην περίπτωση που η ποσότητα d μειώνεται, ενώ ο παράγοντας m παραμένει σταθερός, μειώνεται και ο φαινομενικός βαθμός αλλαγής (DiBiase et al., 1992). Σε έναν χάρτη κινούμενης εικόνας, ο βαθμός αλλαγής είναι δυνατόν να είναι σταθερός ή μεταβλητός (MacEachren, 1995).

Στην Εικόνα 5.3 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα στατικών χαρτών (καρέ) μικρού (αργού) και μεγάλου (απότομου) βαθμού αλλαγής (α) και χαρτών κινούμενης εικόνας με μικρό και μεγάλο βαθμό αλλαγής (β_1 και β_2 , αντίστοιχα). Το μέτρο της μετατόπισης του σημειακού συμβόλου (κόκκινου ρόμβου) στον στατικό χάρτη μεγάλου βαθμού αλλαγής είναι διπλάσιο από το μέτρο της μετατόπισης του αντίστοιχου συμβόλου στον χάρτη μικρού βαθμού αλλαγής. Τα καρέ που αξιοποιούνται στον χάρτη κινούμενης εικόνας μεγάλου βαθμού αλλαγής παρουσιάζουν τη διπλάσια μετατόπιση στο σημειακό σύμβολο σε σχέση με τα καρέ που αξιοποιούνται στον χάρτη κινούμενης εικόνας μικρού βαθμού αλλαγής. Καθώς η διάρκεια (d) μεταξύ των καρέ παραμένει σταθερή (800 ms) στους δύο χάρτες κινούμενης εικόνας αλλά το μέτρο της μετατόπισης του συμβόλου (που αντιστοιχεί στο μέγεθος της αλλαγής (m)) είναι διπλάσιο για την περίπτωση β_2 , ο βαθμός αλλαγής είναι διπλάσιος στον χάρτη β_2 σε σχέση με τον χάρτη β_1 .

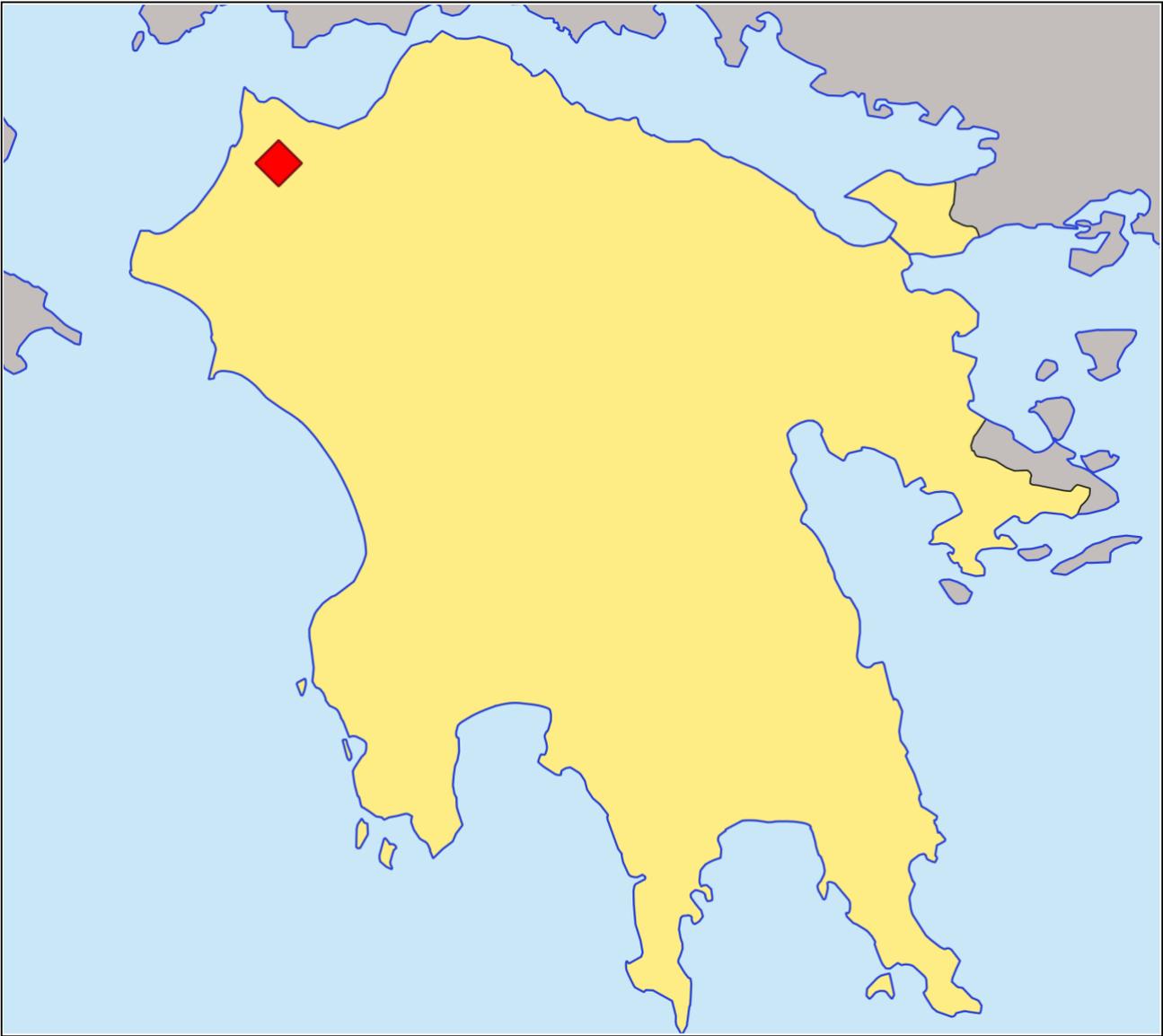
Μικρός (αργός) βαθμός αλλαγής



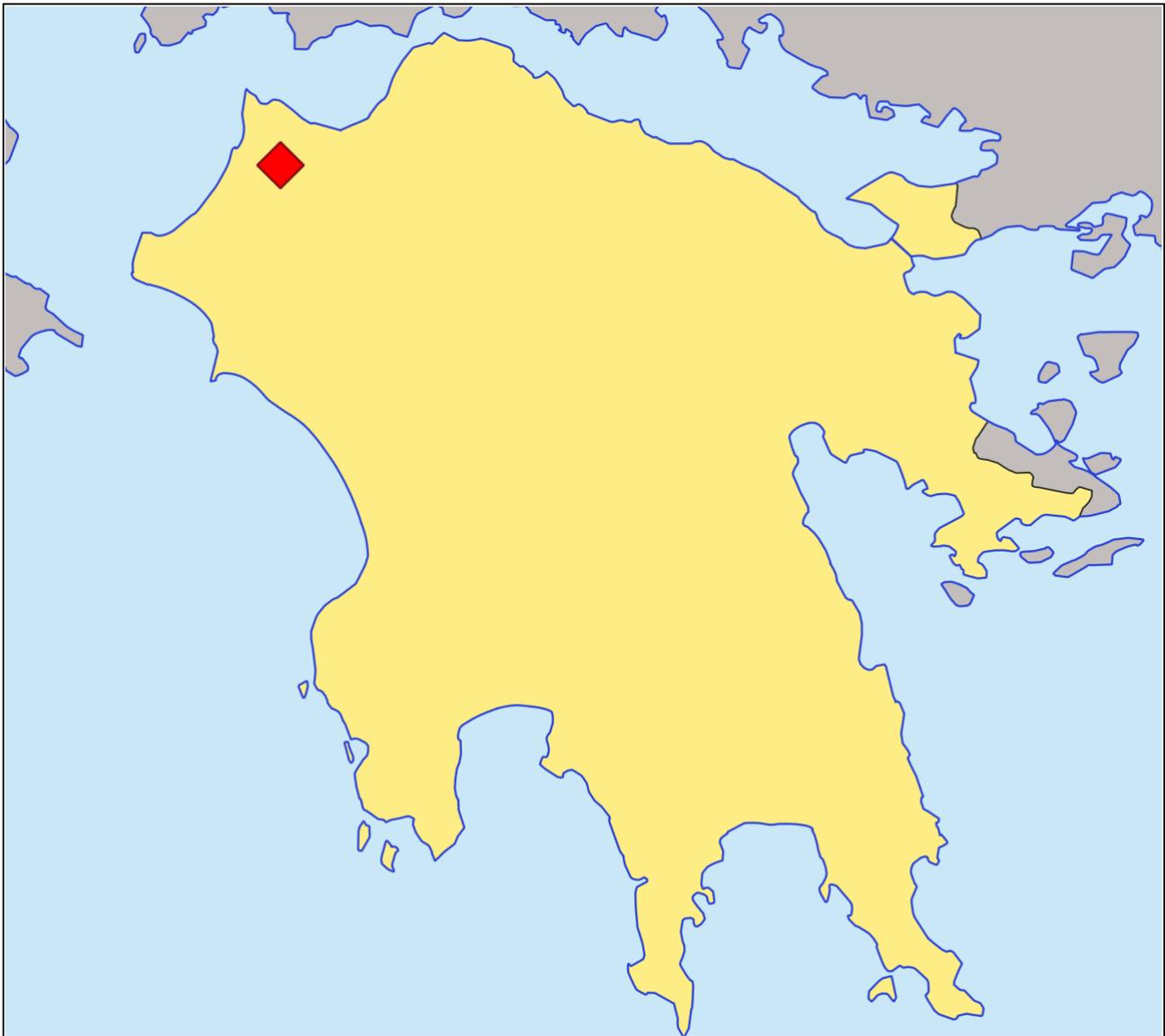
Μεγάλος (απότομος) βαθμός αλλαγής



α



β1

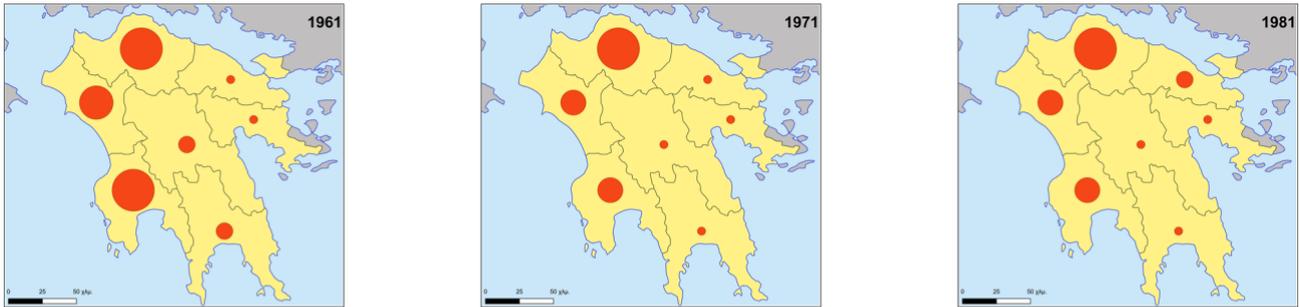


β2

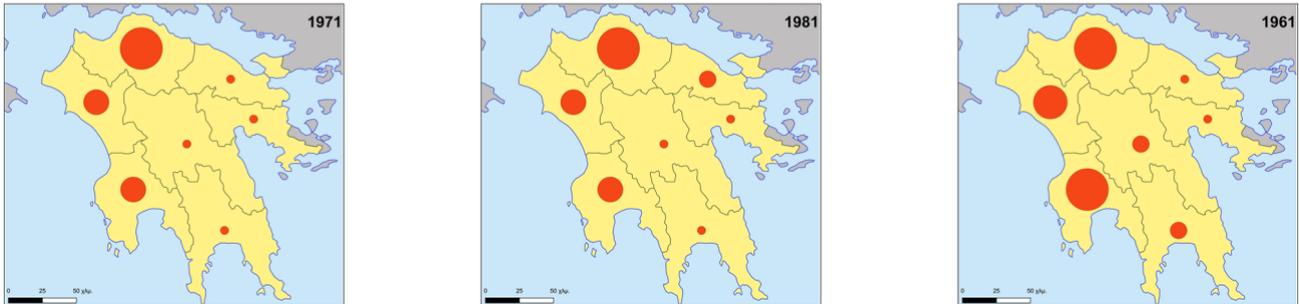
Εικόνα 5.3 Στατικοί χάρτες (καρέ) μικρού (αργού) και μεγάλου (απότομου) βαθμού αλλαγής (α) και χάρτες κινούμενης εικόνας με μικρό και μεγάλο βαθμό αλλαγής (β1 και β2, αντίστοιχα).

Η σειρά ακολουθίας των καρέ ή των σκηνών σε έναν χάρτη κινούμενης εικόνας αποτελεί μία επιπλέον δυναμική μεταβλητή. Ουσιαστικά, η δυναμική μεταβλητή της ακολουθίας ταυτίζεται με τη σειρά εμφάνισης (DiBiase et al., 1992; Slocum et al., 2009). Στην περίπτωση που τα στοιχεία προς απεικόνιση αποτελούν χρονοσειρές δεδομένων, είναι λογικό η ακολουθία των καρέ ή των σκηνών να ακολουθεί τη χρονολογική σειρά. Βέβαια, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η ακολουθία των καρέ ή των σκηνών δεν είναι απαραίτητο να συμβαδίζει με τη χρονολογική σειρά (DiBiase et al., 1992) αλλά να σχετίζεται με την αριθμητική ακολουθία μίας ποσότητας διαφορετικής του χρόνου (MacEachren, 1995). Στην Εικόνα 5.4 απεικονίζονται στατικοί χάρτες (καρέ) των οποίων η σειρά ακολουθίας εξαρτάται από τη χρονολογία (προβαλλόμενη ημερομηνία) ή από την αριθμητική ποσότητα (μέγεθος) του φαινομένου.

Σειρά ακολουθίας καρέ σύμφωνα με την προβαλλόμενη ημερομηνία



Σειρά ακολουθίας καρέ σύμφωνα με το μέγεθος του φαινομένου



Εικόνα 5.4 Στατικοί χάρτες (καρέ) των οποίων η σειρά ακολουθίας εξαρτάται από τη χρονολογία (προβαλλόμενη ημερομηνία) ή από την αριθμητική ποσότητα (μέγεθος) του φαινομένου.

Ο χρόνος της απεικόνισης ή η προβαλλόμενη ημερομηνία αναφέρεται στον χρόνο κατά τον οποίο εισάγεται κάποια αλλαγή στην απεικόνιση. Ο χρόνος αυτός μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τη χρονολογική ημερομηνία, γεγονός το οποίο καθορίζει με τη σειρά του την αντίστοιχη χρονική τοποθεσία. Σε έναν δυναμικό χάρτη, το μέγεθος του χρόνου της απεικόνισης στο οποίο ενεργοποιείται ένα χαρακτηριστικό είναι σε θέση να υποδείξει τη δημιουργία ενός φαινομένου. Βέβαια, ο χρόνος της απεικόνισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επισήμανση συγκεκριμένων θέσεων. Στην περίπτωση αυτή δε συνδέεται με τη χρονολογική ημερομηνία (MacEachren, 1995). Στην Εικόνα 5.5 παρουσιάζονται χάρτες κινούμενης εικόνας με σειρά ακολουθίας η οποία εξαρτάται από τη χρονολογία (προβαλλόμενη ημερομηνία) ή από την αριθμητική ποσότητα (μέγεθος) του φαινομένου.



α1



α2

Εικόνα 5.5 Χάρτες κινούμενης εικόνας με σειρά ακολουθίας (για τα καρτέ τους) η οποία εξαρτάται από τη χρονολογία (προβαλλόμενη ημερομηνία) (α1) ή από την αριθμητική ποσότητα (μέγεθος) του φαινομένου (α2).

Η συχνότητα ή χρονική υφή αντιστοιχεί στον αριθμό των αναγνωρίσιμων σταδίων στη μονάδα του χρόνου (MacEachren, 1995). Η συχνότητα συνδέεται άμεσα με τη διάρκεια, καθώς η μία μπορεί να οριστεί με όρους της άλλης. Αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστή δυναμική μεταβλητή, καθώς οι άνθρωποι αντιδρούν σ' αυτήν και την αντιλαμβάνονται ως ανεξάρτητη (MacEachren, 1995). Στην Εικόνα 5.6 απεικονίζονται στατικοί χάρτες (καρέ) χαμηλής και υψηλής συχνότητας (α) και χάρτες κινούμενης εικόνας με χαμηλή και υψηλή συχνότητα (β1 και β2, αντίστοιχα). Ο αριθμός των επισημασμένων καρτέ (κόκκινης απόχρωσης) στον στατικό χάρτη υψηλής συχνότητας είναι μεγαλύτερος (3 καρτέ) σε σχέση με τον αριθμό των αντίστοιχων καρτέ που υπάρχουν στον στατικό χάρτη χαμηλής συχνότητας (1 καρτέ). Κατά αντιστοιχία, ο αριθμός των επισημασμένων καρτέ που αξιοποιούνται στον χάρτη κινούμενης εικόνας υψηλής συχνότητας (β2) είναι τριπλάσιος σε σχέση με τον αριθμό των επισημασμένων καρτέ που αξιοποιούνται στον χάρτη κινούμενης εικόνας χαμηλής συχνότητας (β1).

Χαμηλή Συχνότητα



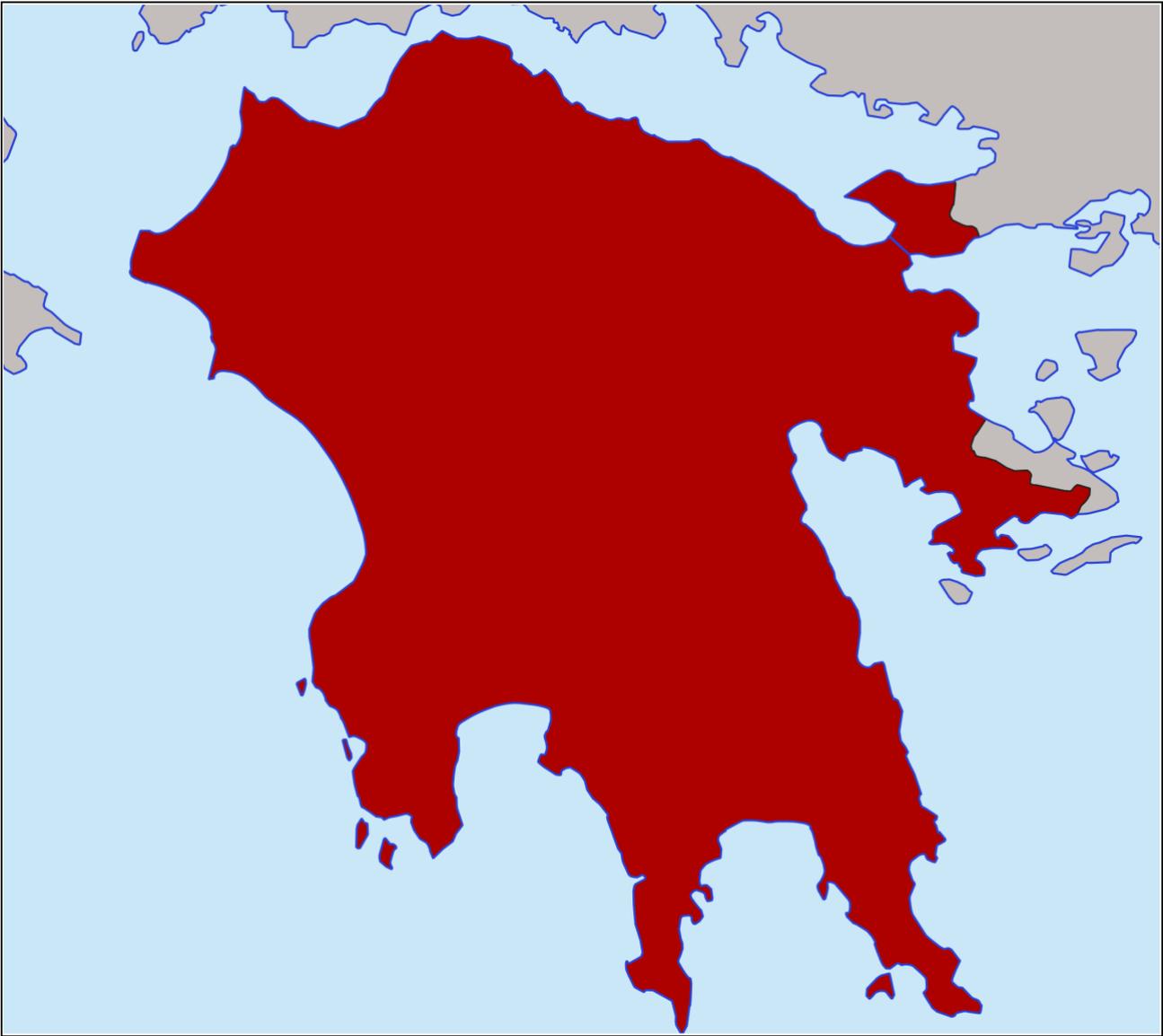
Υψηλή Συχνότητα



α



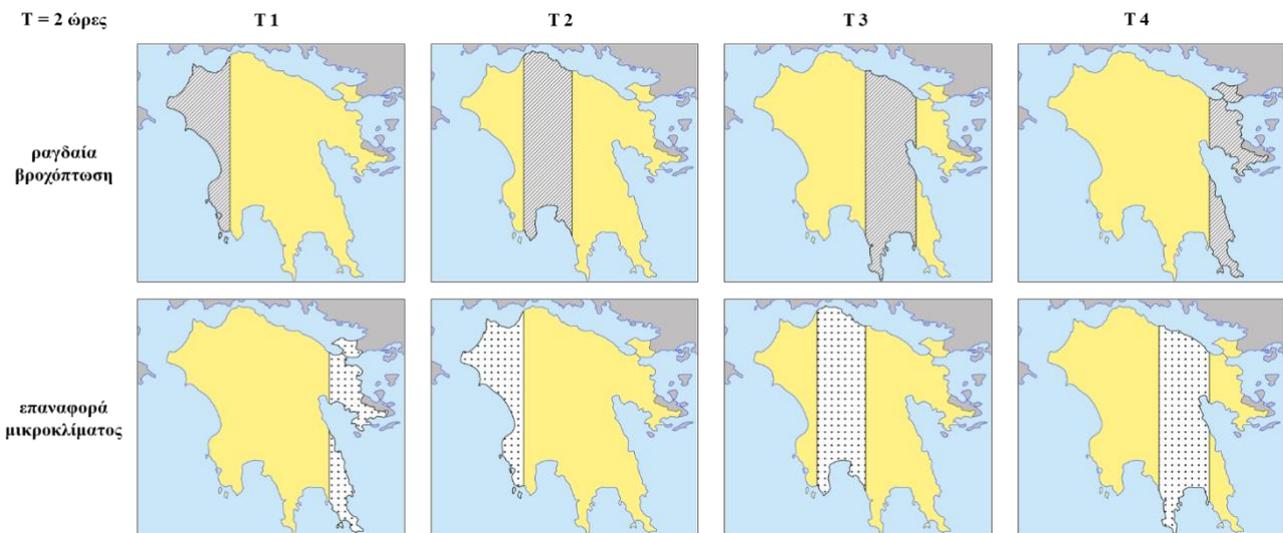
β1



β2

Εικόνα 5.6 Στατικοί χάρτες (καρέ) χαμηλής και υψηλής συχνότητας (α) και χάρτες κινούμενης εικόνας με χαμηλή και υψηλή συχνότητα (β1 και β2, αντίστοιχα).

Η δυναμική μεταβλητή του συγχρονισμού χρησιμοποιείται με σκοπό τη σύνδεση της απόδοσης δύο ή περισσότερων διαφορετικών οντοτήτων ή φαινομένων, αξιοποιώντας συνήθως τον χρόνο της απεικόνισης για την επίτευξη της συγκεκριμένης διαδικασίας (Kraak & Ormeling, 2003). Ένα παράδειγμα στατικών χαρτών με διαφορετική φάση εμφάνισης των εξεταζόμενων φαινομένων παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.7. Για δεδομένο χρόνο απεικόνισης ($T1 - T4$), το φαινόμενο που απεικονίζεται στους στατικούς χάρτες της κάτω σειράς (επαναφορά μικροκλίματος) εμφανίζεται με σταθερή αντιστοιχία φάσης ($T = 2$ ώρες), σε σχέση με το φαινόμενο που απεικονίζεται στους στατικούς χάρτες της επάνω σειράς (ραγδαία βροχόπτωση.) Ουσιαστικά, στο εν λόγω παράδειγμα, το μικροκλίμα της εκάστοτε περιοχής αναφοράς επανέρχεται στα προηγούμενα επίπεδα δύο (2) ώρες (T) έπειτα από την εκδήλωση ραγδαίας βροχόπτωσης στην ίδια περιοχή αναφοράς.



Εικόνα 5.7 Στατικοί χάρτες με διαφορετική φάση εμφάνισης των εξεταζόμενων φαινομένων.

Οι διαφοροποιήσεις που προκύπτουν από τις διαφορετικές τιμές των δυναμικών μεταβλητών, ενδέχεται να αντιστοιχούν σε ονομαστικές διαφοροποιήσεις (χρόνος απεικόνισης, ακολουθία, συγχρονισμός) ή σε διαφοροποιήσεις αριθμητικής φύσεως (διάρκεια, συχνότητα, βαθμός αλλαγής). Σύμφωνα με τους Kraak & Oortmeling (2003), οι μεταβλητές της διάρκειας και της ακολουθίας αποτελούν τις σημαντικότερες δυναμικές μεταβλητές και πρέπει να τοποθετούνται στο υπόμνημα κατά τον σχεδιασμό του χάρτη κινούμενης εικόνας.

5.4 Ταξινόμηση χαρτών κινούμενης εικόνας

Στην εργασία των DiBiase, MacEachren, Krygier & Reeves (DiBiase et al., 1992), στην οποία εισάγεται η έννοια των δυναμικών μεταβλητών, διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες απεικονίσεων, στις οποίες οι μεταβλητές αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν στη διαδικασία του χαρτογραφικού σχεδιασμού. Αναφέρονται απεικονίσεις στις οποίες δίνεται έμφαση στην ύπαρξη ενός φαινομένου σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία, απεικονίσεις στις οποίες δίνεται έμφαση σε ένα χαρακτηριστικό ενός φαινομένου και απεικονίσεις στις οποίες αναπαρίστανται αλλαγές στη θέση ενός φαινομένου ή ενός χαρακτηριστικού. Η ίδια διάκριση, για τους χάρτες κινούμενης εικόνας, ακολουθείται και στο βιβλίο των Slocum, McMaster, Kessler & Howard (2009).

Η χρήση των δυναμικών μεταβλητών, στην περίπτωση που δίνεται έμφαση στην τοποθεσία ενός φαινομένου, παράγει ίσως την απλούστερη μορφή δυναμικών χαρτών (DiBiase et al., 1992). Στην περίπτωση που η απεικόνιση της θέσης γίνεται με δυναμικό χαρακτήρα, η χρήση των οπτικών μεταβλητών που έχουν χρησιμοποιηθεί στον σχεδιασμό ενδυναμώνεται. Στην Εικόνα 5.8 παρουσιάζεται ένας χάρτης κινούμενης εικόνας στον οποίο η απεικόνιση της θέσης μιας οντότητας, ενός φαινομένου ή ενός γεγονότος γίνεται με δυναμικό χαρακτήρα, με τη χρήση παλλόμενων σημειακών συμβόλων ή σημειακών συμβόλων που «αναβοσβήνουν» (flashing points).



Εικόνα 5.8 Χάρτης κινούμενης εικόνας όπου η απεικόνιση της θέσης μιας οντότητας, ενός φαινομένου ή ενός γεγονότος γίνεται με δυναμικό χαρακτήρα, με τη χρήση παλλόμενων σημειακών συμβόλων ή σημειακών συμβόλων που «αναβοσβήνουν» (*flashing points*).

Χαρακτηριστικό είναι επίσης το παράδειγμα της χρήσης ενός σημειακού συμβόλου που «αναβοσβήνει» (*flashing point*) για την υπόδειξη θέσεων σεισμών (DiBiase et al., 1992).

Μια στρατηγική για τη δημιουργία απεικονίσεων, στην οποία δίνεται έμφαση σε ένα χαρακτηριστικό, περιλαμβάνει την παραγωγή μιας δυναμικής απεικόνισης από διάφορες σκηνές ενός στατικού χάρτη, σε κάθε σκηνή του οποίου απεικονίζεται μια κατηγορία του χαρακτηριστικού αυτού (DiBiase et al., 1992). Επιπλέον, έμφαση στη χωρική διασπορά ενός χαρακτηριστικού θα μπορούσε να δοθεί τονίζοντας επιλεγμένα μέρη του, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την αλληλουχία σε έναν χάρτη που απεικονίζεται τμηματικά (Slocum et al., 2009). Στην Εικόνα 5.9 παρουσιάζεται ένας τέτοιος χάρτης κινούμενης εικόνας, στον οποίο το φαινόμενο που μεταβάλλεται παρουσιάζει διασπορά στον χώρο. Ουσιαστικά, στον συγκεκριμένο χάρτη παρουσιάζεται η εξάπλωση ενός φαινομένου (π.χ. μια πυρκαγιάς) του οποίου οι επιμέρους φάσεις ανά διαφορετική ημερομηνία και ώρα αναπαρίστανται από πολυγωνικά δεδομένα/σύμβολα.



Εικόνα 5.9. Χάρτης κινούμενης εικόνας στον οποίο το φαινόμενο που μεταβάλλεται παρουσιάζει διασπορά στον χώρο. Στον συγκεκριμένο χάρτη παρουσιάζεται η εξάπλωση ενός φαινομένου (π.χ. μια πυρκαγιάς).

Στην τρίτη κατηγορία χαρτών κινούμενης εικόνας, οι δυναμικές μεταβλητές αξιοποιούνται για την οπτικοποίηση φαινομένων τα οποία αλλάζουν στη διάσταση του χρόνου και του χώρου (DiBiase et al., 1992). Οι αλλαγές που συμβαίνουν και μπορούν να οπτικοποιηθούν είναι δυνατόν να σχετίζονται με χωρικές αλλαγές (fly-by ή fly-over όπως αναφέρεται σε Slocum et al., 2009), με χρονολογικές αλλαγές και με αλλαγές χαρακτηριστικών (re-expressions). Σε μια απεικόνιση τύπου «fly-by», ο χρήστης έχει την αίσθηση της «ιπτάμενης» περιήγησης πάνω από μία τριδιάστατη επιφάνεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα δημιουργίας των συγκεκριμένων απεικονίσεων παρέχεται σήμερα από πολλά διαφορετικά λογισμικά εργαλεία συμπεριλαμβανομένων των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information Systems - GIS). Οι απεικονίσεις που σχετίζονται με χρονολογικές αλλαγές αποτελούν τις περισσότερο προφανείς απεικονίσεις κινούμενης εικόνας, τόσο σε κοινωνικές όσο και σε φυσικές επιστήμες (DiBiase et al., 1992). Οι απεικονίσεις τύπου «re-expressions», αποτελούν εναλλακτικές γραφικές αναπαραστάσεις, των οποίων η δομή έχει αλλάξει μέσα από έναν μετασχηματισμό των πρωταρχικών δεδομένων (DiBiase et al., 1992).

Τόσο η χρήση των δυναμικών μεταβλητών στον σχεδιασμό δυναμικών χαρτών, όσο και η γενικότερη αξιολόγηση της αποδοτικότητας των χαρτών κινούμενης εικόνας αποτελούν δύο στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται στη χαρτογραφική έρευνα τα τελευταία χρόνια. Αναμφίβολα, η αναπαραστάση δεδομένων με τη βοήθεια χαρτών που περιέχουν κίνηση είναι αρκετά εντυπωσιακή. Το ζητούμενο στον χαρτογραφικό

σχεδιασμό είναι η δημιουργία αυτών των απεικονίσεων που θα αποτελούν την καλύτερη αφαίρεση της πραγματικότητας, μεταφέροντας αναλλοίωτο το μήνυμα του χαρτογράφου στον αναγνώστη. Βέβαια, στην περίπτωση των χαρτών κινούμενης εικόνας, οι δυνατότητες του αναγνώστη του χάρτη είναι διευρυμένες, καθώς σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να επέμβει τόσο στη μορφή όσο και στον τρόπο απεικόνισης των χαρτογραφικών στοιχείων και αντικειμένων.

Βιβλιογραφία

- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, Madison, 432 pp. (French edition, 1967).
- DiBiase D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 201-214.
- Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κονταξάκη, Σ., & Τομαή, Ε. (2016). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Αρχές και Τεχνολογίες* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/6392>
- Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2003). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (2nd ed.). Prentice Hall, 160-167.
- MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, New York, 513 pp.
- Peterson, M. P. (1995). *Interactive and Animated Cartography*. Prentice Hall Series in Geographic Information Science, 43-56.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (3rd ed.). Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Κεφάλαιο 6

Σύνοψη

Στο Κεφάλαιο 6 περιγράφονται η λειτουργία των ηχητικών (ακουστικών) μεταβλητών και οι τρόποι αξιοποίησής τους για την απόδοση ποιοτικών και ποσοτικών διαφοροποιήσεων μεταξύ χωρικών οντοτήτων. Αναλύεται η έννοια της διαδραστικότητας και της πλοήγησης σε ψηφιακούς (διαδικτυακούς ή μη) χάρτες, καθώς και σε χάρτες πολυμέσων. Αναφέρονται τα είδη των διαφορετικών πολυμέσων, τα οποία ενσωματώνονται σε σύγχρονα χαρτογραφικά προϊόντα. Τέλος, παρουσιάζονται οι βασικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τη μορφοποίηση της διάταξης των διαδραστικών χαρτών και των χαρτών πολυμέσων.

Προαπαιτούμενη γνώση

Χαρτογραφικός συμβολισμός, οπτικές μεταβλητές, δυναμικές μεταβλητές, στατικοί χάρτες, χάρτες κινούμενης εικόνας, βασικές αρχές χαρτογραφικής σύνθεσης.

Συνοδευτικό Υλικό

Το διαδραστικό υλικό που συνοδεύει το κεφάλαιο υπάρχει διαθέσιμο προς [μεταφόρτωση στο Αποθετήριο](#).

6 Διαδραστικοί χάρτες & χάρτες πολυμέσων

6.1 Ηχητικές (ακουστικές) μεταβλητές

Οι στατικοί χάρτες, καθώς και οι χάρτες κινούμενης εικόνας βασίζονται στην αξιοποίηση μεταβλητών, οι οποίες είναι σε θέση να αποδίδουν οπτικά ποσοτικές και ποιοτικές διαφορές μεταξύ των χωρικών δεδομένων. Η αντίληψη των διαφορών αυτών επιτυγχάνεται μέσω της όρασης. Ωστόσο, η ανάπτυξη των μέσων απόδοσης που αξιοποιούνται για την απόδοση της γεωγραφικής πληροφορίας επιτρέπει επιπλέον την αξιοποίηση των αισθήσεων της αφής και της ακοής κατά τη χρήση χαρτογραφικών προϊόντων. Η αφή αξιοποιείται αντικαθιστώντας τον κέρσορα και επιτρέποντας την περιήγηση πάνω σε διαφορετικά χαρτογραφικά υπόβαθρα, μέσω ψηφιακών οθονών που λειτουργούν σε διαφορετικές (φορητές κυρίως) συσκευές, όπως σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα, tablets, και Η/Υ. Η ακοή αξιοποιείται για την αντίληψη ήχων που συνοδεύουν μια χωρική απεικόνιση.

Μια χωρική απεικόνιση μπορεί να περιλαμβάνει ήχους οι οποίοι συνδέονται με συγκεκριμένες οντότητες ή ενέργειες. Για παράδειγμα, ένας ρεαλιστικός ήχος μπορεί να έχει μιμητικό ρόλο, όταν αυτός συνδέεται με ένα συγκεκριμένο χαρτογραφικό σύμβολο. Επιπροσθέτως, ηχητικές προτάσεις (αφηγήσεις) αξιοποιούνται, ώστε να συνδέσουν χωρικά δεδομένα με την αφήγηση μιας ιστορίας ή την εκφώνηση οδηγιών για την εξυπηρέτηση αναγκών πλοήγησης. Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν εκπαιδευτικοί χάρτες, οι οποίοι περιλαμβάνουν αφηγήσεις ιστορικών γεγονότων, καθώς και χάρτες φορητών συσκευών πλοήγησης.

Στα προηγούμενα παραδείγματα, οι μορφές των ήχων που αναφέρονται έχουν επιτελικό χαρακτήρα, καθώς δεν επηρεάζουν την απόδοση των χαρτογραφικών οντοτήτων. Ωστόσο, η παράμετρος του ήχου μπορεί να αξιοποιηθεί και για την απόδοση γεωγραφικών φαινομένων. Συγκεκριμένα, ο Krygier (1994) εισήγαγε την έννοια των ηχητικών (ακουστικών) μεταβλητών. Πρόκειται για μεταβλητές αφηρημένου ήχου οι οποίες δεν σχετίζονται με ρεαλιστικούς/μιμητικούς ήχους και εφαρμόζονται για την απόδοση διαφοροποιήσεων μεταξύ γεωγραφικών δεδομένων.

Οι ηχητικές μεταβλητές (Krygier, 1994) παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

- Θέση (location): Η θέση ενός ήχου στον διδιάστατο (2D) ή στον τριδιάστατο (3D) χώρο. Η θέση του ήχου μπορεί να αξιοποιηθεί στην απόδοση δεδομένων που ανήκουν στην ονομαστική κλίμακα ή στην κλίμακα τάξης.

- Ένταση (loudness): Η ένταση (ηχηρότητα) αντιστοιχεί στο μέγεθος ενός ήχου. Η ένταση του ήχου μετριέται σε decibel dB και μπορεί να υποδείξει διαφοροποιήσεις στη μονάδα του χρόνου οι οποίες εντάσσονται σε μία κλίμακα τάξης.
- Ύψος (pitch): Το (τονικό) ύψος αναφέρεται στη συχνότητα (τόνο) του ήχου. Η εφαρμογή της ακουστικής μεταβλητής του ύψους αποτελεί τον πιο αποδοτικό τρόπο για την απόδοση δεδομένων που διαφοροποιούνται ως προς την κλίμακα τάξης. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι το ύψος μπορεί να αξιοποιηθεί και για την απόδοση πρωτογενών δεδομένων που εμφανίζουν ποσοτικές διαφοροποιήσεις.
- Καταγραφή (register): Η ηχητική μεταβλητή της καταγραφής συνδέεται με τη σχετική θέση μιας συχνότητας (ενός τόνου) σε ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων (τόνων). Η συγκεκριμένη μεταβλητή μπορεί να αξιοποιηθεί για την απόδοση δεδομένων που εντάσσονται σε μία κλίμακα τάξης.
- Ηχόχρωμα (timbre): Η ηχητική μεταβλητή του ηχοχρώματος αντιπροσωπεύει τη γενική επικρατούσα ποιότητα (χροιά) του ήχου, ενώ μπορεί να αξιοποιηθεί για την απόδοση ποιοτικών διαφορών.
- Διάρκεια (duration): Η διάρκεια αντιστοιχεί στο μήκος του χρόνου (χρονικό διάστημα), στο οποίο ακούγεται (ή όχι) ένας ήχος. Η διάρκεια αξιοποιείται για την απόδοση φαινομένων που ανήκουν στην κλίμακα τάξης.
- Βαθμός αλλαγής (rate of change): Ο βαθμός αλλαγής δηλώνει τη σχέση μεταξύ της διάρκειας ενός ήχου και της σιωπής στην πάροδο του χρόνου, αποδίδοντας σταθερές ή μη αλλαγές ως προς τα φαινόμενα που αποδίδονται.
- Ακολουθία (order): Η σειρά των ήχων στην πάροδο του χρόνου συνιστά την ηχητική μεταβλητή της ακολουθίας. Στην περίπτωση απόδοσης χωρικών δεδομένων μέσω της έντασης ή του τόνου, όταν η ηχητική μεταβλητή της ακολουθίας υλοποιείται σύμφωνα με τη χρονολογική σειρά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό γενικών τάσεων/προτύπων.
- Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση ήχου (attack/decay): Η συγκεκριμένη ηχητική μεταβλητή αναφέρεται στον χρόνο που απαιτείται ώστε ένας ήχος να φτάσει στη μέγιστη ή ελάχιστη τιμή του. Η μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση του ήχου αξιοποιείται για την απόδοση του εύρους ποσοτικών δεδομένων που περιγράφονται βάσει μιας συγκεκριμένης μονάδας.

Στον Πίνακα 6.1 κατατάσσονται οι ηχητικές μεταβλητές με βάση την αποτελεσματικότητά τους, ως προς την ονομαστική κλίμακα και την κλίμακα τάξης.

Πίνακας 6.1 Ηχητικές μεταβλητές και κατάταξή τους ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην ονομαστική κλίμακα και στην κλίμακα τάξης (Krygier, 1994).

Ηχητική (ακουστική) μεταβλητή	Δεδομένα στην ονομαστική κλίμακα	Δεδομένα στην κλίμακα τάξης
Θέση	Πιθανά αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Ένταση	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Ύψος	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Καταγραφή	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Ηχόχρωμα	Αποτελεσματική	Μη αποτελεσματική
Διάρκεια	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Βαθμός αλλαγής	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Ακολουθία	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική
Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση ήχου	Μη αποτελεσματική	Αποτελεσματική

Ο Krygier (1994) πρότεινε την αξιοποίηση των ηχητικών μεταβλητών τόσο σε χάρτες κινούμενης εικόνας όσο και σε χάρτες πολυμέσων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ηχητικές μεταβλητές μπορούν να αξιοποιηθούν αυτοτελώς ή σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες οπτικές και δυναμικές μεταβλητές του χαρτογραφικού συμβολισμού. Οι ηχητικές μεταβλητές μπορούν, επίσης, να εφαρμοστούν σε διαδραστικούς χάρτες που είναι διαθέσιμοι σε περιβάλλον Διαδικτύου (Αλεβιζάκης & Νάκος, 2014).

6.2 Διαδραστικότητα και πλοήγηση σε ψηφιακούς χάρτες

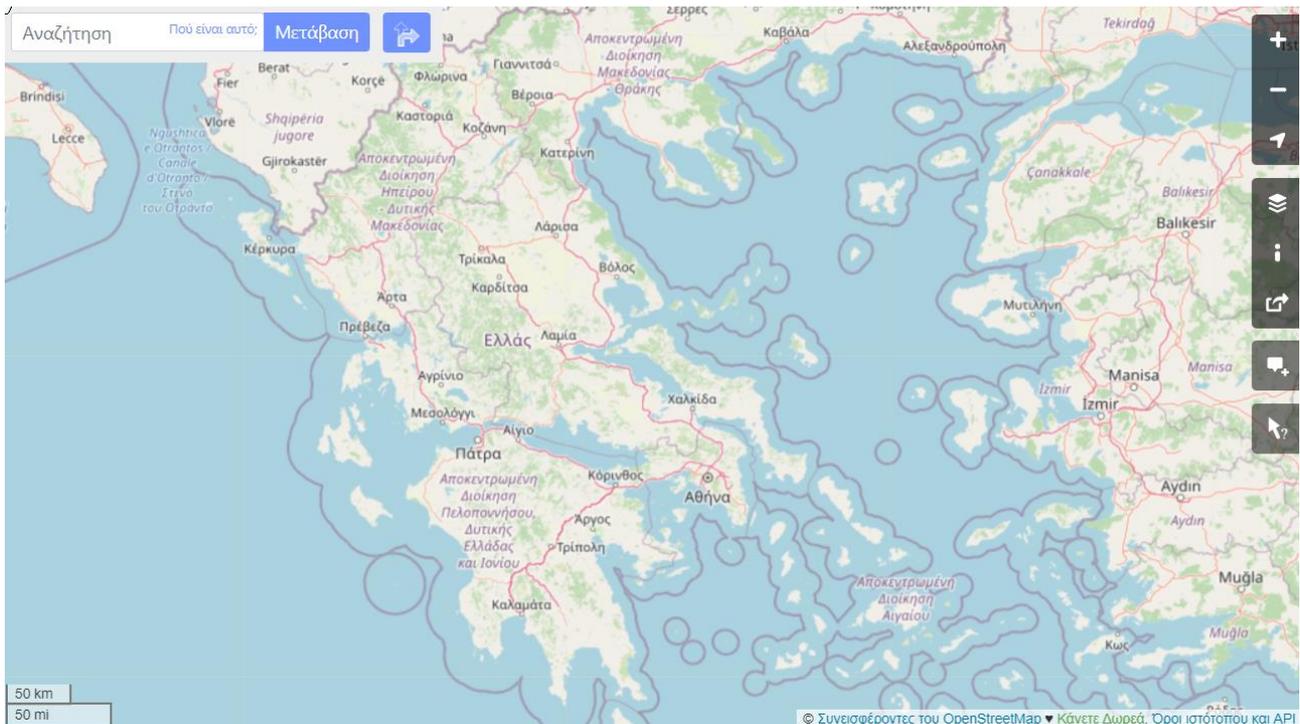
Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας της διαδραστικότητας (interactivity), αξίζει αρχικά να παρουσιαστούν οι βασικές διαφορές μεταξύ των παραδοσιακών αναλογικών χαρτών και των αντίστοιχων ψηφιακών χωρικών απεικονίσεων.

Ένας αναλογικός χάρτης αποδίδεται σε μια αναλογική επιφάνεια (συνήθως χάρτινη), απεικονίζοντας κυρίως γεωγραφικά φαινόμενα δύο διαστάσεων (2D). Επιπλέον, παρά το γεγονός ότι η απόδοση 2.5D (π.χ. απόδοση υψομέτρου μέσω ισοϋψών καμπυλών) ή 3D πληροφορίας (π.χ. προοπτική όψη αναγλύφου) μπορεί να είναι εφικτή, εντούτοις χαρακτηρίζεται από περιορισμένες δυνατότητες. Το μέσο απόδοσης ενός παραδοσιακού αναλογικού χάρτη είναι περιορισμένου μεγέθους και είναι δυνατόν να υπόκειται σε φθορά. Τέλος, ο αναγνώστης του χάρτη δεν μπορεί να επέμβει στις επιλογές (οπτικές μεταβλητές, διάταξη χάρτη και στοιχεία περιθωρίου) που έχουν γίνει στο στάδιο του χαρτογραφικού σχεδιασμού.

Από την άλλη πλευρά, ένας ψηφιακός χάρτης λειτουργεί αποκλειστικά σε ψηφιακό περιβάλλον απόδοσης (π.χ. ψηφιακή οθόνη Η/Υ, έξυπνου κινητού τηλεφώνου, φορητής συσκευής πλοήγησης κτλ.). Παρέχει εμπλουτισμένες δυνατότητες απεικόνισης και εξερεύνησης 2D και 3D πληροφορίας, καθώς αξιοποιεί τις αντίστοιχες δυνατότητες της ψηφιακής οθόνης. Τα μέσα απόδοσης εμφανίζουν ισχυρές αποθηκευτικές δυνατότητες ενώ, στην περίπτωση των διαδικτυακών χαρτών, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα άμεσης πρόσβασης από διαφορετικές τοποθεσίες. Ο χρήστης ενδέχεται να έχει τη δυνατότητα να επέμβει σε χαρτογραφικές επιλογές. Σημαντικό, επίσης, είναι το στοιχείο ότι ένας ψηφιακός χάρτης μπορεί να παρέχει εμπλουτισμένες δυνατότητες πλοήγησης, οι οποίες αξιοποιούν γεωγραφικές πληροφορίες που εντάσσονται σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και βασίζονται στην «on-the-fly» επίλυση χωρικών ερωτημάτων, όπως π.χ. «Ποιος είναι ο συντομότερος δρόμος για τη μετάβαση από το σημείο Α στο σημείο Β;».

Αναλύοντας τις παραπάνω ουσιαστικές διαφορές, γίνεται κατανοητό ότι η διαδραστικότητα αποκτά νόημα στην περίπτωση των ψηφιακών χωρικών απεικονίσεων. Η συγκεκριμένη έννοια αναφέρεται σε μία «ενεργή» διαδικασία, η οποία παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη ενός χαρτογραφικού προϊόντος να αλληλεπιδρά (δηλαδή να ανταλλάσσει πληροφορίες) με το ψηφιακό περιβάλλον μιας χωρικής απεικόνισης. Η μελέτη της διαδραστικότητας εντάσσεται στο ευρύτερο επιστημονικό/ερευνητικό πεδίο που αναφέρεται διεθνώς ως «αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή» (Human-Computer Interaction - HCI). Το συγκεκριμένο αντικείμενο βασίζεται σε μία διεπιστημονική προσέγγιση που περιλαμβάνει διαφορετικά επιμέρους πεδία και επιστήμες (π.χ. επιστήμη υπολογιστών, ψυχολογία, κοινωνιολογία κτλ.).

Ένας διαδραστικός χάρτης αποτελεί μια χαρτογραφική αναπαράσταση υποβοηθούμενη από τη λειτουργία του Η/Υ. Η συγκεκριμένη αναπαράσταση αποτελείται από γραφικό περιβάλλον (διεπιφάνεια χρήστη - GUI), το οποίο περιλαμβάνει γραφικά εργαλεία (graphic tools). Τα γραφικά εργαλεία επιτρέπουν την εκπόνηση διαφόρων λειτουργιών, όπως για παράδειγμα την επιλογή του επιπέδου εστίασης («zoom»), την επισκόπηση («open-up») διαφορετικών περιοχών του χαρτογραφικού υποβάθρου και τη σύνδεση με πολυμεσική πληροφορία (βλ. παρ. 6.3). Στην πράξη, ένας διαδραστικός χάρτης αποτελεί μια επέκταση της ανθρώπινης ικανότητας, η οποία σχετίζεται με την οπτικοποίηση χώρων και κατανομών (Peterson, 1995). Στο βίντεο (Video 6.1) παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης γραφικών εργαλείων για την αξιοποίηση του διαδικτυακού διαδραστικού χάρτη, ο οποίος προσφέρεται από την υπηρεσία OpenStreetMap (OSM).



Βίντεο 6.1 Βίντεο ενδεικτικής περιήγησης στο περιβάλλον και σε ορισμένα εργαλεία του διαδικτυακού διαδραστικού χάρτη ο οποίος προσφέρεται από την υπηρεσία *OpenStreetMap (OSM)*.

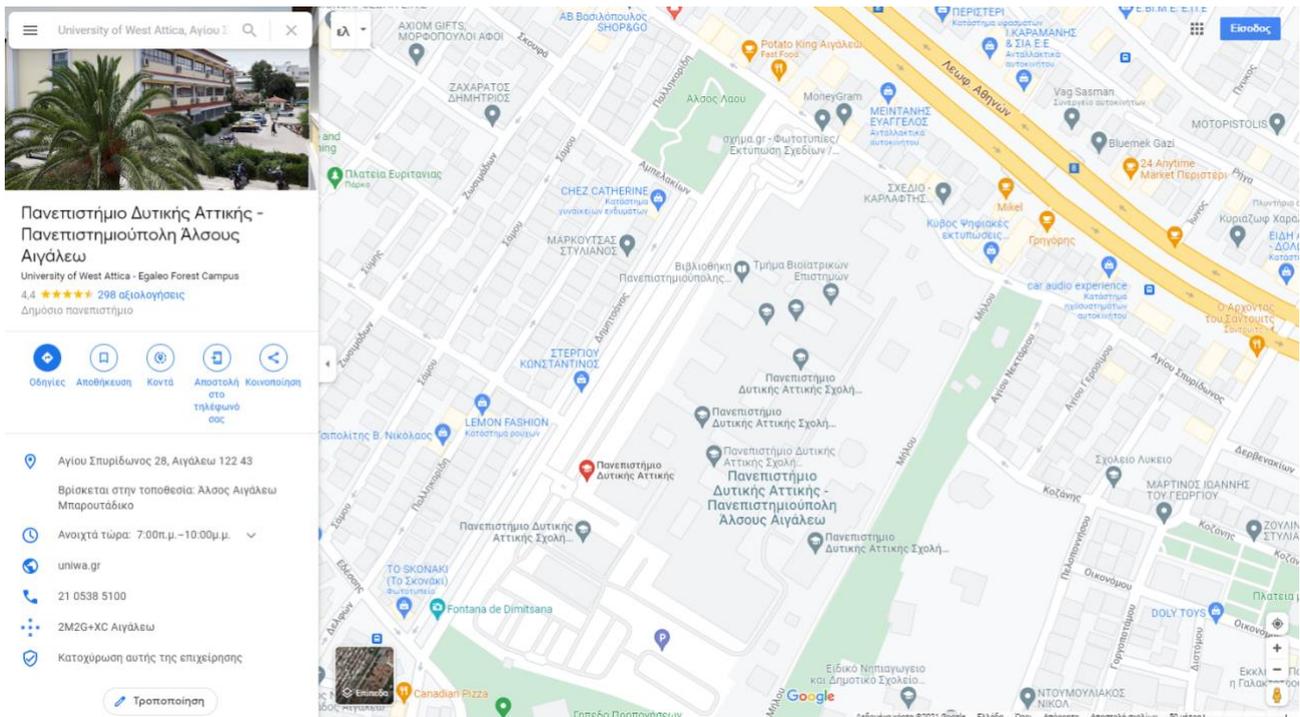
Η διαδικασία της «πλοήγησης» στο γραφικό περιβάλλον ενός διαδραστικού χάρτη είναι πιθανόν να συνδέεται με διαφορετικά επίπεδα αλληλεπίδρασης. Ας σημειωθεί ότι εδώ η έννοια της «πλοήγησης» συνδέεται αποκλειστικά με αυτήν της «ψηφιακής περιήγησης» σε ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο. Για να γίνει κατανοητή η παραπάνω πρόταση, παρακάτω αναλύονται δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα, στα οποία παρουσιάζονται δύο διαφορετικά χαρτογραφικά προϊόντα και οι αντίστοιχες δυνατότητες «πλοήγησης» που προσφέρουν:

- Παράδειγμα 1: Έστω ένας ψηφιακός χάρτης που αξιοποιείται στην πλοήγηση οχημάτων, καθοδηγώντας τον χρήστη σε ένα σύνολο προκαθορισμένων διαδρομών. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, τα χαρτογραφικά υπόβαθρα μπορεί να είναι αποθηκευμένα σε ένα ψηφιακό μέσο αποθήκευσης (π.χ. στον σκληρό δίσκο της συσκευής πλοήγησης), ενώ η γεωγραφική θέση του οχήματος υποδεικνύεται αξιοποιώντας τεχνολογίες δορυφορικού εντοπισμού. Το εν λόγω χαρτογραφικό προϊόν, παρά το γεγονός ότι αξιοποιεί μια ψηφιακή οθόνη για την απεικόνιση των αντίστοιχων κινούμενων γραφικών (χάρτης κινούμενη εικόνας), ενδέχεται να προσφέρει ελάχιστες δυνατότητες αλληλεπίδρασης του χάρτη με τον χρήστη (π.χ. επιλογή διαδρομής) (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.1 Παράδειγμα ψηφιακού χάρτη που αξιοποιείται στην πλοήγηση οχημάτων (Χρήση [εικόνας](#) με άδεια [Wikimedia Commons](#)).

- Παράδειγμα 2: Ως δεύτερο παράδειγμα μπορούμε να θεωρήσουμε την υπηρεσία Google Maps της εταιρείας Google. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον χάρτη είναι πιο εμπλουτισμένες (σε σύγκριση με το παράδειγμα 1), καθώς η συγκεκριμένη υπηρεσία επιτρέπει τη δυναμική αλλαγή της κλίμακας της απεικόνισης, τη μετακίνηση στο χαρτογραφικό υπόβαθρο, την αλλαγή προοπτικής θέασης, την επιλογή διαφορετικών υποβάθρων, την προβολή επιπρόσθετου υλικού, το οποίο συνδέεται με σημεία ενδιαφέροντος, καθώς και τη λήψη οδηγιών για τη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών θέσεων (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.2 Στιγμιότυπο από το περιβάλλον διεπαφής της υπηρεσίας Google Maps της εταιρείας Google.

6.3 Χάρτες πολυμέσων

Η συγκεκριμένη κατηγορία χαρτών περιλαμβάνει ένα σύνολο ψηφιακών προϊόντων στα οποία η γεωγραφική πληροφορία μπορεί να συνδέεται με διαφορετικά πολυμέσα. Ο όρος «πολυμέσα» αναφέρεται στη σύνδεση πολλαπλών πηγών ψηφιακής πληροφορίας, η οποία είναι διαθέσιμη σε διαφορετικές μορφές. Συγκεκριμένα, ένας χάρτης πολυμέσων ενδέχεται να περιλαμβάνει τη σύνδεση της γεωγραφικής πληροφορίας με τις ακόλουθες μορφές πολυμέσων:

- Κείμενο: παραθέτει περιγραφικά χαρακτηριστικά μιας γεωγραφικής οντότητας ή εκτενέστερες περιγραφές σχετικές με αυτήν.
- Γραφικά και εικόνες: η σύνδεση γραφικών (συμπεριλαμβανομένων διαγραμμάτων) και εικόνων με γεωγραφική πληροφορία μπορεί να ενισχύσει τη γεωμετρική και περιγραφική πληροφορία που συνδέεται με τη γεωγραφική πληροφορία.
- Ήχοι: οι ήχοι που μπορούν να συνδεθούν με μια γεωγραφική οντότητα ή με μία εργασία προς εκτέλεση (π.χ. για εξυπηρέτηση αναγκών πλοήγησης) κατά την αξιοποίηση ενός χαρτογραφικού προϊόντος αναφέρονται είτε σε ρεαλιστικούς/μιμητικούς ήχους, ήχους που περιλαμβάνουν μια αφήγηση ή μια περιγραφή, είτε σε ήχους που αξιοποιούνται για την απόδοση διαφορών μέσω των ηχητικών μεταβλητών (βλ. παρ. 6.1).
- Κινούμενες εικόνες: ένας χάρτης πολυμέσων μπορεί να αποτελείται από κινούμενες εικόνες (βλ. Κεφ. 5) οι οποίες αναφέρονται σε γεωγραφικά ή μη χαρακτηριστικά. Στην πρώτη περίπτωση, οι αντίστοιχες απεικονίσεις προκύπτουν μετά τη συνδυαστική εφαρμογή οπτικών, δυναμικών ή/και ακουστικών μεταβλητών.
- Βίντεο: όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, η σύνδεση βίντεο με γεωγραφική πληροφορία εξυπηρετεί την «ενίσχυση» της τελευταίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιτυγχάνεται η σύνδεση με υλικό το οποίο συνδυάζει ήχο και κινούμενη εικόνα.
- Διαδικτυακοί (υπερ)συνδέσμοι: οι γεωγραφικές οντότητες μιας πολυμεσικής χωρικής απεικόνισης μπορούν να συνδεθούν με πληροφορίες οι οποίες είναι διαθέσιμες σε διαδικτυακές ιστοσελίδες μέσω (υπερ)συνδέσμων.

Στην πράξη, οι παραπάνω κατηγορίες πολυμέσων συνυπάρχουν σε σύγχρονους ψηφιακούς χάρτες. Η αποθήκευση της πολυμεσικής πληροφορίας επιτυγχάνεται σε ψηφιακές συσκευές αποθήκευσης (π.χ. σκληρούς δίσκους, οπτικούς δίσκους κτλ.), ενώ η λειτουργία των χαρτών πολυμέσων γίνεται αποκλειστικά σε ψηφιακό

περιβάλλον. Το περιβάλλον αυτό παρέχεται είτε μέσω εξειδικευμένων λογισμικών εργαλείων ή (κυρίως) μέσω του Διαδικτύου, σε περιβάλλον περιηγητή ιστού (φυλλομετρητή).

6.4 Μορφοποίηση διάταξης διαδραστικών χαρτών και χαρτών πολυμέσων

Στη σύγχρονη εποχή των ψηφιακών μέσων και του Διαδικτύου, η έννοια των διαδραστικών χαρτών είναι σχεδόν ταυτόσημη με αυτή των χαρτών πολυμέσων. Η αξιοποίηση πολυμέσων σε έναν διαδραστικό χάρτη επεκτείνει το σύνολο της διαθέσιμης πληροφορίας, η οποία μπορεί να συνδεθεί με τις αποδιδόμενες γεωγραφικές οντότητες. Συνεπώς, η διαδικασία του σχεδιασμού ενός σύγχρονου διαδραστικού-πολυμεσικού χάρτη περιλαμβάνει τη δημιουργία των αντίστοιχων χαρτογραφικών ή και περιγραφικών πληροφοριών που συνδέονται μ' αυτόν. Ο Cartwright (1995) αναφέρει ότι ο σχεδιασμός των χαρτών πολυμέσων μπορεί ενδεικτικά να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- σχεδιασμό χαρτών κινούμενης εικόνας,
- δημιουργία θεματικών πληροφοριών,
- αξιοποίηση υπερκειμένων (hypertexts),
- ενσωμάτωση αλγορίθμων (γεωεπεξεργασίας) που εφαρμόζονται σε Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών,
- δημιουργία αναδυόμενων («pop-up») εντολών και ψηφιακών παραθύρων,
- υλοποίηση διαγραμμάτων υπόδειξης του χώρου και του χρόνου,
- χρήση στατιστικών πληροφοριών, διαγραμμάτων, χαρτών, αεροφωτογραφιών, σαρωμένου υλικού κτλ.

Είναι προφανές ότι το σύνολο των παραπάνω στοιχείων επιδρούν στη συνολική διάταξη του τελικού χαρτογραφικού προϊόντος, το οποίο φιλοξενείται αποκλειστικά σε ψηφιακό περιβάλλον που, τις περισσότερες φορές, αντιστοιχεί σε έναν περιηγητή Διαδικτύου. Ωστόσο, είτε στην περίπτωση των τοπικών ή των αντίστοιχων διαδικτυακών χαρτών, ο σχεδιασμός ενός χάρτη πολυμέσων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ένα σύνολο στοιχείων τα οποία προκύπτουν λόγω της φύσης αυτών των προϊόντων. Συγκεκριμένα, τα σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής κατά τον σχεδιασμό χαρτών πολυμέσων, περιλαμβάνουν (Cartwright, 1995):

- τη δημιουργία αποθηκευτικών μέσων με αποδεκτές και κοινώς χρησιμοποιούμενες προδιαγραφές,
- την αξιοποίηση εικόνων, καθώς και τεχνικών συμπίεσής τους,
- την υλοποίηση συστημάτων που υποστηρίζουν «στρατηγικές» πλοήγησης οι οποίες αναφέρονται σε αλγορίθμους εντοπισμού και υποστήριξης της αντίστοιχης απεικόνισης,
- τον σχεδιασμό και την προσαρμογή χαρτών στις ανάγκες των χρηστών (εξατομικευμένοι χάρτες),
- τη δημιουργία συστημάτων που υποστηρίζουν χωρικά και χρονικά «ερωτήματα», τα οποία συνδέονται με τα αξιοποιούμενα γεωγραφικά δεδομένα.

Εκτός όμως από τα προαναφερόμενα στοιχεία, οι διαδραστικοί/πολυμεσικοί χάρτες θα πρέπει να τηρούν το σύνολο των γενικών αρχών που εφαρμόζονται κατά τον χαρτογραφικό σχεδιασμό των παραδοσιακών στατικών χαρτών. Οι συγκεκριμένες αρχές συνδέονται με τις ιδιότητες της ευκρίνειας, της οπτικής αντίθεσης, της σχέσης εικόνας και υποβάθρου, καθώς και της ορθής ιεραρχικής οργάνωσης των επιμέρους στοιχείων του χάρτη. Επιπλέον, με δεδομένο το γεγονός ότι το μέσο απόδοσης δεν έχει αναλογική μορφή, ένας διαδραστικός χάρτης με πολυμεσική πληροφορία θα πρέπει να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις και στους περιορισμούς που συνδέονται με την απεικόνιση σε ψηφιακές οθόνες γραφικών (μέγεθος και ανάλυση οθόνης, φωτεινότητα και συνθήκες παρατήρησης, απόσταση θέασης και τεχνικά υποστηριζόμενες τεχνολογίες). Επίσης, ο υπολογισμός των ορίων διαχωρισμού και οπτικής αντίληψης που εφαρμόζονται θα πρέπει να μεταφράζεται σε συντεταγμένες οθόνης (μονάδες εικονοστοιχείων (pixels)), ώστε να επιτρέπεται η πρακτική υλοποίηση του προϊόντος (Jenny et al., 2008). Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του συνολικού μεγέθους της (ψηφιακής) επιφάνειας σχεδιασμού, στον Πίνακα 6.2 παρατίθενται ορισμένες ενδεικτικές αντιστοιχίες τυπικού μεγέθους, τυπικών διαστάσεων και ανάλυσης ψηφιακής οθόνης.

Πίνακας 6.2 Αντιστοιχίες τυπικού μεγέθους, τυπικών διαστάσεων και ανάλυσης ψηφιακής οθόνης.

Τυπικό μέγεθος οθόνης (inches)	Τυπικές διαστάσεις οθόνης (cm)	Ανάλυση οθόνης (pixels)
19	37.5 × 30.0	1280 × 1024
20	44.3 × 24.9	1600 × 900
21.5	47.6 × 26.7	1920 × 1080
24.1	51.8 × 32.4	1920 × 1200

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας διαδραστικός χάρτης είναι πιθανόν να περιλαμβάνει διαφορετικά επίπεδα εστίασης (τα οποία μεταφράζονται σε διαφορετικές κλίμακες απεικόνισης), η διαδικασία της χαρτογραφικής γενίκευσης στα σημειακά, γραμμικά, και επιφανειακά δεδομένα θα πρέπει να υλοποιείται σε κάθε επιμέρους επίπεδο. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή, ένα συγκεκριμένο επίπεδο γενίκευσης αντιστοιχεί σε ένα εύρος κλιμάκων (και όχι σε μία συγκεκριμένη κλίμακα, όπως συμβαίνει στους στατικούς χάρτες).

6.5 Διαδικτυακοί χάρτες

Οι χάρτες που διανέμονται μέσω Διαδικτύου, μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες βάσει διαφορετικών προσεγγίσεων. Για παράδειγμα, οι Kraak & Brown (2001) κατατάσσουν τους διαδικτυακούς χάρτες με βάση το επίπεδο αλληλεπίδρασης του χρήστη με το χαρτογραφικό προϊόν. Στη συγκεκριμένη προσέγγιση, οι Kraak & Brown (2001) θεωρούν δύο διακριτές ομάδες διαδικτυακών χαρτών, τους στατικούς και τους δυναμικούς χάρτες, ενώ σε καθεμία κατηγορία μπορούν να αντιστοιχιστούν χάρτες που μπορούν να αξιοποιηθούν μόνο για θέαση («view only») και χάρτες που μπορούν να χαρακτηριστούν ως διαδραστικοί («interactive»). Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται τα χαρτογραφικά προϊόντα τα οποία δεν παρέχουν τη δυνατότητα επέμβασης του αναγνώστη στα δομικά στοιχεία του χάρτη (π.χ. στις μεταβλητές που έχουν επιλεγθεί στο στάδιο του χαρτογραφικού συμβολισμού). Σε αυτήν την ομάδα διαδικτυακών χαρτών, μπορούν να ενταχθούν στατικοί χάρτες, χάρτες κινούμενης εικόνας, καθώς και χάρτες στους οποίους έχουν αξιοποιηθεί και ηχητικές μεταβλητές. Βάσει της προαναφερόμενης ταξινόμησης, στη δεύτερη κατηγορία χαρτών εμπεριέχονται τα χαρτογραφικά προϊόντα που παρέχουν τη δυνατότητα ουσιαστικής αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον χάρτη. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η επίτευξη της αλληλεπίδρασης του συστήματος χρήστη-χάρτη υλοποιείται μέσω του γραφικού περιβάλλοντος, το οποίο φιλοξενεί το χαρτογραφικό υλικό. Οι περισσότεροι χάρτες (και αντίστοιχα οι υπηρεσίες διανομής χαρτογραφικού υλικού) που διανέμονται σήμερα μέσω του Διαδικτύου ανήκουν στη συγκεκριμένη κατηγορία.

Ωστόσο, η ταξινόμηση του συνόλου των διαδικτυακών χαρτών μπορεί να ακολουθήσει και το κριτήριο της συνολικής πολυπλοκότητας του χαρτογραφικού προϊόντος, όταν αυτό αντιμετωπίζεται ως ένα λογισμικό εργαλείο, το οποίο αξιοποιείται ταυτόχρονα από διαφορετικούς χρήστες σε ψηφιακό περιβάλλον και αποτελείται από διαφορετικά εργαλεία. Η προσέγγιση αυτή ακολουθείται από το Neumann (2011), ο οποίος διακρίνει τις ακόλουθες κατηγορίες διαδικτυακών χαρτών (η σειρά αναφοράς αντιστοιχεί σε διαφορετικό επίπεδο πολυπλοκότητας, ξεκινώντας από το χαμηλότερο και καταλήγοντας στο υψηλότερο επίπεδο).

- Στατικοί («static»): Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι χάρτες που δεν μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας του χαρτογραφικού συμβολισμού.
- Χάρτες που δημιουργούνται δυναμικά («dynamically created»): στην ομάδα αυτή εντάσσονται χαρτογραφικά προϊόντα τα οποία αποτελούνται από διαφορετικά μέρη που μπορούν να απεικονίζονται «τμηματικά» στον χρήστη.
- Χάρτες καταναμεμένων πηγών δεδομένων («distributed»): οι συγκεκριμένοι χάρτες δημιουργούνται αξιοποιώντας δεδομένα από διαφορετικές πηγές που είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο.
- Χάρτες με δυνατότητα προγραμματισμού διεπιφάνειας εφαρμογών-API («open, reusable»): στην κατηγορία ταξινομούνται διαδικτυακές υπηρεσίες οι οποίες παρέχουν ένα ανοικτό περιβάλλον προγραμματισμού στον χρήστη, το οποίο του επιτρέπει να αξιοποιεί διαφορετικές δυνατότητες βάσει των αναγκών του.
- Χάρτες κινούμενων εικόνων («animated»): πρόκειται για χάρτες οι οποίοι συνοδεύονται από συνεχείς αλλαγές κατά τη διάρκεια της παρατήρησής τους (βλ. Κεφ. 5).
- Χάρτες πραγματικού χρόνου («real-time»): οι εν λόγω χάρτες αναφέρονται σε δεδομένα τα οποία αποδίδουν φαινόμενα σε πραγματικό (ή σχεδόν πραγματικό) χρόνο.

- Χάρτες επιλογών χρήστη («personalized»): οι συγκεκριμένοι χάρτες προκύπτουν βάσει συγκεκριμένων επιλογών των χρηστών, με σκοπό την απόδοση και αξιοποίηση των αντίστοιχων χαρτογραφικών δεδομένων.
- Διαδραστικοί χάρτες («interactive»): στη συγκεκριμένη ομάδα διαδικτυακών χαρτών ταξινομούνται τα προϊόντα με γραφικό περιβάλλον του οποίου τα εργαλεία εξυπηρετούν την αλληλεπίδραση με τον χρήστη.
- Αναλυτικοί χάρτες Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών («analytic»): στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι χαρτογραφικές υπηρεσίες που παρέχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης εργαλείων χωρικής ανάλυσης.
- Διαδικτυακοί άτλαντες («online atlases»): η κατηγορία περιλαμβάνει σειρές χαρτών, οι οποίες αναφέρονται σε μία συγκεκριμένη περιοχή ή στο σύνολο της φυσικής γήινης επιφάνειας, και εξυπηρετεί στην ανάδειξη συγκεκριμένων στοιχείων που συνδέονται με μια ομάδα δεδομένων.
- Σύνθετοι διαδικτυακοί χάρτες τους οποίους μπορούν να επεξεργάζονται συνδυαστικά διαφορετικοί χρήστες («collaborative»): στην ομάδα αυτή ανήκουν διαδικτυακές χαρτογραφικές πλατφόρμες οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν ταυτοχρόνως (σε επίπεδο βάσης δεδομένων) από πολλούς διαφορετικούς χρήστες, συνήθως μετά από διαδικασίες διαπίστευσης.

Αναμφίβολα, οι σύγχρονοι διαδικτυακοί χάρτες εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα. Ωστόσο, η χρήση τους πολλές φορές έχει και κάποιους περιορισμούς. Στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των χαρτών που διανέμονται μέσω Διαδικτύου.

Πίνακας 6.3 Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διαδικτυακών χαρτών.

Βασικά πλεονεκτήματα	Βασικά μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> • Λειτουργούν σε περιβάλλον φυλλομετρητή: <ul style="list-style-type: none"> ✓ προσβάσιμοι ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα του Η/Υ, ✓ προσβάσιμοι από διαφορετικούς φυλλομετρητές (π.χ. Mozilla Firefox, Safari, Chrome κτλ.), ✓ δεν απαιτείται εγκατάσταση λογισμικού στον Η/Υ (εκτός από τις περιπτώσεις απαραίτητων πρόσθετων plugins). • Παρέχουν δυνατότητα υποστήριξης δυναμικών και διαδραστικών απεικονίσεων. • Επιτρέπουν τη συνεργασία διαφορετικών πηγών και τύπων δεδομένων. • Παρέχουν δυνατότητα πρόσβασης από διαφορετικές ψηφιακές συσκευές (π.χ. Η/Υ, κινητά τηλέφωνα κτλ.). • Δεν απαιτείται εκτύπωση για τη χρήση. 	<ul style="list-style-type: none"> • Περιορισμένος (εν γένει) χώρος απεικόνισης λόγω περιορισμών στο μέγεθος του ψηφιακού μέσου (συγκεκριμένες διαστάσεις ψηφιακών οθονών). • Η περιήγηση στους διαδικτυακούς χάρτες απαιτεί τη σύνδεση στο Διαδίκτυο. • Η χρήση των διαδικτυακών χαρτών επηρεάζεται από την ποιότητα του Διαδικτύου και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής (π.χ. Η/Υ, κινητό τηλέφωνο κτλ.). • Συχνά απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού για την παραγωγή του χάρτη σε περιβάλλον Διαδικτύου. • Παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής χαρτογραφικών απεικονίσεων σε «μη-ειδικούς».

Βιβλιογραφία

- Αλεβιζάκης Α., & Νάκος, Β. (2014). Διαδραστικός ηχητικός χάρτης σε περιβάλλον διαδικτύου. Χάρτης θορύβου της Βέροιας, *Πρακτικά 13^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Χαρτογραφίας*, 365-378, Πάτρα.
- Cartwright, W. E. (1995). Multimedia and mapping: Using multimedia design and authoring techniques to assemble interactive map and atlas products. In *Proceedings of the 17th International Cartographic Conference*, pp. 1116-1227, Barcelona (Spain).
- Jenny, B., Jenny, H., & Råber, S. (2008). Map design for the Internet. In M. P. Peterson (Ed.), *International Perspectives on Maps and the Internet* (pp. 31-48), New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Kraak, M. J., & Brown A. (Eds.) (2001). *Web cartography: developments and prospects*. Taylor & Francis, London and New York.
- Krygier, J. B. (1994). Sound and geographic visualisation. In M.A. MacEachren & D.R.F. Taylor (Eds.), *Visualisation in modern cartography* (pp. 149–166), Pergamon Press, Oxford.
- Neumann, A. (2011). Web Mapping and Web Cartography. In W. Kresse & D. Danko (Eds.), *Springer Handbook of Geographic Information*. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7_14
- Peterson, M. P. (1995). *Interactive and Animated Cartography*. Prentice Hall Series in Geographic Information Science, pp. 43-56.

Κεφάλαιο 7

Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των λογισμικών εργαλείων που αξιοποιούνται με σκοπό την υποστήριξη διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων. Το εν λόγω λογισμικό ταξινομείται σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες, οι οποίες αναφέρονται σε λογισμικό γραφικής σχεδίασης, σε σύγχρονο λογισμικό συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, σε λογισμικό υποστήριξης διαδικτυακών γεωχωρικών υπηρεσιών και διαδικτυακών χαρτών, καθώς και σε εξειδικευμένο λογισμικό για την υλοποίηση ειδικών απεικονίσεων. Επίσης, αναφέρονται συγκεκριμένα παραδείγματα σύγχρονων εμπορικών λογισμικών και εργαλείων ελεύθερου λογισμικού/λογισμικού ανοικτού κώδικα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κατανόηση βασικών μορφών χωρικών απεικονίσεων.

7 Λογισμικό υποστήριξης χωρικών απεικονίσεων

7.1 Κατηγορίες λογισμικού υποστήριξης χωρικών απεικονίσεων

Η δημιουργία και η χρήση των σύγχρονων μορφών απεικονίσεων προϋποθέτουν την αξιοποίηση λογισμικών εργαλείων. Η πρόταση αυτή μπορεί να γίνει άμεσα κατανοητή αν αναλογιστούμε ότι στη σημερινή εποχή η πλειονότητα των αντίστοιχων προϊόντων λειτουργεί σε ψηφιακό περιβάλλον (σε τοπικό ή/και σε διαδικτυακό επίπεδο). Συγκεκριμένα, για τη δημιουργία των χωρικών απεικονίσεων, η αξιοποίηση λογισμικού είναι απαραίτητη για τα εξής στάδια:

- Την πρακτική υλοποίηση της χωρικής απεικόνισης βάσει των αντίστοιχων θεωρητικών τεχνικών. Στην πράξη, το συγκεκριμένο στάδιο περιλαμβάνει κυρίως την εφαρμογή των μεταβλητών του σχεδιασμού με σκοπό την απόδοση της θέσης των γεωγραφικών οντοτήτων στον χώρο, καθώς και των ποσοτικών ή/και ποιοτικών διαφορών τους. Στην περίπτωση των διαδραστικών χαρτών και των χαρτών πολυμέσων, συμπεριλαμβάνεται ο σχεδιασμός της συνολικής διεπιφάνειας του χρήστη, καθώς και η ένταξη των αντίστοιχων στοιχείων με τα οποία συνδέεται ψηφιακά το τελικό προϊόν (π.χ. σύνδεση με διαδικτυακούς συνδέσμους).
- Τη σχεδιαστική ολοκλήρωση της χωρικής απεικόνισης. Το στάδιο αυτό βρίσκει κυρίως εφαρμογή στην περίπτωση των στατικών χωρικών απεικονίσεων και περιλαμβάνει τη χρήση λογισμικών εργαλείων γραφικής σχεδίασης με σκοπό την τελειοποίηση της εικόνας του παραγόμενου προϊόντος.
- Την υποστήριξη διαδικτυακών λειτουργιών που συνδέονται με τη διαδικασία της χρήσης χωρικών απεικονίσεων. Είναι προφανές ότι το συγκεκριμένο στάδιο βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση των διαδικτυακών χαρτογραφικών προϊόντων.

Όσον αφορά τη χρήση των χωρικών απεικονίσεων από τον τελικό αναγνώστη/χρήστη, η αξιοποίηση των λογισμικών εργαλείων έγκειται στην παροχή του ψηφιακού περιβάλλοντος, το οποίο φιλοξενεί το σύνολο των λειτουργιών τους.

Τα αξιοποιούμενα λογισμικά εργαλεία για την υποστήριξη των χωρικών απεικονίσεων μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες (Εικόνα 7.1):

- λογισμικά εργαλεία γραφικής σχεδίασης,
- λογισμικά εργαλεία Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.),
- λογισμικά εργαλεία για την υποστήριξη γεωχωρικών υπηρεσιών Διαδικτύου και διαδικτυακών χαρτών,
- εξειδικευμένα λογισμικά εργαλεία για την υλοποίηση εξειδικευμένων χωρικών απεικονίσεων.



Εικόνα 7.1 Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου σύνδεσης των αξιοποιούμενων λογισμικών εργαλείων για την υποστήριξη χωρικών απεικονίσεων.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία των λογισμικών εργαλείων που ανήκουν στις προαναφερόμενες κατηγορίες, ενώ ταυτόχρονα αναφέρονται χαρακτηριστικά παραδείγματα εμπορικών λογισμικών και ελεύθερων λογισμικών/λογισμικών ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ).

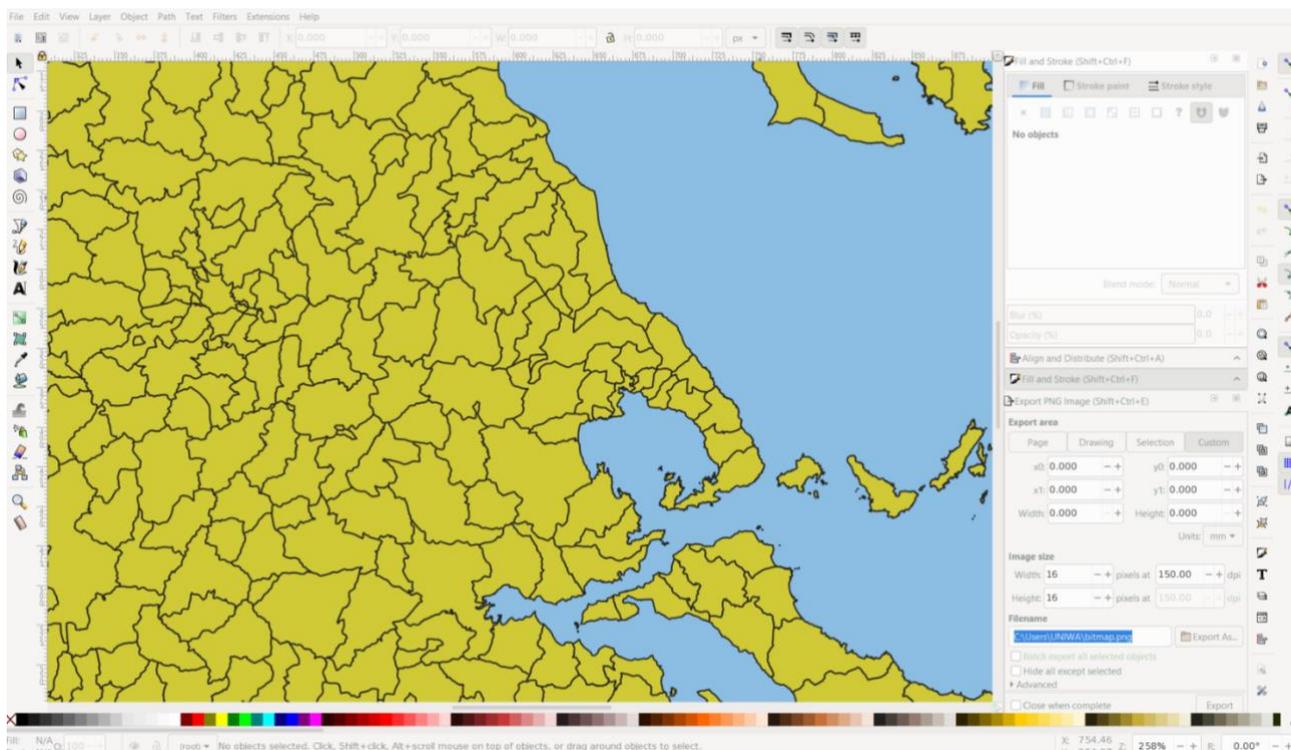
7.1.1 Λογισμικό γραφικής σχεδίασης

Το λογισμικό γραφικής σχεδίασης αξιοποιείται στη δημιουργία διαφορετικών μορφών ψηφιακών σχεδίων. Το γεγονός αυτό εξηγεί την πληθώρα εφαρμογών του σε ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων. Στην περίπτωση των χωρικών απεικονίσεων, το λογισμικό γραφικής σχεδίασης βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην υλοποίηση σχεδιαστικών λεπτομερειών. Το ψηφιακό περιβάλλον σχεδίασης αντιστοιχεί σε μονάδες εκτύπωσης (page layout) και όχι σε πραγματικές μονάδες εδάφους, όπως συμβαίνει συνήθως σε συστήματα σχεδίασης υποβοηθούμενα από τον υπολογιστή (γνωστά ως CAD - Computer-Aided Design) ή αντιστοίχως σε συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (βλ. παρ. 7.1.2). Ωστόσο, οι μονάδες σχεδίασης (π.χ. cm) μπορούν να αντιστοιχιστούν σε πραγματικές μονάδες του χώρου (π.χ. m), λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα της κλίμακας απόδοσης. Ο εν λόγω παράγοντας εξαρτάται από το μέγεθος της σελίδας εκτύπωσης (π.χ. A4). Η σελίδα εκτύπωσης δεν είναι απαραίτητο να έχει έντυπη μορφή. Συνεπώς, το τελικό προϊόν μπορεί να διανεμηθεί και να αξιοποιηθεί από τον αναγνώστη/χρήστη και σε ψηφιακή μορφή. Στην περίπτωση αυτή, το τελικό χαρτογραφικό προϊόν είναι στατικό, ενώ θα πρέπει να συνοδεύεται από γραφική κλίμακα.

Το σύνολο των γραφικών αντικειμένων που παράγονται μέσω λογισμικών γραφικής σχεδίασης οργανώνεται (στο ψηφιακό περιβάλλον σχεδίασης) μέσω θεματικών επιθεμάτων (layers). Γραφικά αντικείμενα που αντιστοιχούν στο ίδιο θεματικό επίπεδο αποτελούν ομοειδή στοιχεία, που περιγράφουν συγκεκριμένες γεωγραφικές οντότητες (π.χ. οδικό δίκτυο). Το λογισμικό γραφικής σχεδίασης ανήκει στην κατηγορία των εργαλείων «WYSIWYG» (What You See Is What You Get). Αυτό σημαίνει ότι το τελικό χαρτογραφικό προϊόν ταυτίζεται με το αντίστοιχο σχέδιο, το οποίο υλοποιείται στο περιβάλλον της σχεδίασης από τον δημιουργό του προϊόντος. Τα συγκεκριμένα εργαλεία παρέχουν εκτεταμένες δυνατότητες γραφιστικής επεξεργασίας, ενώ

ταυτόχρονα υποστηρίζουν διαφορετικά χρωματικά μοντέλα και συστήματα (π.χ. RGB, CMYK, HSL κτλ.). Το στοιχείο αυτό καθιστά τη συγκεκριμένη κατηγορία λογισμικού αρκετά χρήσιμη στη δημιουργία χαρτών.

Η επεξεργασία χαρτογραφικών προϊόντων σε περιβάλλον λογισμικού γραφικής σχεδίασης βασίζεται κυρίως στην αξιοποίηση του διανυσματικού (vector) μορφότυπου για την περιγραφή των αξιοποιούμενων γεωχωρικών δεδομένων (βλ. παρ. 7.3). Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα εμπορικού λογισμικού γραφικής σχεδίασης διανυσματικών μορφότυπων αναφέρονται τα εργαλεία Adobe Illustrator® (<https://www.adobe.com/>) και CorelDRAW® Graphics Suite (<https://www.coreldraw.com>). Το Inkscape (<https://inkscape.org/>) αποτελεί αντίστοιχο ελεύθερο λογισμικό/λογισμικό ανοικτού κώδικα (βλ. παρ. 7.2), το οποίο διανέμεται μέσω της δημοφιλούς άδειας GNU General Public License (GPL) (<https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>) και λειτουργεί σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα (Windows, Linux, & Mac OS). Στην Εικόνα 7.2 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο από το περιβάλλον του Inkscape.



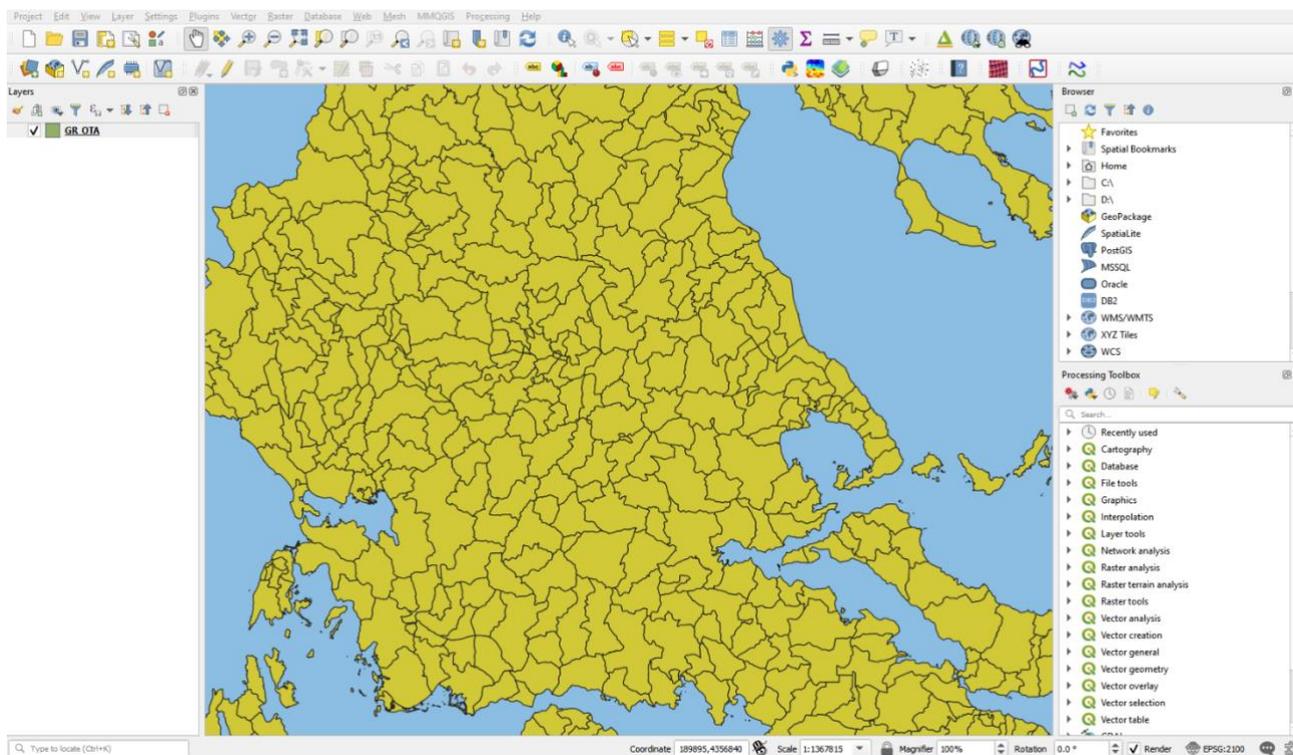
Εικόνα 7.2 Στιγμιότυπο από το περιβάλλον του Inkscape.

7.1.2 Λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π., γνωστά ως GIS – Geographic Information Systems) αποτελούν λογισμικά εργαλεία, τα οποία αξιοποιούνται για την ψηφιακή αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων που αναφέρονται στον γεωγραφικό χώρο. Πρόκειται για ολοκληρωμένα ψηφιακά περιβάλλοντα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, τα οποία εξυπηρετούν την άμεση σύνδεση γεωμετρικής και περιγραφικής πληροφορίας, με σκοπό την περιγραφή γεωγραφικών οντοτήτων. Σε ένα περιβάλλον Σ.Γ.Π., η γεωγραφική πληροφορία περιγράφεται μέσω της διανυσματικής (vector) ή/και πινακοποιημένης/ψηφιδωτής (raster) δομής (βλ. παράγραφο 7.3). Από την άλλη πλευρά, η περιγραφική πληροφορία περιλαμβάνει όλους τους τύπους πεδίων (π.χ. συμβολοσειρές, ακέραιους αριθμούς, αριθμούς κινητής υποδιαστολής κτλ.) οι οποίοι αξιοποιούνται στις βάσεις δεδομένων. Όπως και στην περίπτωση λογισμικών εργαλείων γραφικής σχεδίασης, η οργάνωση της γεωγραφικής πληροφορίας σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. ακολουθεί την προσέγγιση των θεματικών επιθεμάτων. Σε αντίθεση με το λογισμικό γραφικής σχεδίασης, στο περιβάλλον ενός Σ.Γ.Π., η βασική επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιούνται σε πραγματικές μονάδες του χώρου (π.χ. m). Αυτό προϋποθέτει την αξιοποίηση δεδομένων που έχουν γεωαναφερθεί, δηλαδή έχουν τοποθετηθεί στον χώρο βάσει συγκεκριμένων συντεταγμένων που αναφέρονται σε κάποιο σύστημα αναφοράς. Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι στα σύγχρονα Σ.Γ.Π. ενσωματώνονται τα εργαλεία γραφικής σχεδίασης. Ταυτόχρονα, δίνεται η

δυνατότητα μετάβασης του σχεδίου σε συντεταγμένες εκτύπωσης (π.χ. cm). Έτσι, τα Σ.Γ.Π. μπορούν να αξιοποιηθούν αυτοτελώς σε όλα τα στάδια οργάνωσης και απόδοσης της χαρτογραφικής πληροφορίας.

Τα Σ.Γ.Π. συνιστούν τη σύγχρονη προσέγγιση διαχείρισης και επεξεργασίας χωρικών δεδομένων, με εφαρμογές σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα αντικειμένων, που στηρίζουν τις μελέτες τους στην ανάλυση χωρικών δεδομένων και αποτελούν ισχυρά εργαλεία λήψης αποφάσεων. Συγχρόνως, αποτελούν το κύριο εργαλείο για την παραγωγή διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων, ενώ παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης με άλλες κατηγορίες λογισμικών εργαλείων. Στην Εικόνα 7.3 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο από το περιβάλλον του Σ.Γ.Π. QGIS.



Εικόνα 7.3 Στιγμιότυπο από το περιβάλλον του Σ.Γ.Π. QGIS.

7.1.3 Λογισμικό υποστήριξης γεωχωρικών υπηρεσιών Διαδικτύου και διαδικτυακών χαρτών

Στη σημερινή εποχή, η διανομή γεωχωρικών πληροφοριών και χωρικών απεικονίσεων υλοποιείται κυρίως μέσω του Διαδικτύου. Η λειτουργία των σύγχρονων διαδικτυακών χαρτών βασίζεται στην αξιοποίηση των αντίστοιχων γεωχωρικών υπηρεσιών, ακολουθώντας το γνωστό μοντέλο «πελάτη-εξυπηρετητή» («client-server»). Σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο, ο «πελάτης» μπορεί να αξιοποιήσει την αντίστοιχη πληροφορία μετά από την εκπόνηση «αιτημάτων» στον «εξυπηρετητή». Η πληροφορία επιστρέφεται στον «πελάτη» μετά από «απάντηση» του «εξυπηρετητή». Στην ουσία, ο «εξυπηρετητής» παρέχει υπηρεσίες στον «πελάτη» οι οποίες συνδέονται με ψηφιακά δεδομένα. Στην περίπτωση των εξυπηρετητών γεωγραφικής πληροφορίας, οι προσφερόμενες υπηρεσίες συνδέονται κυρίως με διανυσματικά ή/και πινακοποιημένα/ψηφιδωτά αρχεία και χαρακτηρίζονται ως γεωχωρικές υπηρεσίες Διαδικτύου.

Η ανάπτυξη των γεωχωρικών υπηρεσιών Διαδικτύου βασίζεται κυρίως στην αξιοποίηση εξυπηρετητών γεωγραφικής πληροφορίας. Η βασική λειτουργία των εν λόγω εξυπηρετητών έγκειται στην οργάνωση της πληροφορίας μέσω πρωτοκόλλων/προτύπων γεωχωρικών υπηρεσιών (π.χ. WMS/WMTS, WFS, WCS), τα οποία εφαρμόζονται στο πλαίσιο των αντίστοιχων λειτουργιών τους κατά την εκπόνηση ερωτημάτων από τον πελάτη (χρήστη της υπηρεσίας). Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα εξυπηρετητή γεωγραφικής πληροφορίας μπορεί να αναφερθεί το λογισμικό GeoServer (<http://geoserver.org/>). Το λογισμικό GeoServer διανέμεται ως ελεύθερο λογισμικό/λογισμικό ανοικτού κώδικα (βλ. παρ. 7.2) και λειτουργεί σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα (Windows, Linux, & Mac OS). Η διαχείριση του συγκεκριμένου εξυπηρετητή γίνεται σε περιβάλλον φυλλομετρητή (περιηγητή) Διαδικτύου (web browser) (Εικόνα 7.4). Το λογισμικό GeoServer παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης διαφορετικών μορφότυπων (βλ. παράγραφο 7.3) γεωχωρικών δεδομένων,

καθώς και διαφορετικών διαδικτυακών πηγών δεδομένων, υποστηρίζοντας όλα τα γνωστά πρωτόκολλα/πρότυπα γεωχωρικών υπηρεσιών της σύμπραξης Open Geospatial Consortium (OGC, <https://www.ogc.org/>). Στην Εικόνα 7.4 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από το περιβάλλον του λογισμικού GeoServer. Αξίζει να αναφερθεί ότι εκτενέστερη παρουσίαση της λειτουργίας του λογισμικού GeoServer γίνεται από τους Τσούλος κ.ά. (2015).

The screenshot shows the GeoServer 'Layers' management interface. It features a sidebar with navigation options like 'About & Status', 'Data', 'Services', 'Settings', 'Tile Caching', 'Security', 'Demos', and 'Tools'. The main content area is titled 'Layers' and contains a table of 22 layers. The table has columns for 'Type', 'Title', 'Name', 'Store', 'Enabled', and 'Native SRS'. The layers listed include 'World rectangle', 'Manhattan (NY) points of interest', 'Manhattan (NY) landmarks', 'Manhattan (NY) roads', 'A sample ArcGrid file', 'North America sample imagery', 'Pk50095', 'mosaic', 'USA Population', 'Tasmania cities', 'Tasmania roads', 'Tasmania state boundaries', 'Tasmania water bodies', 'Spearfish archeological sites', 'Spearfish bug locations', 'Spearfish restricted areas', 'Spearfish roads', 'Spearfish elevation', 'Spearfish streams', 'Blue_flags', 'DEM_srtm', and 'Rivers'. Each layer has a checkbox for 'Enabled' and a 'Native SRS' value.

Εικόνα 7.4 Στιγμιότυπο από το περιβάλλον του λογισμικού GeoServer.

Η αξιοποίηση των γεωγραφικών πληροφοριών που διανέμονται μέσω εξυπηρετητών Διαδικτύου γίνεται μέσω αιτημάτων που εκπονούνται σε περιβάλλον τυπικού φυλλομετρητή ή Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Η δημιουργία διαδικτυακών χαρτών βασίζεται στην αξιοποίηση δεδομένων εξυπηρετητών γεωγραφικής πληροφορίας, καθώς και τεχνολογιών και γλωσσών προγραμματισμού (π.χ. html, php, JavaScript κτλ.) οι οποίες είναι συμβατές με την ανάπτυξη εφαρμογών στο Διαδίκτυο. Μάλιστα, υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα βιβλιοθηκών οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη διαδραστικών εργαλείων που πλαισιώνουν τη διεπιφάνεια διαδικτυακών χαρτών. Οι βιβλιοθήκες ανοικτού κώδικα OpenLayers (<https://openlayers.org/>) και Leaflet (<https://leafletjs.com/>) αποτελούν τυπικά παραδείγματα εργαλείων που αξιοποιούνται στην ανάπτυξη διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών.

Επιπροσθέτως, για την ανάπτυξη των σύγχρονων υποδομών γεωχωρικών δεδομένων (SDIs, Spatial Data Infrastructures) χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένα λογισμικά εργαλεία (π.χ. το εργαλείο GeoNode (<https://geonode.org/>)), τα οποία συνδέονται με γεωγραφικά δεδομένα που προέρχονται από (τοπικά) Σ.Γ.Π., από γεωχωρικές υπηρεσίες, καθώς και από άλλες διαδικτυακές πηγές γεωγραφικών δεδομένων.

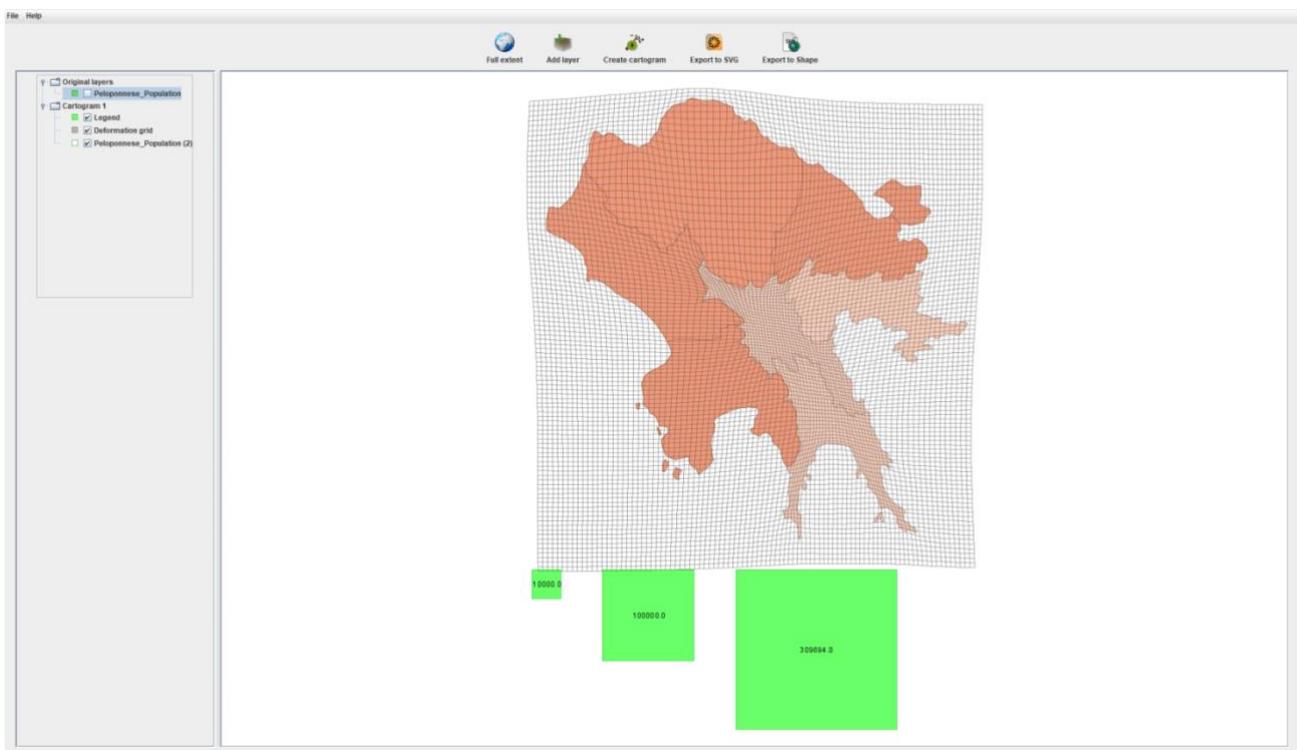
7.1.4 Εξειδικευμένο λογισμικό χωρικών απεικονίσεων

Τα εξειδικευμένα λογισμικά εργαλεία χωρικών απεικονίσεων εντάσσονται στις βασικές κατηγορίες λογισμικού που αξιοποιούνται για τη δημιουργία του μεγαλύτερου μέρους των χωρικών απεικονίσεων. Βέβαια, ορισμένες τεχνικές που εφαρμόζονται για τη χαρτογραφική απόδοση γεωγραφικών δεδομένων υποστηρίζονται από αυτοτελή λογισμικά εργαλεία ή άλλα που λειτουργούν ως πρόσθετα (plugin ή add-on) εργαλεία, συνήθως σε

περιβάλλον Σ.Γ.Π. ή λογισμικών επεξεργασίας εικόνας διδιάστατων (2D) και τριδιάστατων (3D) δεδομένων. Ένα πρόσθετο εργαλείο λειτουργεί στο περιβάλλον ενός υπάρχοντος λογισμικού, προκειμένου να το εμπλουτίσει με τεχνικές που αυτό δεν υποστηρίζει. Ωστόσο, είναι σημαντικό το γεγονός ότι ένα πρόσθετο εργαλείο συνήθως μπορεί να αξιοποιεί απευθείας τα δεδομένα που φιλοξενούνται στο κύριο λογισμικό περιβάλλον.

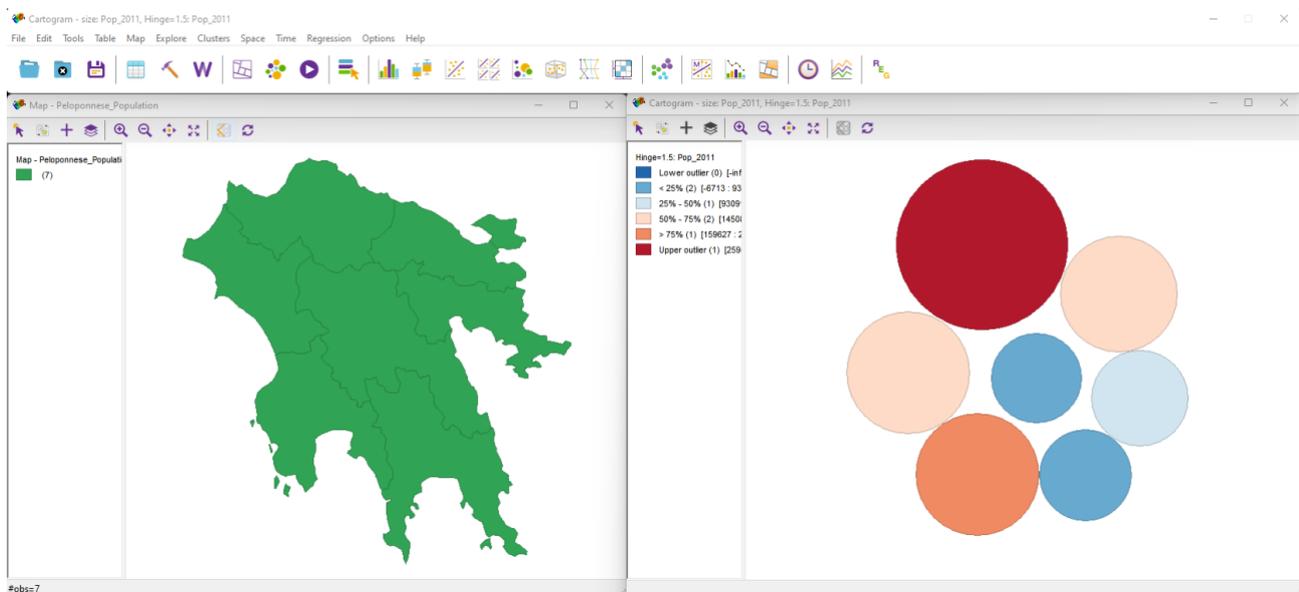
Παρακάτω αναφέρονται κάποια ενδεικτικά παραδείγματα λογισμικών εργαλείων, τα οποία υποστηρίζουν τη δημιουργία ειδικών χωρικών απεικονίσεων:

Το λογισμικό Scapetoad (<http://scapetoad.choros.place/>) αποτελεί ένα αυτοτελές λογισμικό, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία χαρτογραμμάτων (Εικόνα 7.5). Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί ΕΛ/ΛΑΚ (βλ. παρ. 7.2), λειτουργεί σε διαφορετικές πλατφόρμες (cross-platform) και είναι γραμμένο σε γλώσσα Java. Το Scapetoad αξιοποιεί διανυσματικά δεδομένα μορφότυπου shapfile της ESRI® (βλ. παρ. 7.3), ενώ δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής των παραγόμενων απεικονίσεων σε μορφότυπο SVG. Από τους μορφότυπους των αρχείων, γίνεται φανερό ότι το συγκεκριμένο εργαλείο αξιοποιεί δεδομένα συμβατά με Σ.Γ.Π., ενώ εξάγει αρχεία τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν σε πακέτα γραφικής σχεδίασης και σε Σ.Γ.Π.



Εικόνα 7.5 Παράδειγμα από χαρτόγραμμα το οποίο έχει δημιουργηθεί στο λογισμικό Scapetoad.

Το λογισμικό GeoDa (<https://geodacenter.github.io/>) αναφέρεται ως ένα άλλο παράδειγμα λογισμικού εργαλείου, το οποίο υποστηρίζει τη δημιουργία ειδικών χωρικών απεικονίσεων. Το συγκεκριμένο λογισμικό διανέμεται επίσης ως ΕΛ/ΛΑΚ και αποσκοπεί κυρίως στην εξυπηρέτηση αναγκών χωρικής ανάλυσης. Υποστηρίζει τη χρήση διαφορετικών διανυσματικών μορφότυπων αρχείων (π.χ. shapfiles, GeoJSON, kml κτλ.) και βάσεων χαρτογραφικών δεδομένων. Εκτός από τη δημιουργία κλασικών χωροπληθών απεικονίσεων, το GeoDa μπορεί να αξιοποιηθεί επίσης για τη δημιουργία χαρτογραμμάτων και χαρτών κινούμενης εικόνας. Συγκεκριμένα, το GeoDa επιτρέπει τη δημιουργία χαρτογραμμάτων Dorling, τα οποία έχουν ως σκοπό την απόδοση των διαφορών σε ποσοτικά δεδομένα και αποτελούν αφαιρετικές απεικονίσεις που δεν διατηρούν το σχήμα και τα τοπολογικά χαρακτηριστικά των πολυγώνων που συμμετέχουν στην απεικόνιση. Η παραγωγή χαρτογραμμάτων Dorling στο περιβάλλον του λογισμικού GeoDa βασίζεται στην αξιοποίηση των κύκλων ως βασικών γεωμετρικών σχημάτων (Εικόνα 7.6).



Εικόνα 7.6 Παράδειγμα από χαρτόγραμμα Dorling το οποίο έχει δημιουργηθεί στο λογισμικό GeoDa.

Τα προηγούμενα παραδείγματα αναφέρονται σε λογισμικά εργαλεία με γραφική διεπιφάνεια χρήστη (GUI). Ωστόσο, εξειδικευμένο λογισμικό που μπορεί να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία χωρικών απεικονίσεων μπορεί να έχει τη μορφή εργαλειοθήκης (toolbox), η οποία λειτουργεί σε περιβάλλον γραμμής εντολών (command line). Για παράδειγμα, η συνένωση των επιμέρους στατικών χαρτών για τη σύνθεση ενός χάρτη κινούμενης εικόνας μπορεί να υλοποιηθεί αξιοποιώντας το λογισμικό FFmpeg (<https://www.ffmpeg.org/>). Το FFmpeg αποτελεί ένα ολοκληρωμένο εργαλείο το οποίο λειτουργεί σε όλες τις πλατφόρμες λειτουργικών συστημάτων και είναι κατάλληλο για την εκπόνηση διαδικασιών που συνδέονται με ήχο και βίντεο.

7.2 Εμπορικό λογισμικό και ελεύθερο λογισμικό/λογισμικό ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ)

Το λογισμικό που αξιοποιείται στα διάφορα στάδια παραγωγής χωρικών απεικονίσεων μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν το εμπορικό λογισμικό και το ελεύθερο λογισμικό/λογισμικό ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ). Προφανώς, ο συγκεκριμένος διαχωρισμός είναι πιο γενικός και υφίσταται σε διαφορετικές κατηγορίες λογισμικού. Ένα εμπορικό λογισμικό συνοδεύεται από εμπορική άδεια χρήσης. Συνεπώς, πωλείται ή/και υποστηρίζεται από μία εμπορική εταιρεία. Από την άλλη πλευρά, ένα ΕΛ/ΛΑΚ διανέμεται ελεύθερα στην επιστημονική, εκπαιδευτική και επαγγελματική κοινότητα με σκοπό την εξυπηρέτηση ερευνητικών, εκπαιδευτικών, επαγγελματικών αναγκών, καθώς και αναγκών που εντάσσονται σε λειτουργίες καθημερινής χρήσης Η/Υ. Η δημιουργία ενός ΕΛ/ΛΑΚ προϋποθέτει την ύπαρξη τεσσάρων ελευθεριών (ελευθερίες 0, 1, 2, & 3), οι οποίες καθορίζουν άμεσα τον τρόπο διανομής και αξιοποίησής του. Συγκεκριμένα, οι ελευθερίες (<https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>) που διέπουν ένα ΕΛ/ΛΑΚ περιγράφονται παρακάτω:

- το λογισμικό μπορεί να εκτελείται ελεύθερα για την εξυπηρέτηση οποιουδήποτε σκοπού («ελευθερία 0»),
- παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης στον πηγαίο κώδικα, με σκοπό τη μελέτη της λειτουργίας του, αλλά και ενδεχόμενης προσαρμογής του για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων αναγκών («ελευθερία 1»),
- το λογισμικό μπορεί να αναδιανέμεται ελεύθερα («ελευθερία 2»),
- δίνεται η δυνατότητα αναδιανομής παραμετροποιημένων εκδόσεων του λογισμικού («ελευθερία 3»).

Από τις παραπάνω προϋποθέσεις οι οποίες περιγράφουν τη λειτουργία ενός ΕΛ/ΛΑΚ, γίνεται φανερό πως η έννοια της «ελευθερίας» που παρέχεται συνδέεται κυρίως με την πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο ποιότητας και ασφάλειας, ενώ ταυτόχρονα παρέχει την ουσιαστική δυνατότητα μελέτης του τρόπου λειτουργίας των αντίστοιχων αξιοποιούμενων εργαλείων.

Η ανάπτυξη ΕΛ/ΛΑΚ στα ερευνητικά, εκπαιδευτικά και επαγγελματικά πεδία που εντάσσονται στη γεωπληροφορική μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητή μέσα από το παράδειγμα του λειτουργικού συστήματος OSGeoLive (<https://live.osgeo.org/en/index.html>). Το OSGeoLive αναπτύσσεται από την κοινότητα OSGeo (<https://www.osgeo.org/>) και αποτελεί ένα ολοκληρωμένο λειτουργικό σύστημα, το οποίο βασίζεται στη διανομή linux Lubuntu (<https://lubuntu.net/>). Στο OSGeoLive έχουν ενσωματωθεί διαφορετικά ΕΛ/ΛΑΚ (όπως Σ.Γ.Π., διαδικτυακές υπηρεσίες κτλ.) και εργαλειοθήκες λογισμικού για τη διαχείριση, την επεξεργασία, την οπτικοποίηση και τη διανομή γεωγραφικών δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα περιλαμβάνονται βάσεις με ελεύθερα γεωχωρικά δεδομένα.

Πίνακας 7.2 ΕΛ/ΛΑΚ ή εργαλειοθήκες για τη διαχείριση, επεξεργασία, οπτικοποίηση και διανομή γεωγραφικών δεδομένων.

Είδος ΕΛ/ΛΑΚ ή εργαλειοθήκης λογισμικού σχετικών με τα γεωγραφικά δεδομένα	Ονομασία ΕΛ/ΛΑΚ ή εργαλειοθήκης λογισμικού
Desktop GIS	<ul style="list-style-type: none"> • GRASS GIS • gvSIG Desktop • QGIS • OpenJUMP GIS • SAGA • uDig
Browser Facing GIS	<ul style="list-style-type: none"> • GeoMoose • GeoNode • Mapbender • OpenLayers • GeoStyler • Cesium • GeoExt • Leaflet
Web Services	<ul style="list-style-type: none"> • deegree • GeoNetwork • GeoServer • MapCache • MapServer • pycsw • PyWPS • istSOS • MapProxy • pygeoapi • Zoo Project • actinia • EOxServer • ncWMS • QGIS Server • Re3gistry • t-rex • 52 North SOS • 52 North WPS
Data Stores	<ul style="list-style-type: none"> • PostGIS • pgRouting • Rasdaman • SpatiaLite
Navigation and Maps	<ul style="list-style-type: none"> • Marble • iD editor • JOSM • GpsPrune • OpenCPN

	<ul style="list-style-type: none"> • OpenStreetMap
Spatial Tools	<ul style="list-style-type: none"> • OTB • GMT • Jupyter Notebook • Mapnik • R
Domain Specific GIS	<ul style="list-style-type: none"> • XyGrib
Data	<ul style="list-style-type: none"> • Natural Earth • North Carolina USA Educational dataset • NetCDF Data Set • OpenStreetMap
Geospatial Libraries	<ul style="list-style-type: none"> • GDAL/OGR • GEOS - C/C++ • GeoTools • PROJ • JTS
Geospatial Standards	<ul style="list-style-type: none"> • OGC • INSPIRE

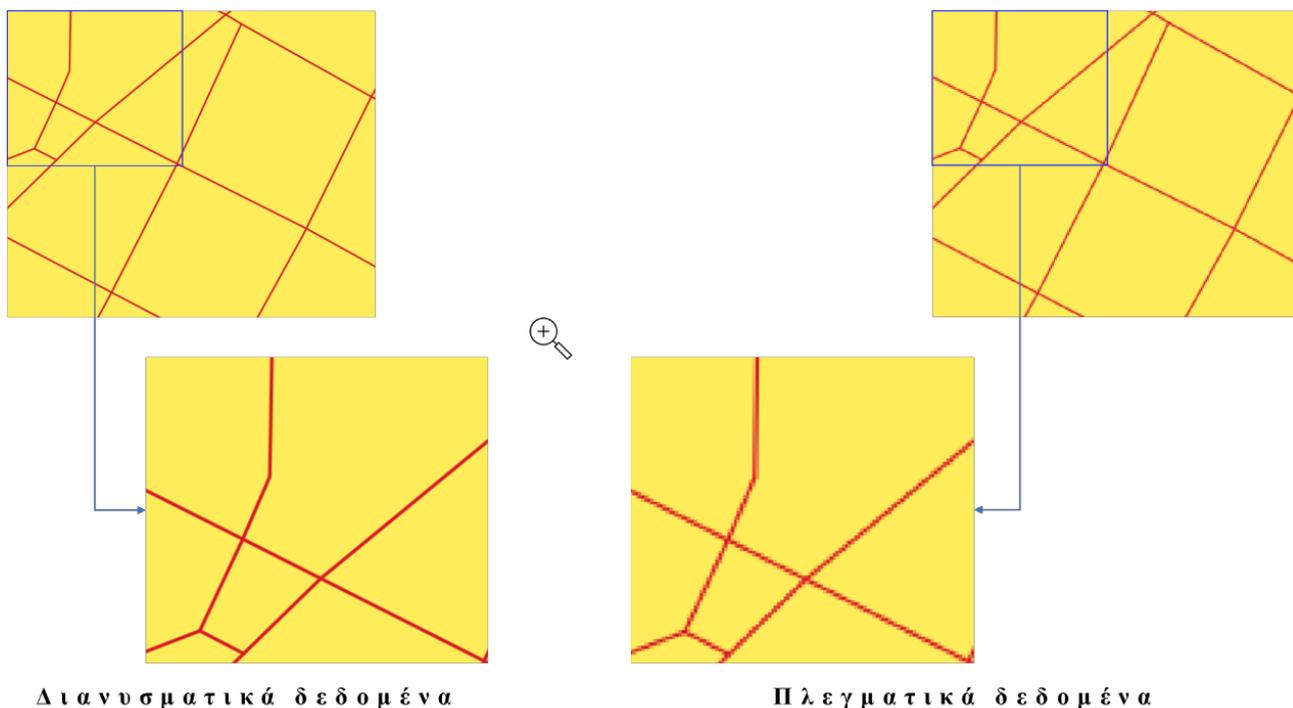
7.3 Βασικοί μορφότυποι αρχείων χωρικών απεικονίσεων

Η αξιοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων για την υποστήριξη των διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων απαιτεί την ενσωμάτωσή τους σε ψηφιακό περιβάλλον. Οι μορφότυποι αρχείων που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη γεωχωρικών δεδομένων λειτουργούν με σκοπό την ψηφιακή περιγραφή των γεωγραφικών δεδομένων, καθώς και τη σύνδεση των θεματικών με τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Η διαδικασία αυτή στηρίζεται στην αξιοποίηση δύο βασικών προσεγγίσεων μοντελοποίησης, οι οποίες περιλαμβάνουν το μοντέλο των πεδίων και το μοντέλο των αντικειμένων (Κάβουρας κ.ά., 2016). Σύμφωνα με το μοντέλο των πεδίων, ο χώρος θεωρείται ως ένα συνεχές και ομογενές μέσο, ενώ η αναπαράσταση της γεωγραφικής πληροφορίας υλοποιείται μέσω της υποδιαίρεσης του πεδίου σε πεπερασμένα σημεία ή κελιά με μορφή κανάβου (Κάβουρας κ.ά., 2016). Οι τιμές των γεωγραφικών χαρακτηριστικών αποδίδονται σε κάθε σημείο ή κελί του κανάβου. Από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση του μοντέλου των αντικειμένων, ο χώρος θεωρείται ότι αποτελείται από πεπερασμένα στοιχεία ή αντικείμενα με συγκεκριμένη θέση, σχήμα και θεματικά χαρακτηριστικά (Κάβουρας κ.ά., 2016). Η σύνδεση της γεωμετρικής με την αντίστοιχη θεματική πληροφορία, η οποία οργανώνεται σε μία βάση δεδομένων, γίνεται μέσω ενός κωδικού (Κάβουρας κ.ά., 2016).

Στην πράξη, οι μορφότυποι γεωχωρικών δεδομένων υποστηρίζουν τη δημιουργία γεωμετρικών δομών, οι οποίες υλοποιούν τα μοντέλα των πεδίων και των αντικειμένων. Οι δύο κύριες γεωμετρικές δομές είναι η διανυσματική (vector) και η κανονικοποιημένη/πλεγματική (raster). Παρά το γεγονός ότι και οι δύο αυτές γεωμετρίες μπορούν να περιγράψουν και τους δύο διαφορετικούς τρόπους μοντελοποίησης των γεωγραφικών πληροφοριών, η διανυσματική δομή συνδέεται περισσότερο με το μοντέλο των αντικειμένων, ενώ αντιστοίχως η κανονικοποιημένη/πλεγματική με αυτό των πεδίων (Κάβουρας κ.ά., 2016). Εκτός της διαχείρισης των γεωμετρικών και των θεματικών χαρακτηριστικών, οι δύο γεωμετρικές δομές δύνανται να ενσωματώνουν και τις τοπολογικές ιδιότητες των γεωγραφικών οντοτήτων που περιγράφουν.

Η διανυσματική δομή αποδίδει τα γεωγραφικά στοιχεία ως μοντέλα δύο διαστάσεων (2D), αξιοποιώντας ως θεμελιώδεις δομικές μονάδες σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Αξίζει να σημειωθεί πως οι διανυσματικές δομές μπορούν να αξιοποιηθούν και για την αναπαράσταση επιφανειών με τριδιάστατη (3D) πληροφορία (π.χ. αναπαράσταση αναγλύφου μέσω δικτύων ακανόνιστων τριγώνων). Η κανονικοποιημένη/πλεγματική δομή βασίζεται στην κατάτμηση του συνεχούς χώρου συνήθως μέσω ενός τετραγωνικού κανάβου. Ο κανάβος αποτελείται από γραμμές και στήλες, με θεμελιώδη δομική μονάδα την ψηφίδα (cell). Η σύνδεση οποιασδήποτε πληροφορίας γίνεται μέσω τιμών που αντιστοιχούν σε κάθε ψηφίδα. Το σχήμα της ψηφίδας είναι κανονικό και αντιστοιχεί σε τετράγωνο (πιο σύνηθες), εξάγωνο, τρίγωνο ή ρόμβο. Στην περίπτωση που η ανάλυση είναι σταθερή, αντιστοιχεί στο γινόμενο του αριθμού στηλών επί τον αριθμό των γραμμών. Ωστόσο, μια κανονικοποιημένη/πλεγματική δομή μπορεί να μην έχει σταθερή ανάλυση. Στην Εικόνα 7.7 παρουσιάζεται ένα

παράδειγμα γεωγραφικών δεδομένων, τα οποία αναπαρίστανται από διανυσματικές και πλεγματικές δομές. Κατά τη μεγέθυνσή τους, οι διαφορές γίνονται καλύτερα αντιληπτές.



Εικόνα 7.7 Παράδειγμα διαφοροποίησης της εμφάνισης γεωγραφικών δεδομένων τα οποία αναπαρίστανται από διανυσματικές και πλεγματικές δομές.

Στον Πίνακα 7.3 παρατίθενται ορισμένοι ενδεικτικοί μορφότυποι διανυσματικών και πλεγματικών δεδομένων.

Πίνακας 7.3 Ενδεικτικοί μορφότυποι διανυσματικών και πλεγματικών δεδομένων.

Μορφότυποι Διανυσματικών δεδομένων	Μορφότυποι Πλεγματικών δεδομένων
<ul style="list-style-type: none"> • Απλοί μορφότυποι csv • Shapefile (ESRI®) • GeoJSON • KML • AutoCAD DXF 	<ul style="list-style-type: none"> • ASCII GRID (ESRI®) • ECW (ERDAS®) • JPEG • GeoTIFF • netCDF

Βιβλιογραφία

- Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κόκλα, Μ., Κονταξάκη, Σ., Πανόπουλος, Γ., & Τομαή, Ε. (2016). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/6381>
- Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Α., & Στάμου, Λ. (2015). *Χαρτογραφική σύνθεση και απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/2506>

Κεφάλαιο 8

Σύνοψη

Στο Κεφάλαιο 8 περιγράφονται τα βασικά στοιχεία που συνδέονται με τη λειτουργία του οφθαλμού και την ολοκλήρωση της όρασης στον εγκέφαλο. Η περιγραφή εστιάζεται στην ανάγνωση των χωρικών απεικονίσεων. Αναφέρονται στοιχεία, έννοιες και κανόνες της οπτικής αντίληψης που προκύπτουν από έρευνες της γνωσιακής ψυχολογίας και μπορούν να εφαρμοστούν στην ανάγνωση χωρικών απεικονίσεων. Δίνεται έμφαση σε συγκεκριμένα παραδείγματα που αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα της εφαρμογής των κανόνων της οπτικής αντίληψης στην αναβάθμιση των χωρικών απεικονίσεων.

Προαπαιτούμενη γνώση

Στοιχειώδης ανατομία του οφθαλμού. Βασικές κατηγορίες χωρικών απεικονίσεων και εφαρμογή των οπτικών μεταβλητών στον χαρτογραφικό συμβολισμό.

8 Θεμελιώδεις κανόνες οπτικής αντίληψης των χωρικών απεικονίσεων

8.1 Οπτική αντίληψη και σχετικές έννοιες

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η βασική λειτουργία της οπτικής αντίληψης και αναλύονται σχετικές έννοιες που συνδέονται μ' αυτήν. Βασικός σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος «βλέπει» τους χάρτες, καθώς και η ανάλυση των γραφικών στοιχείων που καθορίζουν την ολοκλήρωση της όρασής τους στον εγκέφαλο.

8.1.1 Οπτική αντίληψη και όραση

Η έννοια της αντίληψης (perception) σχετίζεται άμεσα με τη διαδικασία απόκτησης πληροφοριών, με κύριο σκοπό την κατανόηση του εξωτερικού κόσμου. Συγκεκριμένα, μπορούμε να υποστηρίξουμε πως η αντίληψη περιλαμβάνει το σύνολο εκείνων των διεργασιών που είναι απαραίτητες για να αναγνωρίζουμε, να οργανώνουμε και να διαισθανόμαστε ερεθίσματα του περιβάλλοντος μέσω των αισθητήριων οργάνων μας (Sternberg & Sternberg, 2011). Τα οπτικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος γίνονται αντιληπτά μέσα από τη διαδικασία της όρασης, βασικό «εργαλείο» της οποίας αποτελούν οι οφθαλμοί. Η αντίληψη των οπτικών ερεθισμάτων αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως «οπτική αντίληψη».

Η διαδικασία λειτουργίας της όρασης δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητή. Ωστόσο, η μελέτη της αποτελεί αντικείμενο πολλών διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (βιολογία, νευροβιολογία, νευροψυχολογία, οφθαλμολογία), ενώ τα αποτελέσματα της έρευνας για την όραση βρίσκουν εφαρμογή σε επιστημονικούς τομείς που σχετίζονται με την ανθρώπινη συμπεριφορά αλλά και με την όραση υπολογιστών. Η ανάγκη για την κατανόηση αυτής της σημαντικής λειτουργίας του ανθρώπου οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων θεωριών και θεωρητικών μοντέλων. Αυτά στηρίζονται στη φυσιολογία των αισθητήριων οργάνων (οφθαλμών), στα όσα είναι ως σήμερα γνωστά για την ολοκλήρωση της όρασης στον εγκέφαλο, καθώς και στα αποτελέσματα που προκύπτουν από πειραματικές έρευνες. Εδώ θα αναφερθούν δύο βασικές θεωρίες για την όραση. Η μία έχει προταθεί από τον Gibson (1979) και η άλλη από τον Marr (1982). Και οι δύο θεωρίες προσπαθούν να αναλύσουν και να εξηγήσουν το γιατί και το πώς συντελείται, καθώς και το πώς ολοκληρώνεται η διαδικασία της όρασης. Οι δύο αυτές σύγχρονες θεωρίες ξεκινούν από εντελώς διαφορετική αφετηρία, αλλά μπορούν και οι δύο να αποτελέσουν θεωρητική βάση για τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο ο αναγνώστης βλέπει τις χωρικές απεικονίσεις, του μεν Gibson γιατί αναφέρεται στην αντίληψη του φυσικού περιβάλλοντος, το οποίο αναπαρίσταται στις χωρικές απεικονίσεις, του δε Marr γιατί είναι μια υπολογιστική θεωρία η οποία αναλύει την όραση διδιάστατων οπτικών ερεθισμάτων και, επομένως, μπορεί άμεσα να συσχετιστεί με την όραση χαρτών. Παρακάτω δίνεται μια συνοπτική περιγραφή των δύο αυτών προσεγγίσεων, καθώς και των βασικών στοιχείων που συνδέονται με αυτές.

Ο Gibson θεωρεί την όραση ως μία ενεργή διαδικασία και η προσέγγισή του είναι γνωστή στη διεθνή βιβλιογραφία ως «οικολογική προσέγγιση» της όρασης. Σύμφωνα με τη θεωρία του, η οπτική αντίληψη στηρίζεται σε έμφυτους μηχανισμούς που έχουν αναπτυχθεί κατά την εξέλιξη του ανθρώπου. Είναι μια από

«κάτω προς τα πάνω» (βλ. παρ. 8.1.3) διαδικασία, δηλαδή προκύπτει από τη δομή του ερεθίσματος και όχι από συνειδητή αναζήτηση και, επομένως, είναι ανεξάρτητη από οποιαδήποτε εμπειρία ενδέχεται να έχει ο θεατής με το οπτικό ερέθισμα. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται, αντιλαμβανόμαστε άμεσα τα στοιχεία του περιβάλλοντος, χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη ενδιάμεσων γνωσιακών διαδικασιών (Sternberg & Sternberg, 2011). Η οπτική αντίληψη ξεκινά από τη διέγερση του αμφιβληστροειδούς χιτώνα από το φως. Εκεί δημιουργείται η οπτική διάταξη, η οποία περιέχει όσες πληροφορίες χρειάζονται για την κατανόηση της οπτικής σκηνής. Κανενός είδους επεξεργασία δεν λαμβάνει χώρα και καμία από «πάνω προς τα κάτω» διαδικασία δεν παρεμβαίνει κατά την πορεία του ερεθίσματος προς τον εγκέφαλο. Απλά, τα στοιχεία της οπτικής διάταξης είναι αυτά που επιτρέπουν την ολοκλήρωση της οπτικής αντίληψης. Για παράδειγμα, η αντίληψη του βάθους και των αποστάσεων είναι εφικτή μέσω πληροφοριών που σχετίζονται με την ιδιότητα της υψής, της γραμμικής προοπτικής και των σχετικών μεγεθών των αντικειμένων της οπτικής σκηνής (Goldstein, 1981; Sternberg & Sternberg, 2011). Στη θεωρία του Gibson στηρίζονται πολλές εφαρμογές, στις οποίες οι συνθήκες όρασης είναι ξεκάθαρες και στις οποίες οι από «κάτω προς τα πάνω» διαδικασίες παίζουν τον κυρίαρχο ρόλο. Όμως, η συγκεκριμένη θεωρία δεν μπορεί να υποστηρίξει πολλές πειραματικές μελέτες, στις οποίες παρεμβαίνουν από «πάνω προς τα κάτω» διεργασίες που είναι ολοφάνερο ότι επηρεάζουν τις διαδικασίες της οπτικής αντίληψης, ακόμα και στα πρώτα στάδια της όρασης. Ως παράδειγμα μπορούν να αναφερθούν οι καλύτερες επιδόσεις εμπειρών θεατών στις ερμηνείες εικόνων σε σχέση με αρχάριους θεατές, γεγονός που συναντάται σε πολλές περιπτώσεις. Επίσης, δύσκολα σε μια τέτοια θεωρία θα μπορούσαν να στηριχθούν οι συνθήκες ανάγνωσης χωρικών απεικονίσεων, όταν στις περισσότερες χρήσεις οι από «πάνω προς τα κάτω» διαδικασίες παίζουν μεγάλο ρόλο.

Η αρχή του Gibson ότι η κατανόηση της όρασης στηρίζεται στην κατανόηση του τι υπάρχει και τι συμβαίνει στον φυσικό κόσμο αποτελεί και την αφετηρία της θεωρίας του Marr (1982). Έχοντας την πεποίθηση ότι οι υπολογιστικές θεωρίες είναι θεμελιακές στην εξήγηση φαινομένων, ο Marr λαμβάνει υπόψη τα όσα είναι γνωστά από τη νευροβιολογία για τη λειτουργία των οφθαλμών και του οπτικού φλοιού του εγκεφάλου. Συγχρόνως, στηρίζεται στις θεωρίες της γνωσιακής ψυχολογίας για τις απεικονίσεις στον εγκέφαλο, σύμφωνα με τις οποίες ο εγκέφαλος έχει πρόσβαση σε εσωτερικές απεικονίσεις, οι οποίες επηρεάζουν τις νοητικές διαδικασίες (Peterson, 1987). Κι έτσι, στη θεωρία του αντιμετωπίζει την όραση ως μια σειρά διαδικασιών που ολοκληρώνονται σε διαφορετικά στάδια. Πιο συγκεκριμένα, ο Marr περιγράφει τρία επίπεδα μέσω των οποίων μπορεί να κατανοηθεί οποιοδήποτε σύστημα πληροφοριών:

1. στο πρώτο επίπεδο, που αναφέρεται στην «υπολογιστική θεωρία», καθορίζεται ο σκοπός της διαδικασίας και η δομή πραγματοποίησής της,
2. στο δεύτερο επίπεδο, που αναφέρεται ως επίπεδο της «αναπαράστασης και του αλγορίθμου», εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί αυτή η υπολογιστική θεωρία, ενώ
3. στο τρίτο επίπεδο του «υλικού επεξεργασίας» περιλαμβάνεται ο τρόπος με τον οποίο ο περιγραφόμενος αλγόριθμος μπορεί να υλοποιηθεί φυσικά.

Τα στάδια τα οποία περιγράφει ο Marr για τα σύνθετα συστήματα επεξεργασίας πληροφοριών μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητα (Glennester, 2002). Για παράδειγμα, αν σε έναν χάρτη δεν διακρίνεται μια πολύ λεπτή γραμμή, αυτό οφείλεται στους περιορισμούς που τίθενται στη διακριτική ικανότητα του ματιού από τη λειτουργία του εγκεφάλου (υλικό επεξεργασίας), ενώ η δυσκολία ερμηνείας ενός χαρτογράμματος κατά πάσα πιθανότητα θα οφείλεται στις απεικονίσεις (αλγόριθμους) που εφαρμόζει ο εγκέφαλος για να ερμηνεύσει μια οπτική σκηνή και δεν μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία (επειδή δεν υπάρχει αντίστοιχη εσωτερική απεικόνιση).

Σύμφωνα με τη θεωρία του Marr, η διδιάστατη εικόνα της οπτικής σκηνής στον αμφιβληστροειδή περνά από τρία ενδιάμεσα στάδια, πριν ολοκληρωθεί ο πλήρης σχηματισμός του τριδιάστατου μοντέλου της απεικόνισης της οπτικής σκηνής στον εγκέφαλο:

1. Στο πρώτο στάδιο δημιουργείται το ονομαζόμενο «πρωταρχικό σκίτσο» (primal sketch), που σχηματίζεται από τις γραμμές έντονων αλλαγών έντασης, από ακμές και από συμπαγή άμορφα τμήματα επιφανειών. Με άλλα λόγια, το πρωταρχικό σκίτσο είναι μια «μουτζούρα» της οπτικής σκηνής, είναι αυτό που θα έβλεπε ο θεατής αν μισοέκλεινε τα μάτια του και κοιτούσε χωρίς να εστιάζει κάπου συγκεκριμένα. Ο Marr κάνει την υπόθεση ότι τα χαρακτηριστικά της σκηνής αποθηκεύονται στον εγκέφαλο σε ένα ιεραρχικό μοντέλο, όπου ξεχωρίζουν τα κύρια χαρακτηριστικά

από τις λεπτομέρειες. Το αποτέλεσμα αυτής της αποθήκευσης είναι ο προσδιορισμός των ορίων ομογενών περιοχών (Magr 1982).

2. Στο δεύτερο στάδιο δημιουργείται το ονομαζόμενο σκίτσο των 2½ διαστάσεων, στο οποίο απεικονίζονται οι ορατές μόνο επιφάνειες της οπτικής σκηνής, σε ένα σύστημα συντεταγμένων επικεντρωμένο στον θεατή και με παραμέτρους τον προσανατολισμό της επιφάνειας και την απόστασή της από τον θεατή. Και αυτό το στάδιο δημιουργείται με από «κάτω προς τα πάνω» διαδικασίες, υπάρχουν όμως ισχυρές ενδείξεις ότι συγκεκριμένα αντικείμενα της σκηνής μπορεί να τραβήξουν την προσοχή του θεατή, δηλαδή να ενεργοποιήσουν και από «πάνω προς τα κάτω» διαδικασίες.
3. Στο τρίτο στάδιο δημιουργείται το 3-διάστατο μοντέλο της απεικόνισης, το οποίο είναι εστιασμένο στην οπτική σκηνή, αναπαριστά τη δομή των αντικειμένων, συμπεριλαμβανομένων των μη ορατών επιφανειών τους, καθώς και τις ιδιότητες των επιφανειών. Είναι και αυτό ένα ιεραρχικό μοντέλο στο οποίο ακολουθείται μια τυποποίηση στην αποθήκευση των πληροφοριών.

Όπως αναφέρει ο MacEachren (1995, σελ. 32), «Η τυποποίηση της επεξεργασίας που προτείνεται από τον Magr έχει ενδιαφέρουσες επιδράσεις στην ερμηνεία των χαρτογραφικών συμβόλων. Για παράδειγμα, όταν σαρώνουμε οπτικά έναν τουριστικό χάρτη ψάχνοντας για ένα κάμπινγκ, αυτή η τυποποιημένη επεξεργασία μπορεί να μας επιτρέψει να ξεχωρίσουμε το σύνολο των συμβόλων χειμερινών σπορ από το σύνολο των συμβόλων κάμπινγκ, πριν γίνει η συγκεκριμένη ειδική αναγνώριση οποιουδήποτε συμβόλου. Για να εντοπίσουμε ένα σύμβολο θέσης κάμπινγκ, δεν πρέπει να καταλάβουμε ότι ένα συγκεκριμένο σύμβολο σημαίνει «πίστα σκι» για να το εξαιρέσουμε ως υποψήφιο για περισσότερη εξέταση».

8.1.2 Οπτική αναζήτηση και προσοχή

Η έννοια της οπτικής αντίληψης συνδέεται άμεσα με τις έννοιες της οπτικής αναζήτησης και της οπτικής προσοχής. Η οπτική αναζήτηση μπορεί να αναφερθεί ως «η συλλογή των οπτικών διεργασιών που μας επιτρέπουν να εντοπίσουμε αυτό που ψάχνουμε χρησιμοποιώντας τη χωρική προσοχή για να συνδυάσουμε χαρακτηριστικά των αντικειμένων» (Vecera, 2000, σελ. 355). Σύμφωνα με την ορολογία που αξιοποιείται στη διεθνή βιβλιογραφία, κατά τη διάρκεια μιας τυπικής εργασίας οπτικής αναζήτησης, ένας παρατηρητής αναζητά έναν συγκεκριμένο «στόχο» ανάμεσα σε ένα σύνολο «περισπαστών» (Vecera, 2000; Chun & Wolfe, 2001). Ως περισπαστές αναφέρονται τα στοιχεία μιας οπτικής σκηνής (π.χ. της εικόνας ενός φυσικού τοπίου) τα οποία αποσπούν την προσοχή μας όταν αναζητούμε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο (τον στόχο). Για παράδειγμα, παρατηρώντας μια δορυφορική εικόνα μιας συγκεκριμένης περιοχής, με σκοπό την αναζήτηση ενός συγκεκριμένου κτίσματος, όλα τα υπόλοιπα στοιχεία (πλην του συγκεκριμένου κτίσματος) της εικόνας λειτουργούν ως περισπαστές. Έτσι, στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ως περισπαστές μπορούν να εμφανίζονται στοιχεία όπως άλλα κτίσματα, δρόμοι, δένδρα κλπ.

Η οπτική προσοχή κατά την παρατήρηση μιας οπτικής σκηνής περιγράφεται συνήθως μέσω δύο διακριτών προσεγγίσεων, καθεμία εκ των οποίων εξηγεί διαφορετικά τον τρόπο με τον οποίο κατευθύνεται η προσοχή. Η πιο «παραδοσιακή» προσέγγιση θέλει την προσοχή να κατευθύνεται προς συγκεκριμένες περιοχές του ερεθίσματος που υποδεικνύονται μέσω ενός «σημειακού φωτός» (Posner et al., 1980) ή μέσω ενός «πολλαπλού σημειακού φωτός» (Hahn & Kramer, 1998). Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, το σημειακό φως λειτουργεί ώστε να «φωτίσει» κάποια περιοχή (ή αντίστοιχα κάποιες περιοχές στην περίπτωση του πολλαπλού φωτός) του οπτικού ερεθίσματος. Η πιο «σύγχρονη» προσέγγιση για την εξήγηση της οπτικής προσοχής υποδεικνύει ότι αυτή κατευθύνεται βάσει συγκεκριμένων αντικειμένων του ερεθίσματος (Scholl, 2001). Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα με σκοπό την προσομοίωση της οπτικής προσοχής (Geerinck, 2009). Τα μοντέλα αυτά βασίζονται τόσο στη θεώρηση του χώρου ως «μονάδας» προσοχής (π.χ. θεωρία ενοποίησης χαρακτηριστικών (Treisman & Gelade, 1980) ή το μοντέλο καθοδηγούμενης αναζήτησης (Cave & Wolfe, 1990), αλλά και στη θεώρηση κατά την οποία τα αντικείμενα του οπτικού ερεθίσματος είναι εκείνα που κατευθύνουν την προσοχή.

8.1.3 Σειριακές και παράλληλες αναζητήσεις

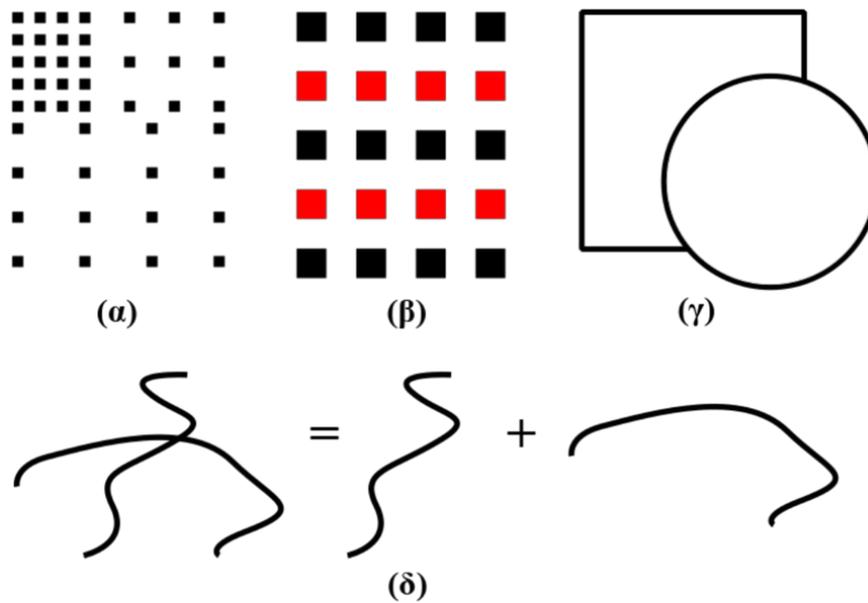
Η οπτική αναζήτηση περιλαμβάνει γνωσιακές διαδικασίες που είναι δυνατόν να εκτελούνται «σειριακά» ή «παράλληλα». Σύμφωνα με την ορολογία που αναφέρθηκε παραπάνω, σε μια σειριακή αναζήτηση ένας παρατηρητής αναζητά έναν οπτικό στόχο μεταξύ περισπαστών. Στη διαδικασία αυτή, τα στοιχεία της οπτικής σκηνής εξετάζονται ξεχωριστά και γίνεται η σύγκριση του καθενός με τον στόχο (Sternberg, 1969). Ο Sternberg (1969) διακρίνει δύο διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί μια σειριακή διαδικασία. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη διάκριση αυτή, η σειριακή διαδικασία τερματίζεται με την εύρεση του επιθυμητού στόχου ή ολοκληρώνεται αφού εξεταστεί κάθε στοιχείο της σκηνής σε σύγκριση με τον στόχο. Στην πρώτη περίπτωση, η αναζήτηση ονομάζεται «σειριακή αυτο-τερματιζόμενη». Στη δεύτερη περίπτωση, η αναζήτηση χαρακτηρίζεται ως «σειριακή εξαντλητική». Σε αντίθεση με τις σειριακές αναζητήσεις, κατά τη διάρκεια μιας παράλληλης αναζήτησης, τα αντικείμενα του οπτικού ερεθίσματος εξετάζονται ταυτόχρονα, την ίδια χρονική στιγμή (Townsend, 1990). Σε μία παράλληλη αναζήτηση, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κάποιιοι στόχοι «ξεπετάγονται» μεταξύ των περισπαστών (βλ. παρ. 8.2.1). Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η τελευταία πρόταση, μπορούμε να αναφέρουμε ένα απλό παράδειγμα. Έστω ότι σε μία παράγραφο ενός κειμένου, μία μόνο από τις λέξεις παρουσιάζεται με κόκκινη απόχρωση, ενώ όλες οι υπόλοιπες εντός της αντίστοιχης σελίδας με μαύρη απόχρωση. Τότε, σε αυτήν την περίπτωση, η λέξη αυτή μπορεί να «ξεπεταχθεί» στη συγκεκριμένη οπτική σκηνή και η αναζήτησή της (συνεπώς και ο εντοπισμός της) μπορεί να γίνει αρκετά εύκολα και γρήγορα. Στο προηγούμενο παράδειγμα, τον ρόλο της οπτικής σκηνής διαδραματίζει το σύνολο του κειμένου της συγκεκριμένης σελίδας.

Σύμφωνα με τη θεωρία «ενοποίησης χαρακτηριστικών», ο διαχωρισμός μεταξύ του παράλληλου και του σειριακού σταδίου είναι διακριτός (Treisman, 1988). Σε μία διαφορετική προσέγγιση, ο Wolfe (1998) θεωρεί τις σειριακές και τις παράλληλες αναζητήσεις ως τα δύο άκρα ενός συνεχούς μέσου. Έτσι, προτείνει πως η διάκριση που μπορεί να γίνει θα πρέπει να αναφέρεται (με βάση το αποτέλεσμα) σε αποδοτικές και μη αποδοτικές αναζητήσεις.

Η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης επηρεάζεται τόσο από πληροφορίες που υπάρχουν στη μνήμη του παρατηρητή, όσο και από στοιχεία του οπτικού ερεθίσματος. Στις περιπτώσεις που η διαδικασία καθοδηγείται από κάποιο στόχο, η αναζήτηση που πραγματοποιεί ο παρατηρητής μιας οπτικής σκηνής χαρακτηρίζεται ως από «πάνω προς τα κάτω» (ή απλούστερα «πάνω-κάτω») διαδικασία. Αντίστοιχα, στις περιπτώσεις που το οπτικό ερέθισμα περιλαμβάνει κάποια προεξέχοντα χαρακτηριστικά ή αντιληπτικές ομάδες, η πληροφορία μεταφέρεται στον παρατηρητή από «κάτω προς τα πάνω» (ή απλούστερα «κάτω-πάνω»). Στην τελευταία περίπτωση, θεωρούμε ότι η αναζήτηση καθοδηγείται από το οπτικό ερέθισμα. Κατά την παρατήρηση μιας οπτικής σκηνής, στις διαδικασίες του διαχωρισμού αντικειμένων και της προσοχής επιδρούν πληροφορίες που προκύπτουν τόσο από «πάνω-κάτω», όσο και από «κάτω-πάνω» διεργασίες.

8.1.4 Αντιληπτική ομαδοποίηση και αρχές Gestalt

Στην περίπτωση των «πάνω-κάτω» διαδικασιών και κατά την αρχική παρατήρηση μιας οπτικής σκηνής, η διαδικασία της αντιληπτικής ομαδοποίησης διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο. Οι αρχές της αντιληπτικής ομαδοποίησης εισάγονται αρχικά από τον Wertheimer (1912, 1923), ενώ η επέκταση της θεωρίας πραγματοποιείται από τους Köhler (1929) και Koffka (1935). Στη διεθνή βιβλιογραφία, οι αρχές που διέπουν την αντιληπτική ομαδοποίηση χαρακτηρίζονται ως «αρχές ή νόμοι ή ιδιότητες Gestalt». Πιο συγκεκριμένα, οι αρχές Gestalt αποτελούν ένα σύνολο ιδιοτήτων σύμφωνα με τις οποίες κάποια στοιχεία μιας οπτικής σκηνής μπορούν να γίνουν αντιληπτά ως ολόκληρες ή δομές/ομάδες, οι οποίες «προεξέχουν». Οι νόμοι της αντιληπτικής ομαδοποίησης αναφέρονται στις ιδιότητες της εγγύτητας, της ομοιότητας, της κοινής πορείας, της μορφολογικής σταθερότητας, του αντικειμενικού συνόλου, της καλής συνέχειας, της κλειστότητας, της απλότητας και της εμπειρίας ή συνήθειας (MacEachren, 1995). Στην Εικόνα 8.1 δίνονται σχηματοποιημένα παραδείγματα σε σχέση με ορισμένες από τις αρχές αντιληπτικής ομαδοποίησης Gestalt.



Εικόνα 8.1 Οι αρχές της εγγύτητας (α), της ομοιότητας (β), της κλειστότητας (γ) και της καλής συνέχειας (δ) για την αντιληπτική ομαδοποίηση της σχολής Gestalt: Παραδείγματα (Κρασανάκης, 2014).

Για παράδειγμα, σε έναν χάρτη στον οποίο αξιοποιείται μια διακεκομμένη γραμμή για την υπόδειξη ενός ορίου (π.χ. διοικητικού), το τελευταίο γίνεται αντιληπτό (ως ενιαία γραμμή) λόγω την ιδιότητας της καλής συνέχειας. Έτσι, παρά το γεγονός ότι η γραμμή του ορίου αποτελείται από επιμέρους (ευθύγραμμα) τμήματα, γίνεται αντιληπτή ως «ολότητα».

Οι αρχές ομαδοποίησης έχουν επίσης μεγάλη επίδραση στον διαχωρισμό «πρώτου πλάνου-φόντου» κατά τη διαδικασία ανάγνωσης μιας οπτικής σκηνής (βλ. παρ. 8.3.3). Για παράδειγμα, σε έναν χάρτη ο οποίος παρουσιάζει σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος (π.χ. μουσεία, παραλίες κλπ.) σε ένα νησί, τα χαρτογραφικά σύμβολα που αξιοποιούνται διαδραματίζουν τον ρόλο του «πρώτου πλάνου». Αντίθετα, το χαρτογραφικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες δραστηριότητες αποτελεί το αντίστοιχο «φόντο». Αξίζει να αναφερθεί πως η συμβολή της θεωρίας της σχολής Gestalt είναι αρκετά σημαντική σε ένα ευρύ επιστημονικό φάσμα, με εφαρμογές σε επιστήμες που μελετούν την ανάγνωση οπτικών ερεθισμάτων, αλλά και την όραση υπολογιστών.

8.1.5 Οπτική αναζήτηση και εφαρμογές

Τα στοιχεία που είναι καθοριστικά για την ολοκλήρωση των διαδικασιών της οπτικής αντίληψης εξετάζονται σε πεδία που αναφέρονται τόσο σε φυσικές (π.χ. αντίληψη ενός φυσικού τοπίου) όσο και σε εικόνες δύο διαστάσεων αλλά και διεπιφάνειες (π.χ. αντίληψη της διεπιφάνειας χρήστη ενός λογισμικού σε ψηφιακό περιβάλλον). Επιπροσθέτως, στην περίπτωση της δημιουργίας οπτικών ερεθισμάτων, τα οποία πρόκειται να αξιοποιηθούν από κάποιον χρήστη με σκοπό την εκτέλεση κάποιας λειτουργίας (π.χ. οδήγηση, χρήση διεπιφάνειας λογισμικού), τα στοιχεία που επιδρούν στην οπτική διαδικασία θα πρέπει να είναι γνωστά και να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό. Πιο συγκεκριμένα, αν αναλογιστούμε την περίπτωση της σήμανσης στο οδικό δίκτυο, στην οποία η επιλογή της απόχρωσης, του σχήματος αλλά και του μεγέθους ενός σήματος είναι καθοριστικής σημασίας τόσο για την κατηγοριοποίησή του σε μία «οπτική» ομάδα, όσο και για τον καθορισμό συγκεκριμένων ιδιοτήτων, οι οποίες μπορούν να το κάνουν να «προεξέχει» σε σχέση με τα υπόλοιπα, αλλά κυρίως σε σχέση με το υπόλοιπο οπτικό πεδίο. Αντίστοιχα παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν σχετικά με τις χωρικές απεικονίσεις. Σε επόμενες παραγράφους αναλύονται συγκεκριμένες εφαρμογές στο πεδίο της χαρτογραφίας.

8.2 Το στάδιο της προ-προσοχής

Το στάδιο της προ-προσοχής αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στάδια της όρασης, καθώς επιδρά άμεσα στις διαδικασίες που έπονται και συμβαίνουν με προσοχή. Άμεσα, επίσης, είναι και η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των στοιχείων που είναι διαθέσιμα σε αυτό το στάδιο με τις παραμέτρους του σχεδιασμού που αξιοποιούνται στη δημιουργία των χωρικών απεικονίσεων. Για τους παραπάνω λόγους, η έννοια του σταδίου της προ-προσοχής αναλύεται εκτενέστερα στην παρούσα παράγραφο.

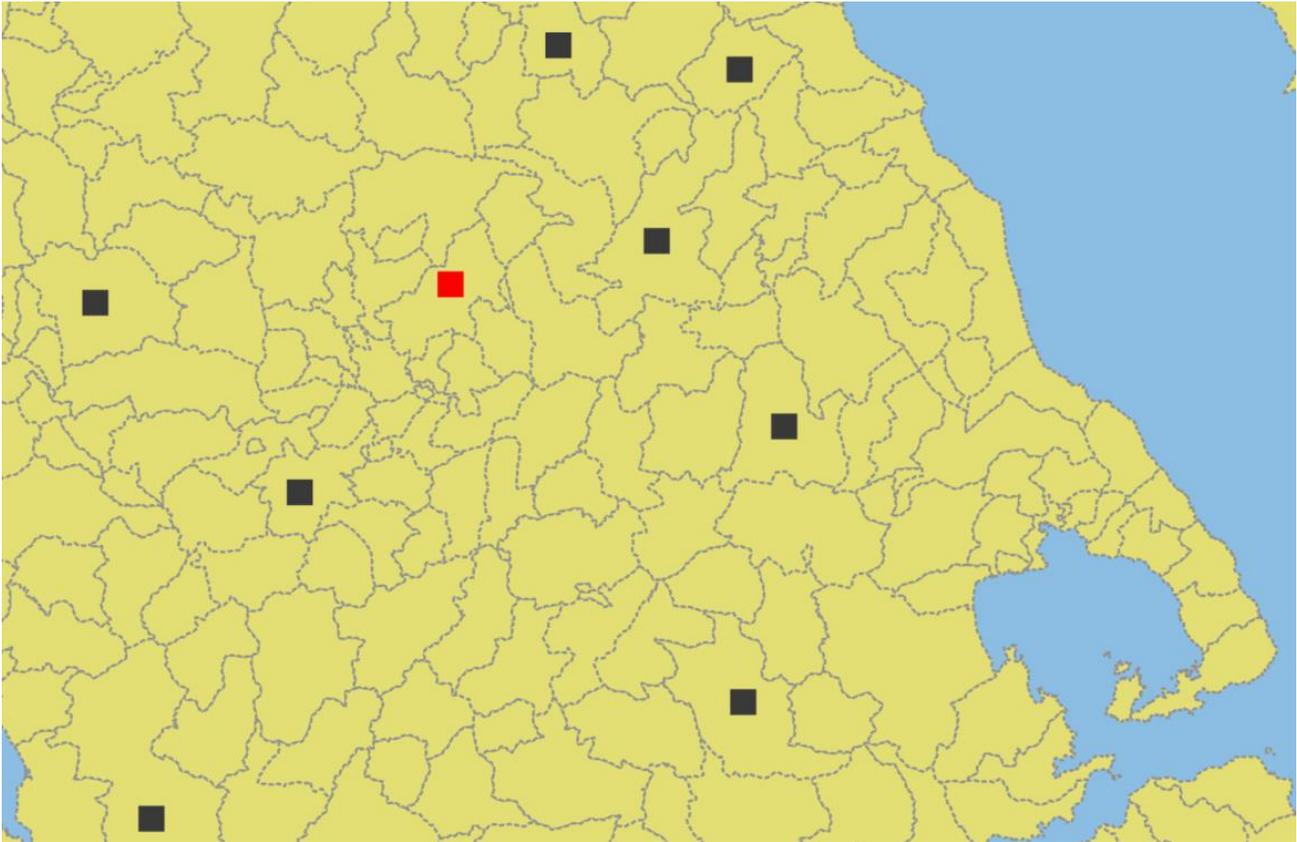
Μια άμεση σύνδεση της διαδικασίας της όρασης με αυτήν της προσοχής πραγματοποιείται μέσω της διάκρισης που παρουσιάζεται από τον Wolfe (2000). Σύμφωνα με αυτήν τη διάκριση, η παρατήρηση ενός οπτικού ερεθίσματος είναι δυνατόν να πραγματοποιείται σε στάδιο προ-προσοχής, με προσοχή, σε στάδιο μετα-προσοχής ή χωρίς προσοχή. Στα περισσότερα πειράματα που σχετίζονται με τη διαδικασία της οπτικής αναζήτησης, τα υποκείμενα (subjects) των (πειραματικών) ερευνών καλούνται να εκτελέσουν μία συγκεκριμένη διαδικασία. Με τον τρόπο αυτό, η διαδικασία που εκτελείται απαιτεί προσοχή. Βέβαια, υπάρχουν και περιπτώσεις κατά τις οποίες, μετά την εύρεση του αντικειμένου της οπτικής σκηνής που αναζητείται, η κατεύθυνση της προσοχής οδηγείται σε κάποιο άλλο αντικείμενο. Η περίπτωση αυτή συνιστά μια διαδικασία μετα-προσοχής. Σχετικά με τις μελέτες που εντάσσονται στην όραση χωρίς προσοχή, ο Wolfe (2000) αναφέρει ότι οι έρευνες που πραγματοποιούνται προσπαθούν να «εξαναγκάσουν» τους συμμετέχοντες (τα «υποκείμενα» της έρευνας) να προσέξουν ένα οπτικό ερέθισμα, ενώ κάποιο άλλο οπτικό ερέθισμα παρουσιάζεται ταυτόχρονα.

Ενώ οι περισσότερες ενδείξεις που έχουμε για την όραση σχετίζονται με διαδικασίες που διέπονται από προσοχή, η λειτουργία του σταδίου προ-προσοχής δείχνει να συνδέεται περισσότερο με τις διαδικασίες που συμβαίνουν στην όραση μετά την προσοχή ή χωρίς προσοχή. Η επεξεργασία σε στάδιο προ-προσοχής αποτελεί το πρώτο αντιληπτικό επίπεδο προσοχής κατά την πρώτη θέαση ενός οπτικού ερεθίσματος. Σύμφωνα με τους Treisman & Gelade (1980), στο συγκεκριμένο αντιληπτικό επίπεδο γίνεται επεξεργασία των στοιχείων της οπτικής σκηνής με πολύ γρήγορους ρυθμούς και οι διαδικασίες «κάτω-πάνω» είναι εκείνες που κυριαρχούν.

Η πρώτη αναφορά της έννοιας του σταδίου της προ-προσοχής γίνεται από τον Neisser (1967) (αναφορά Wolfe, 2000). Η όραση κατά την προ-προσοχή πραγματοποιείται χωρίς περιορισμούς στη χωρητικότητα της μνήμης. Στο στάδιο αυτό, θεωρείται ότι γίνεται ταυτόχρονη επεξεργασία των στοιχείων του οπτικού πεδίου. Έτσι, η ταυτόχρονη αυτή επεξεργασία στοιχείων του οπτικού πεδίου συνιστά την ύπαρξη μιας «παράλληλης» οπτικής διεργασίας. Βέβαια, δεν έχουμε την ικανότητα της αναγνώρισης όλων των αντικειμένων του οπτικού πεδίου «με μια ματιά» (Wolfe, 2005). Ωστόσο, οι πληροφορίες οι οποίες γίνονται διαθέσιμες από την αρχική παράλληλη επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον έλεγχο της επιλογής (Wolfe, 2005). Για την κατανόηση της πρότασης αυτής, χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα που αναφέρει ο Wolfe (2005): «αναζητώντας το κόκκινο αυτοκίνητό μας στον χώρο στάθμευσης, επιλέγουμε να εξετάσουμε τα κόκκινα αυτοκίνητα, όχι τα μπλε».

8.2.1 Χαρακτηριστικά προ-προσοχής ή βασικά χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά για τα οποία η οπτική πληροφορία είναι διαθέσιμη πριν τη διαδικασία της επιλεκτικής προσοχής στην όραση και τα οποία λειτουργούν έτσι ώστε να την κατευθύνουν, ονομάζονται «χαρακτηριστικά προ-προσοχής» ή «βασικά χαρακτηριστικά» (Wolfe, 2005). Η έννοια της επιλεκτικής προσοχής αναφέρεται στην ικανότητα παρατήρησης μιας διάστασης μιας οπτικής σκηνής (ή αντίστοιχα κάποιου οπτικού ερεθίσματος), ενώ κάποια άλλη αγνοείται. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, όταν κατά τη διαδικασία της οπτικής αναζήτησης ενός στόχου, ο τελευταίος «προεξέχει» (λόγω του βασικού χαρακτηριστικού του) μεταξύ των στοιχείων περισπαστών της σκηνής, τότε λέμε ότι ο στόχος αυτός «ξεπετάγεται». Ο μηχανισμός ο οποίος υποδεικνύει αυτήν τη διαδικασία προεξοχής ονομάζεται επεξεργασία σε στάδιο προ-προσοχής, καθώς είναι λογικό να συμβαίνει πριν το στάδιο της συνειδητής προσοχής (Ware, 2004). Η ύπαρξη των χαρακτηριστικών της προ-προσοχής είναι αρκετά σημαντική για τη μελέτη της οπτικής διαδικασίας, ενώ τα χαρακτηριστικά αυτά σύμφωνα με τους Mack, Tang, Tuma & Kahn (Mack et al., 1992) είναι τόσο βασικά για την αντίληψη, με τον ίδιο τρόπο που το αλφάβητο είναι βασικό για τη γλώσσα. Στην Εικόνα 8.2, απεικονίζονται συγκεκριμένα σημειακά σύμβολα τετράγωνου σχήματος σε χαρτογραφικό υπόβαθρο. Εδώ, η διαφοροποίηση του χρώματος (απόχρωσης) του στόχου (κόκκινο τετράγωνο) κατευθύνει την οπτική προσοχή και οδηγεί στην άμεση διάκρισή του μέσα σε ένα πλήθος περισπαστών (μαύρα τετράγωνα). Όπως θα φανεί και στη συνέχεια, το χρώμα συνιστά ένα βασικό χαρακτηριστικό κατεύθυνσης της προσοχής.



Εικόνα 8.2 Απόδοση σημειακών συμβόλων τετράγωνου σχήματος σε δεδομένο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Εδώ, η διαφοροποίηση του χρώματος (απόχρωσης) του στόχου (κόκκινο τετράγωνο) οδηγεί στην άμεση διάκρισή του, εν μέσω ενός πλήθους περισπαστών (μαύρα τετράγωνα).

Οι Wolfe & Horowitz (2004) συγκεντρώνουν στην εργασία τους τα χαρακτηριστικά εκείνα που έχουν εξεταστεί με σκοπό τη συσχέτισή τους με την αντίληψη σε στάδιο προ-προσοχής, κατατάσσοντάς τα σε πέντε κατηγορίες. Συγκεκριμένα, η κατηγοριοποίηση ταξινομεί τα χαρακτηριστικά σε «αναμφισβήτητα», «πιθανά», «ενδεχόμενα», «αβέβαια» και «πιθανά μη βασικά». Η προαναφερόμενη ταξινόμηση προέκυψε μετά από βιβλιογραφική ανάλυση στο αντικείμενο της ψυχολογίας, που αφορά τη μελέτη της οπτικής προσοχής κατά την παρατήρηση οπτικών ερεθισμάτων και σκηνών. Η κατηγορία των αναμφισβήτητων χαρακτηριστικών περιλαμβάνει το χρώμα, την κίνηση, τον προσανατολισμό και το μέγεθος (συμπεριλαμβανομένου του μήκους και της χωρικής συχνότητας). Στην κατηγορία των πιθανών χαρακτηριστικών περιλαμβάνονται το τρεμοπαίξιμο, η πολωμένη φωτεινότητα, η μετατόπιση Vernier, το στερεοσκοπικό βάθος και η κλίση, εικονογραφικά νοήματα βάθους, το σχήμα, η γραμμική απόληξη, η κλειστότητα, η τοπολογική ιδιότητα και η καμπυλότητα. Η κατηγορία των ενδεχόμενων χαρακτηριστικών αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της διεύθυνσης φωτισμού (σκίασης), της στιλπνότητας (λάμψης), της διαστολής, του αριθμού και της αναλογίας διαστάσεων. Η καινοτομία, τα γράμματα (γνωστά σύνολα σε γενικές γραμμές) και οι αλφαριθμητικές κατηγορίες ταξινομούνται στα αβέβαια χαρακτηριστικά. Τέλος, η κατηγορία των πιθανών μη-χαρακτηριστικών περιέχει τα χαρακτηριστικά διασταύρωση, οπτική ροή, αλλαγή χρώματος, όγκους τριών διαστάσεων, πρόσωπα (γνωστά, ανάποδα, θυμωμένα κτλ.), όνομα παρατηρητή και σημασιολογική κατηγορία.

Οι Wolfe & Horowitz (2004) υποδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εξεταστεί η επίδραση ενός χαρακτηριστικού στη διαδικασία της οπτικής αναζήτησης. Έτσι, ο παράγοντας που εξετάζεται στις μελέτες που σχετίζονται με την εύρεση βασικών χαρακτηριστικών είναι ο χρόνος αντίδρασης (Reaction Time - RT) σε συνάρτηση με τον αριθμό των αντικειμένων (set size) που υπάρχουν στην οπτική σκηνή. Ο χρόνος αντίδρασης αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε το υποκείμενο της έρευνας να απαντήσει αν ο στόχος είναι παρών ή απών στην οπτική σκηνή. Εξετάζοντας την κλίση της καμπύλης που προκύπτει από τον συνδυασμό των δύο μεγεθών μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με την αποδοτικότητα της διαδικασίας της οπτικής αναζήτησης. Ανάλογα με την τιμή της κλίσης, ο Wolfe (1998) ταξινομεί τις αναζητήσεις σε τέσσερις κατηγορίες αποδοτικότητας. Συγκεκριμένα, διακρίνει τις αναζητήσεις σε

«αποδοτικές», «αρκετά αποδοτικές», «μη-αποδοτικές» και «αρκετά μη-αποδοτικές». Στον Πίνακα 8.1 παρουσιάζονται χαρακτηριστικές τιμές κλίσεων για καθεμία από τις κατηγορίες που διακρίνει ο Wolfe (1998).

Πίνακας 8.1 Χαρακτηριστικές τιμές κλίσης της καμπύλης RT-set size (msec/αντικ) (Wolfe, 1998).

Κατηγορία	Κλίση Καμπύλης RT-set size (msec/αντικ.)
«Αποδοτικές» αναζητήσεις	~ 0
«Αρκετά αποδοτικές» αναζητήσεις	~ 5-10
«Μη-αποδοτικές» αναζητήσεις	~ 20-30
«Αρκετά μη-αποδοτικές» αναζητήσεις	> 30

Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι, σε πειράματα διερεύνησης της οπτικής αναζήτησης, η αξιολόγηση της αποδοτικότητας συνδυάζεται με το ποσοστό των ορθών απαντήσεων που δίνονται από τα υποκείμενα που συμμετέχουν στην έρευνα. Τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται από τους Wolfe & Horowitz (2004) και είναι υπεύθυνα για την αποδοτικότητα των διαδικασιών της οπτικής αναζήτησης βρίσκονται υπό συνεχή εξέταση από την επιστημονική κοινότητα. Έτσι, η λίστα με τα βασικά χαρακτηριστικά ανανεώνεται από νέες έρευνες (Wolfe & Horowitz, 2017). Ο έλεγχος της λειτουργίας τους ως βασικών χαρακτηριστικών στη μελέτη ιδιαίτερων οπτικών σκηνών με συγκεκριμένο περιεχόμενο αποτελεί μια αρκετά σημαντική διαδικασία, ενώ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη της επίδρασής τους σε ιδιαίτερες απεικονίσεις, όπως είναι οι χωρικές.

Παρατηρώντας τα βασικά χαρακτηριστικά που εντάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες, εύκολα διαπιστώνουμε ότι εμφανίζουν πολλές ομοιότητες με τα γραφικά εργαλεία που αξιοποιούνται για τη δημιουργία διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων. Στον Πίνακα 8.2 παρατίθενται τα επιμέρους χαρακτηριστικά προσοχής ή βασικά χαρακτηριστικά και σημειώνονται οι ομοιότητες που παρουσιάζουν με οπτικές και δυναμικές μεταβλητές του χαρτογραφικού σχεδιασμού. Ταυτόχρονα, το σύνολό τους κατατάσσεται σε κατηγορίες ως προς τον βαθμό «βεβαιότητας», σύμφωνα με τον οποίο συνιστούν αδιαμφισβήτητα, πιθανά, ενδεχόμενα, αβέβαια, και πιθανά μη-χαρακτηριστικά.

Πίνακας 8.2 Χαρακτηριστικά προσοχής ή βασικά χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες με οπτικές και δυναμικές μεταβλητές του χαρτογραφικού σχεδιασμού, και κατάταξή τους σε κατηγορίες (από αδιαμφισβήτητα έως και πιθανά μη-χαρακτηριστικά). Αυτά τα «κοινά» χαρακτηριστικά-μεταβλητές σημειώνονται με αστερίσκο (*).

Κατάταξη σε κατηγορίες	Βασικά χαρακτηριστικά – ομοιότητες*
Αδιαμφισβήτητα	χρώμα*, κίνηση*, προσανατολισμός*, μέγεθος*
Πιθανά	τρεμοπαίξιμο*, πολωμένη φωτεινότητα, μετατόπιση Vernier, στερεοσκοπικό βάθος και κλίση, εικονογραφικά νοήματα βάθους, σχήμα*, γραμμική απόληξη*, τοπολογική ιδιότητα, κλειστότητα*
Ενδεχόμενα	σκίαση, λάμψη, διαστολή, αριθμός και αναλογία διαστάσεων
Αβέβαια	καινοτομία, γράμματα (γενικά γνωστά σύνολα) και αλφαριθμητικές κατηγορίες
Πιθανά μη-χαρακτηριστικά	διασταύρωση, οπτική ροή, αλλαγή χρώματος, όγκοι 3D, πρόσωπα (γνωστά κλπ.), όνομα παρατηρητή και σημασιολογική κατηγορία

Συνεπώς, μελέτες που αναφέρονται στη διαδικασία της οπτικής αντίληψης και σε σχετικές έννοιες, αλλά και μελέτες οι οποίες αφορούν συγκεκριμένα στάδια της όρασης (όπως για παράδειγμα αυτό της προ-προσοχής), υπόκεινται σε εξέταση στο πεδίο της χαρτογραφίας και της επιστήμης της γεωγραφικής πληροφορίας. Σε αντίθεση με μία εικόνα, οι χωρικές απεικονίσεις αποτελούν αφαιρετικές αποδόσεις της πραγματικότητας, οι οποίες δύνανται να βελτιωθούν. Έτσι, η μελέτη και η προσαρμογή των σχετικών εννοιών μπορούν να οδηγήσουν σε αποτελεσματικότερα και αποδοτικότερα προϊόντα.

8.3 Οπτική αντίληψη και προσοχή σε χωρικές απεικονίσεις

Οι χωρικές απεικονίσεις αποτελούν αφαιρετικές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας με σκοπό την απόδοση ενός μέρους του φυσικού κόσμου. Αντιμετωπίζοντας έναν χάρτη ως ένα οπτικό ερέθισμα, η ιδιαιτερότητά του έγκειται στο γεγονός ότι συνιστά μια τεχνητή αναπαράσταση και όχι ένα μέρος της πραγματικότητας ή μια φυσική εικόνα. Η μελέτη της λειτουργίας των χαρτών μπορεί να βασιστεί σε στοιχεία που έχουν να κάνουν με την όραση και την αντιληπτική διαδικασία. Το γεγονός αυτό έχει γίνει κατανοητό εδώ και αρκετά χρόνια από τη χαρτογραφική κοινότητα. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι αρκετοί χαρτογράφοι ενσωματώνουν στην έρευνά τους αντίστοιχες θεωρίες, αλλά και εφαρμογές οι οποίες μπορούν να συσχετιστούν με τη διαδικασία του σχεδιασμού και της ανάγνωσης του χάρτη (π.χ. Robinson & Petchenic, 1976; MacEachren, 1995; Keates, 1996; Lloyd, 1997; Montello, 2002; Lloyd, 2005).

Η διαδικασία μεταφοράς ερευνών της ψυχολογίας για τη μελέτη χαρτογραφικών απεικονίσεων μπορεί να βασιστεί στην υπόθεση ότι τα χαρτογραφικά σύμβολα αντιστοιχούν στα οπτικά ερεθίσματα, ενώ η αντίληψή τους αντιστοιχεί στην αντίδραση του αναγνώστη σ' αυτά (Ciołkosz-Styk, 2012). Σε μεγάλο μέρος σημαντικών χαρτογραφικών ερευνών, οι οποίες σχετίζονται με τη διαδικασία της αντίληψης χαρτών, χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρα θεματικοί χάρτες (π.χ. Dobson, 1983; Carr et al., 1992). Όμως, σε αρκετές έρευνες έχουν χρησιμοποιηθεί και τοπογραφικοί χάρτες (π.χ. Brodersen et al., 2002; Ooms et al., 2014), χάρτες αναγλύφου (π.χ. Chang et al., 1985; Popelka & Brychtova, 2013), αλλά και δυναμικοί - διαδραστικοί χάρτες (π.χ. Çöltekin et al., 2008; Nossun & Opach, 2011; Opach & Nossun, 2011). Πολλές φορές, οι χάρτες που χρησιμοποιούνται σε πειραματικές έρευνες είναι αρκετά αφαιρετικοί, καθώς μεταβάλλονται μόνο ως προς τα συγκεκριμένα στοιχεία που εξετάζονται. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι θέλουμε να εξετάσουμε πώς αντιλαμβάνεται ο αναγνώστης σύμβολα που χαρακτηρίζονται από κάποια ιδιότητα που ενδεχομένως τα κάνει να «προεξέχουν», το χαρτογραφικό υπόβαθρο που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι καθοριστικής σημασίας. Στην περίπτωση που περιέχει πρόσθετα στοιχεία, όπως γραμμές κανάβου, υψομετρικές καμπύλες, σκίαση αναγλύφου, ονοματολογία κλπ., θα υπάρξει επίδραση στη διαδικασία της ανάγνωσης, επηρεάζοντας κατά συνέπεια τη διαδικασία της προσοχής. Από το παράδειγμα αυτό, γίνεται κατανοητό ότι τα υπόβαθρα χαρτογραφικών πειραμάτων είναι λογικό να είναι απλά. Βέβαια, είναι προφανές ότι η εφαρμογή και η εκπόνηση χαρτογραφικών πειραμάτων με όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικούς χάρτες μπορούν να δώσουν σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τη διαδικασία ανάγνωσης του χάρτη.

Για να γίνει κατανοητή η επίδραση των στοιχείων της οπτικής αντίληψης στην ανάγνωση του χάρτη, θα πρέπει πρώτα να εξεταστούν οι διαδικασίες που συμβαίνουν κατά τη διάρκειά της. Επιπροσθέτως, είναι αρκετά σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι ο σκοπός δημιουργίας του χάρτη είναι πάντα η μεταφορά της πληροφορίας. Ο δημιουργός του χάρτη αποτυπώνει ένα κομμάτι της πραγματικότητας, ενώ ο αναγνώστης αντιλαμβάνεται ένα μέρος του χαρτογραφικού αποτελέσματος, ανάλογα με την προηγούμενη εμπειρία του. Στη διαδικασία αυτή, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα γραφικά εργαλεία, με τα οποία πραγματοποιείται ο σχεδιασμός. Η βελτίωση της αποδοτικότητας του σχεδιασμού για την εκπόνηση πολλαπλών εργασιών κατά την ανάγνωση του χάρτη μπορεί να βασιστεί σε θεωρίες που συνδέονται με φαινόμενα προσοχής (Lloyd, 2005).

Η ανάγνωση του χάρτη συνδέεται άμεσα με τη διεργασία που εκτελείται από τον αναγνώστη (ή χρήστη, στην περίπτωση των ψηφιακών χαρτογραφικών προϊόντων), ο οποίος τον χρησιμοποιεί ως ένα εργαλείο για να αλληλεπιδράσει με στοιχεία που έχουν σχέση με γεωχωρικές πληροφορίες και αναπαραστάσεις. Με τον τρόπο αυτό, η χρήση του χάρτη είναι δυνατόν να συνδέεται με διαδικασίες μάθησης και γνώσης. Ο Keates (1996), υποδεικνύοντας τρία κλασικά παραδείγματα χρήσης του παραδοσιακού χάρτη (οπτικό ερέθισμα δύο διαστάσεων), σημειώνει αντίστοιχα τρεις χαρακτηριστικές σχέσεις μεταξύ του αναγνώστη, του χάρτη και των μηχανισμών γνώσης:

- Ο αναγνώστης είναι δυνατόν να αναζητά μια πληροφορία σε έναν χάρτη, έχοντας προηγουμένως κάποια ελάχιστη ή ανύπαρκτη γνώση σχετικά με την πληροφορία αυτή, ενώ δεν έχει ως σκοπό να την αξιοποιήσει για κάποια περαιτέρω εργασία (π.χ. αναζήτηση μιας τοποθεσίας με ιδιαίτερο όνομα χωρίς την ύπαρξη κάποιας επιπλέον πρόθεσης για μάθηση).
- Ο αναγνώστης είναι δυνατόν να αναζητά μια πληροφορία με σκοπό την αξιοποίησή της σε κάποια μελλοντική πράξη (π.χ. πλοήγηση).
- Ο αναγνώστης είναι δυνατόν να εξετάζει τη συνολική έκταση του χάρτη ή ένα μέρος τους έχοντας ως σκοπό την εκμάθηση κάποιας πληροφορίας (π.χ. εκπαιδευτικοί χάρτες).

Αξιοποιώντας ως παράδειγμα τις παραπάνω σχέσεις μεταξύ αναγνώστη και χάρτη (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι εξαντλούν όλες τις ενδεχόμενες εργασίες που μπορούν να γίνουν, αξιοποιώντας κάποιο χάρτη), ο Keates (1996) εξηγεί πως μπορούν οι διαδικασίες που απαιτούν οπτική αναζήτηση να ταξινομηθούν σε κάποιες κύριες κατηγορίες. Σύμφωνα με την προσέγγιση του Keates, κατά την πρώτη παρατήρηση του χάρτη, οι διαδικασίες που συμβαίνουν εξαρτώνται από την ανίχνευση και τη διάκριση. Αυτό σημαίνει ότι ο αναγνώστης του χάρτη, κατά το πρώτο στάδιο ανάγνωσής του, είναι σε θέση να αναζητά σύμβολα και να τα ξεχωρίζει μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό συνιστά με τη σειρά του ότι ο αναγνώστης μπορεί να κατευθύνει επιλεκτικά την προσοχή του σε συγκεκριμένες περιοχές του οπτικού ερεθίσματος. Σε επόμενο στάδιο, η διαδικασία της ανάγνωσης που μπορεί να συμβεί σχετίζεται με τον προσδιορισμό. Σε αντίθεση με τη διάκριση, κατά το στάδιο του προσδιορισμού, ο αναγνώστης δεν είναι απλά σε θέση να διακρίνει ένα σύμβολο σε σχέση με κάποιο άλλο, αλλά μπορεί να δώσει συγκεκριμένο όνομα για το τι αντιπροσωπεύει (π.χ. μία κόκκινη γραμμή απεικονίζει έναν κύριο δρόμο οδικού δικτύου). Επιπροσθέτως, διαχωρίζεται η έννοια του προσδιορισμού από εκείνη της αναγνώρισης. Ενώ κατά τη διαδικασία του προσδιορισμού ο αναγνώστης μπορεί να προσδιορίσει τη γεωγραφική πληροφορία που αναπαρίσταται, η αναγνώριση του επιτρέπει να είναι σε θέση να αντιληφθεί ότι ένα στοιχείο του χάρτη μοιάζει με κάτι γνωστό. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Keates σχετικά με την αναγνώριση της Μεσογείου σε έναν χάρτη, λόγω του ήδη γνωστού σχήματός της. Η τελευταία διαδικασία που συμβαίνει κατά την παρατήρηση του χάρτη έχει σχέση με την ερμηνεία της πληροφορίας, η οποία εντοπίζεται σύμφωνα με τις προηγούμενες διαδικασίες. Η διαδικασία της ερμηνείας είναι δύσκολο να διαχωριστεί από την αντίστοιχη της αναγνώρισης, καθώς ο τρόπος με τον οποίο ολοκληρώνεται η οπτική αντίληψη στον χάρτη, αλλά και το πώς αυτή συνδέεται με την προϋπάρχουσα γνώση αποτελούν ζητήματα που δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητά.

Η ανάγνωση του χάρτη περιλαμβάνει διαδικασίες οι οποίες μπορούν να συμβαίνουν από «κάτω προς τα πάνω» ή από «πάνω προς τα κάτω», ενώ πολλές φορές οι δύο αυτές ροές της πληροφορίας λειτουργούν συνδυαστικά (Lloyd, 2005). Σύμφωνα με τους Castner & Eastman (1984, 1985), σε συνθήκες «ελεύθερης παρατήρησης χάρτη» (δηλαδή στην περίπτωση που δεν εκτελείται κάποια εργασία), σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζουν οι φυσικές ιδιότητες και οι ιδιότητες Gestalt στην αντιληπτική διαδικασία. Στην περίπτωση που ο αναγνώστης έχει κάποια προηγούμενη γνώση για τη διαδικασία και το πρόβλημα που έχει να λύσει κάνοντας χρήση του χάρτη, η γνωσιακή διαδικασία που οδηγεί τη συμπεριφορά του είναι σημαντικότερη σε σύγκριση με τις αποφάσεις που έχουν ληφθεί κατά τον χαρτογραφικό σχεδιασμό (Steinke, 1987).

Ο Lloyd (2005) παραθέτει ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, έχοντας ως κύριο στόχο να υποδείξει πιθανές αντιληπτικές διαδικασίες και διαδικασίες προσοχής που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της χρήσης ενός χάρτη για την εκπόνηση μιας συγκεκριμένης εργασίας. Η εργασία χάρτη, που υποθέτει ο Lloyd στο παράδειγμά του, αναφέρεται στην εύρεση ενός συμβόλου σε έναν χάρτη που διαβάζεται για πρώτη φορά από τον αναγνώστη, με σκοπό ο τελευταίος να απαντήσει αν το συγκεκριμένο σύμβολο υπάρχει ή όχι στην οπτική σκηνή. Η πρώτη αντίδραση του αναγνώστη αναφέρεται στον διαχωρισμό πρώτου πλάνου - φόντου. Έπειτα, επεξεργάζεται κάποια τοπικά χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους και, στην περίπτωση που ο στόχος έχει μία μοναδική ιδιότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στον χάρτη, τότε επιτυγχάνεται γρήγορα η διαδικασία του προσδιορισμού. Στην περίπτωση που ο αναζητούμενος στόχος μοιράζεται κάποια χαρακτηριστικά με τους περισπαστές της σκηνής, τα αντικείμενα που συνθέτουν τη σκηνή ομαδοποιούνται με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία, μέχρι την επίτευξη του προσδιορισμού και τη λήψη της τελικής απόφασης του αναγνώστη.

8.3.1 Αντιληπτική ομαδοποίηση

Η ανάγνωση των χαρτών και γενικότερα των χωρικών απεικονίσεων, καθώς και οι αντιληπτικές διαδικασίες που τη συνοδεύουν σχετίζονται άμεσα με τη διαδικασία του σχεδιασμού. Έτσι, η επιλογή των μεταβλητών που διέπουν τον χαρτογραφικό συμβολισμό είναι σημαντική για την αποτελεσματικότητά του. Συγκεκριμένα, κατά την παρατήρηση ενός χάρτη, το αρχικό στάδιο της όρασης εξαρτάται από το σύνολο των διαφορετικών αντιθέσεων που παράγονται από τα σύμβολα που τον απαρτίζουν (MacEachren, 1995). Για τη δημιουργία του πρωταρχικού σκίτσου, που περιγράφεται στην προσέγγιση του Marr, οι αντιθέσεις μεταξύ των στοιχείων της οπτικής σκηνής (σε συνδυασμό με το μέγεθος και τον προσανατολισμό) είναι καθοριστικής σημασίας για την ολοκλήρωση των αντιληπτικών διαδικασιών που σχετίζονται με τις σχετικές θέσεις μεταξύ αντικειμένων ή/και χαρακτηριστικών. Επιπλέον, σύμφωνα με το MacEachren (1995), ο βέλτιστος χαρτογραφικός σχεδιασμός θα πρέπει να διευκολύνει τη διαδικασία της αντιληπτικής ομαδοποίησης στοιχείων του χάρτη. Παρά το γεγονός

ότι ο χαρτογραφικός συμβολισμός έχει βασιστεί στους νόμους Gestalt ή απλά ταυτίζεται με αυτούς, λόγω απλής λογικής (π.χ. κοινά σημειακά σύμβολα σε διαφορετικές θέσεις του χάρτη απεικονίζουν το ίδιο ή ίδιας φύσεως γεωγραφικό στοιχείο), πέρα από ελάχιστες εξαιρέσεις (π.χ. Muller, 1979; Slocum, 1983), οι περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει στη χαρτογραφία δεν εξετάζουν τις συγκεκριμένες αρχές ως προς τις διαδικασίες της αντιληπτικής ομαδοποίησης, αλλά περιορίζονται σε μελέτες που βασίζονται στον διαχωρισμό πρώτου πλάνου-φόντου (π.χ. Dent, 1972).

Ο MacEachren (1995), περιγράφοντας τους κανόνες που διέπουν τις διαδικασίες της αντιληπτικής ομαδοποίησης, επισημαίνει αυτούς που συνδέονται με τον χαρτογραφικό σχεδιασμό:

- Σύμβολα που οι μεταξύ τους αποστάσεις είναι κοντινές (δηλαδή το ένα προσεγγίζει το άλλο) γίνονται αντιληπτά ως ανεξάρτητες ομάδες.
- Η ομοιότητα μεταξύ των μεταβλητών του χαρτογραφικού σχεδιασμού, τόσο στην κλασική περίπτωση του χάρτη δύο διαστάσεων, όσο και σε περιπτώσεις στις οποίες η χρήση του χάρτη εμπεριέχει μεταβλητές που σχετίζονται με αφή ή ακοή (ψηφιακοί χάρτες) είναι δυνατόν να οδηγήσει σε διαδικασίες αντιληπτικής ομαδοποίησης.
- Στην περίπτωση που αντικείμενα των δυναμικών χαρτών κινούνται μαζί (κοινή πορεία) μπορούν να γίνουν αντιληπτά ως ολότητες.
- Σε σύγκριση με την ιδιότητα Gestalt που αναφέρεται στο αντικειμενικό σύνολο (διατήρηση μιας σταθερής κατάστασης στην ομαδοποίηση), ο MacEachren υποστηρίζει ότι η ύπαρξη μιας σταθερής ομαδοποίησης κατά την αλλαγή ενός συνόλου χαρτών θα είναι πιθανόν πιο αποτελεσματική όταν πραγματοποιείται μέσα από τη δημιουργία ενός δυναμικού χάρτη, παρά στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται πολλοί χάρτες.
- Καμπυλόγραμμα τμήματα τα οποία είναι δυνατόν να υπάρχουν σε έναν χάρτη δύο αποχρώσεων (μαύρο/άσπρο) διαφοροποιούνται λόγω καλής συνέχειας και γίνονται αντιληπτά ως διακριτές ομάδες.
- Η ιδιότητα της κλειστότητας, η οποία αναφέρεται στην αντίληψη μιας ολότητας λόγω συγκεκριμένων ορίων μιας περιοχής, βρίσκει εφαρμογή σε χάρτες στους οποίους χρησιμοποιούνται βαθμωτά σύμβολα (π.χ. κύκλοι) για την απεικόνιση ενός μεγέθους. Στην περίπτωση αυτή, ακόμα και αν τα σύμβολα επικαλύπτονται και στον χάρτη εμφανίζονται μόνο τμήματά τους, ο αναγνώστης έχει τη δυνατότητα να τα αντιλαμβάνεται και είναι σε θέση να εκτιμά το μέγεθός τους.
- Λόγω της ιδιότητας της απλότητας, μία σύνθετη εικόνα σε έναν χάρτη είναι πιθανότερο να γίνεται αντιληπτή ως πολλές απλές εικόνες παρά ως σύνολο πολύπλοκων εικόνων.

Οι παραπάνω νόμοι είναι πιθανό να έχουν άμεση εφαρμογή, αν θεωρήσουμε τον χάρτη ως οπτική σκηνή. Για τη χαρτογραφική έρευνα, είναι αρκετά σημαντικό να προσδιοριστούν εκείνοι οι παράγοντες οι οποίοι είναι σε θέση να επιδράσουν στις διαδικασίες ανάγνωσης, όταν τα γραφικά εργαλεία (οπτικές και δυναμικές μεταβλητές) που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του χάρτη αλλάζουν τιμές.

Ο Slocum (1983), εξετάζοντας τη διαδικασία της αντιληπτικής ομαδοποίησης σε χάρτες με βαθμωτά κυκλικά σύμβολα, διαπίστωσε ότι η ομοιότητα στην οπτική μεταβλητή του μεγέθους δεν συμβάλλει θετικά στη διαδικασία, ενώ η ιδιότητα της προσέγγισης λειτουργεί ώστε να σχηματιστούν αντιληπτικές ομάδες. Ο Slocum εξέτασε τη διαδικασία της αντιληπτικής ομαδοποίησης υποθέτοντας, επίσης, τη θετική επίδραση της ιδιότητας της καλής συνέχειας. Η συγκεκριμένη υπόθεση όμως ήταν δυνατό να εξεταστεί χωρίς τη δυνατότητα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων (MacEachren, 1995).

Το αποτέλεσμα της έρευνας του Slocum σχετικά με τη θετική επίδραση της προσέγγισης έρχεται σε συμφωνία με συναφείς χαρτογραφικές έρευνες (McCleary, 1975; Eastman, 1985). Συγκεκριμένα, ο McCleary (1975) χρησιμοποιώντας ως βασικό υπόβαθρο έναν χάρτη κουκίδων και ζητώντας από τα υποκείμενα της έρευνας του την ομαδοποίηση περιοχών, παρατήρησε ότι οι ομάδες που δημιουργήθηκαν εμφάνιζαν άμεση συσχέτιση με τις αντίστοιχες αποστάσεις μεταξύ των κουκίδων. Σε αντίστοιχη έρευνα, ο Eastman (1985), χρησιμοποιώντας χάρτες με απουσία γραφικής οργάνωσης, διαπίστωσε ότι η ιδιότητα της προσέγγισης βοηθάει τη διαδικασία της ομαδοποίησης. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι παράγοντες που επιδρούν στις διαδικασίες της αντιληπτικής ομαδοποίησης ενδέχεται να λειτουργούν συνδυαστικά (MacEachren, 1995).

8.3.2 Επιλεκτική προσοχή

Η λειτουργία των γραφικών μεταβλητών των χωρικών απεικονίσεων, εκτός από τις διαδικασίες της αντιληπτικής ομαδοποίησης, μπορεί να έχει επίδραση και σε διαδικασίες που σχετίζονται με την επιλεκτική προσοχή. Οι διαστάσεις για τις οποίες διευκολύνεται η επιλεκτική προσοχή χαρακτηρίζονται ως διαχωρίσιμες, ενώ αντίστοιχα οι ενοποιημένες διαστάσεις γίνονται αντιληπτές ως ανεξάρτητες μονάδες-ολότητες (Shortridge, 1982). Η ιδιότητα της επιλεκτικότητας συνδέεται άμεσα με αυτήν της ομαδοποίησης. Αυτό μπορεί να γίνει πιο κατανοητό αν αναλογιστούμε πως, αν έχουμε τη δυνατότητα να παρατηρούμε μια διάσταση της σκηνής αγνοώντας τις υπόλοιπες, αυτό υποδεικνύει ότι η συγκεκριμένη διάσταση αποτελεί μια αντιληπτική οντότητα (MacEachren, 1995). Η επιλεκτικότητα των οπτικών μεταβλητών και των ενδεχόμενων συνδυασμών τους είναι αρκετά σημαντική για τη χαρτογραφία, καθώς μπορεί να υποδείξει αποδοτικούς τρόπους απόδοσης ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων.

Η θέση (τοποθεσία) θεωρήθηκε από τον Bertin ως η ισχυρότερη οπτική μεταβλητή για τη διαδικασία της επιλεκτικότητας, ενώ είναι αρκετά σημαντική για τις διαδικασίες της προσοχής. Η σημασία της θέσης ενός αντικειμένου ή μιας διάστασης στις διαδικασίες της οπτικής προσοχής μπορεί να γίνει κατανοητή αν σκεφτούμε ότι για να προσέξουμε κάτι σε προχωρημένο στάδιο της όρασης θα πρέπει πρώτα να το έχουμε εντοπίσει. Ο Bertin, εισάγοντας τις οπτικές μεταβλητές του χαρτογραφικού σχεδιασμού, υποστηρίζει ότι εκτός από την κυρίαρχη μεταβλητή της θέσης, το μέγεθος, η ένταση, το μοτίβο, η απόχρωση και ο προσανατολισμός στην περίπτωση των σημειακών και των γραμμικών συμβόλων αποτελούν επιλεκτικές διαστάσεις (MacEachren, 1995). Παρά το γεγονός ότι οι υποδείξεις του Bertin σχετικά με την επιλεκτικότητα των μεταβλητών δεν είχαν αποδειχθεί πειραματικά από τον ίδιο (Green, 1998), μεταγενέστερες έρευνες ενισχύουν κάποιους από τους ισχυρισμούς του. Συγκεκριμένα, έρευνες των Olson & Attneave (1970), καθώς και του Northdurft (1992) έδειξαν ότι διαφορές στον προσανατολισμό είναι σε θέση να ενισχύσουν τη διάκριση περιοχών και μοτίβων. Επίσης, στην έρευνα του Julesz (1975) υποδεικνύεται ότι η επιλεκτικότητα των μεταβλητών της απόχρωσης και της έντασης επιτυγχάνεται στην περίπτωση που οι τελευταίες εμφανίζουν διακριτές διαφορές. Ο MacEachren αναφέρει την ύπαρξη μαρτυριών οι οποίες υποστηρίζουν την άποψη που ταυτίζεται με αυτήν του Bertin για το χαρακτηρισμό του σχήματος ως μη επιλεκτική μεταβλητή. Βέβαια, υπάρχουν ενδείξεις (Michaelidou et al., 2005) για συγκεκριμένες διαστάσεις του σχήματος, όπως είναι οι γραμμικές απολήξεις και οι οπές, οι οποίες μπορούν να ενισχύσουν την επιλεκτική προσοχή της μεταβλητής του σχήματος, όταν αυτή αξιοποιείται στον χαρτογραφικό σχεδιασμό.

8.3.3 Διαχωρισμός πρώτου πλάνου-φόντου

Η αντιληπτική ομαδοποίηση των συμβόλων του χάρτη είναι ίσως από τις σημαντικότερες διαδικασίες που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ανάγνωσής του, καθώς επιδρά στη δημιουργία αντιληπτικών οντοτήτων, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία. Όμως, όπως υποδεικνύεται και από το παράδειγμα του Lloyd (2005) που αναφέρεται παραπάνω, η διάκριση του πρώτου πλάνου από το φόντο είναι λογικό να προηγείται της ομαδοποίησης των συμβόλων. Το πρόβλημα του διαχωρισμού πρώτου πλάνου-φόντου είναι από τα βασικά προβλήματα που έχουν απασχολήσει την ψυχολογική έρευνα. Στα περισσότερα ψυχολογικά πειράματα, τα οποία μπορούν να βρεθούν και σε άμεση σύγκριση με την αντίστοιχη χαρτογραφική έρευνα, γίνεται συσχέτιση του αναφερόμενου ζητήματος με τους νόμους της σχολής Gestalt. Ο MacEachren (1995), συνοψίζοντας τη σχετική βιβλιογραφία, σημειώνει τους παράγοντες που σχετίζονται με τον χαρτογραφικό συμβολισμό και τη διάκριση του πρώτου πλάνου-φόντου. Οι παράγοντες που αναφέρονται είναι η ετερογένεια, η καμπυλότητα, η ύπαρξη περιβάλλουσας γραμμής, ο προσανατολισμός και το σχετικό μέγεθος. Μεταξύ των παραγόντων αυτών, η ετερογένεια χαρακτηρίζεται ως ο βασικός παράγοντας, ώστε μια περιοχή να «προεξέχει» και να τοποθετείται σε πρώτο πλάνο κατά την αντίληψη της σκηνής. Αν και ο διαχωρισμός πρώτου πλάνου-φόντου συμβαίνει στα πρώτα στάδια της αντίληψης, είναι πιθανόν να επηρεάζεται και από πληροφορίες που υπεισέρχονται από υψηλότερες γνωσιακές διαδικασίες. Στην Εικόνα 8.3 χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα στο οποίο διαχωρίζεται η ξηρά από τη θάλασσα. Στην αριστερή εικόνα («καλός» διαχωρισμός), η ξηρά αναπαρίσταται από επιφανειακό σύμβολο με τέτοια απόχρωση και ένταση που να την τοποθετούν στο πρώτο πλάνο –σε σχέση με τη θάλασσα η οποία τοποθετείται στο φόντο. Στη δεξιά εικόνα, δεν πραγματοποιείται σαφής διαχωρισμός ξηράς-θάλασσας.



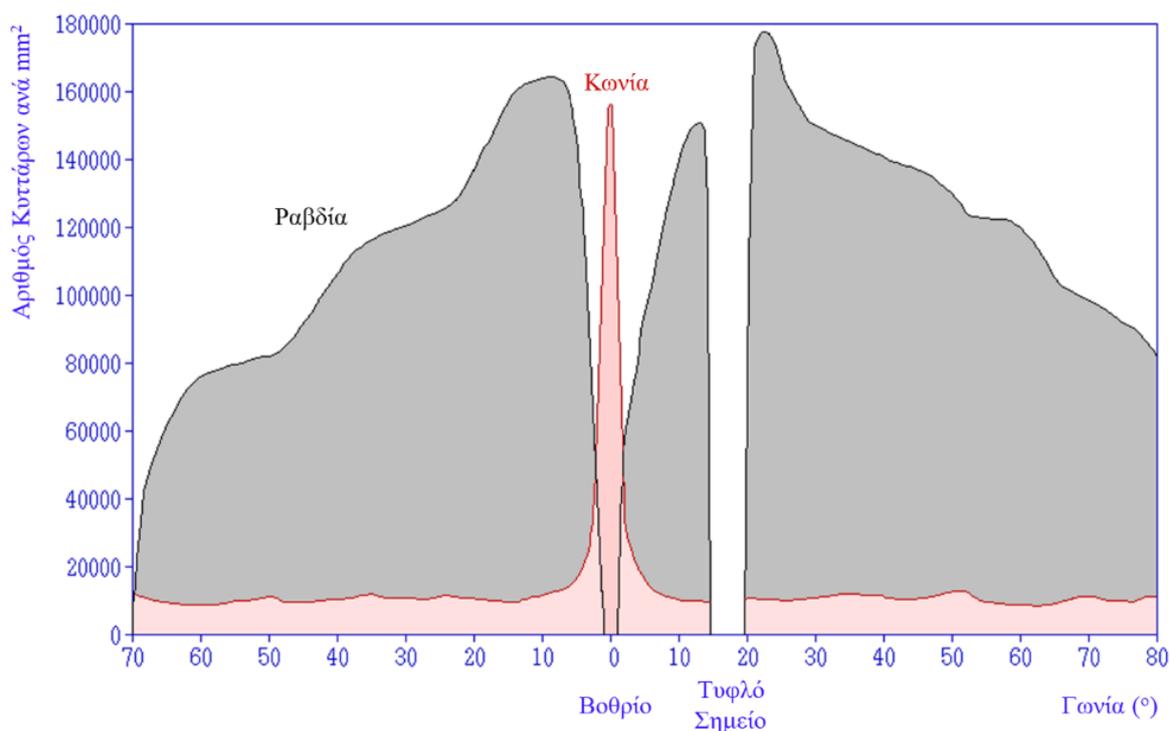
Εικόνα 8.3 Εικόνα με «καλό» (αριστερά) και «κακό» (δεξιά) διαχωρισμό πρώτου πλάνου-φόντου. Ειδικά στην περίπτωση των γεωγραφικών οντοτήτων, ο διαχωρισμός της ξηράς από τη θάλασσα συνιστά μείζον ζήτημα για την αποδοτικότητα των παραγόμενων χαρτογραφικών προϊόντων.

8.4 Επίδραση στοιχείων της φυσιολογίας του οφθαλμού στην ανάγνωση χωρικών απεικονίσεων

Η μετάδοση της πληροφορίας κατά την ανάγνωση χωρικών απεικονίσεων είναι δυνατόν να προέρχεται από την εισροή παραγόντων που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά στοιχεία του οπτικού ερεθίσματος ή από προηγούμενη εμπειρία και γνώση του αναγνώστη. Παρά το γεγονός ότι η δημιουργία του πρωταρχικού σκίτσου (όπως αυτό υπεισέρχεται από την προσέγγιση του Marr) δεν επηρεάζεται από γνωσιακές επεξεργασίες ανώτερου επιπέδου, η διαδικασία της ανάγνωσης μιας σκηνής εμφανίζεται να είναι περισσότερο σύνθετη. Όπως γίνεται κατανοητό από το παράδειγμα του Lloyd που αναφέρεται παραπάνω (παρ. 8.3), οι διαδικασίες ανάγνωσης χάρτη επηρεάζονται από επεξεργασίες διαφορετικών αντιληπτικών και γνωσιακών σταδίων, ενώ πολλές φορές οι επεξεργασίες αυτές είναι δυνατόν να συμβαίνουν ταυτόχρονα, χωρίς να υπάρχουν διακριτά όρια. Ενώ η κατανόηση των αντιληπτικών σταδίων δείχνει να είναι αρκετά πολύπλοκη, υπάρχουν κάποια στοιχεία που σχετίζονται με τη φυσιολογία των αισθητήριων οργάνων της όρασης, τα οποία μπορούν να φανούν ιδιαίτερος χρήσιμα για τη δημιουργία διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων. Η αξιοποίηση των στοιχείων αυτών έγκειται στον προσδιορισμό δυνατοτήτων και περιορισμών στο στάδιο του χαρτογραφικού σχεδιασμού.

Οι οφθαλμοί αποτελούν το αισθητήριο όργανο για την ολοκλήρωση των διαδικασιών της όρασης. Σε πολλές περιπτώσεις, επιχειρείται η προσομοίωση του οπτικού συστήματος με ένα κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης, στο οποίο ο οφθαλμός αντιστοιχεί στη συσκευή λήψης της εικόνας (Cameron et al., 2001). Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας περιέχει το φωτοευαίσθητο τμήμα του οφθαλμού, στο οποίο η εικόνα που εισέρχεται από τον εξωτερικό κόσμο απεικονίζεται ανεστραμμένη, ενώ έπειτα, μέσω των νευρικών ώσεων, μεταφέρεται στον εγκέφαλο. Στη διαδικασία αυτή, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα κύτταρα-φωτοϋποδοχείς που υπάρχουν στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς. Οι φωτοϋποδοχείς του οφθαλμού έχουν διαφορετική πυκνότητα και εμφανίζουν διαφορετική ευαισθησία στα διαφορετικά μήκη κύματος. Συγκεκριμένα, υπάρχουν δύο κατηγορίες κυττάρων, τα κωνία και τα ραβδία, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη λειτουργία της φωτοπικής και της σκοτοπικής όρασης αντίστοιχα. Η μετάβαση από τη φωτοπική στη σκοτοπική όραση είναι μια φωτοχημική διαδικασία που απαιτεί κάποιο χρόνο προσαρμογής (Πλαϊνης κ.ά., 2007). Η προσαρμογή διαρκεί τουλάχιστον 30 min και πραγματοποιείται σε δύο στάδια, τα οποία ουσιαστικά αντιστοιχούν στη λειτουργία των κωνίων (στα πρώτα 5-8 min της προσαρμογής) και τη φάση των ραβδίων αντίστοιχα (Πλαϊνης κ.ά., 2007).

Η φωτοπική όραση σχετίζεται με την ευαισθησία για την αντίληψη του χρώματος, ενώ η σκοτοπική όραση αναφέρεται στην αντίδραση σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού. Παρά το γεγονός ότι ο αριθμός των ραβδίων (περίπου 100-120 εκατομμύρια κύτταρα) είναι αρκετά μεγαλύτερος από αυτόν των κωνίων, με αναλογία περίπου αντίστοιχη 20 προς 1, το βοθρίο αποτελείται μόνο από κωνία. Το βοθρίο βρίσκεται στο κέντρο της ωχράς κηλίδας και αποτελεί το σημείο με τη μεγαλύτερη οπτική οξύτητα. Στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς βρίσκεται, επίσης, το τυφλό σημείο στο οποίο δεν υπάρχουν κύτταρα-φωτοϋποδοχείς. Στην Εικόνα 8.4. παρουσιάζεται η κατανομή της πυκνότητας ραβδίων και κωνίων στον αμφιβληστροειδή.

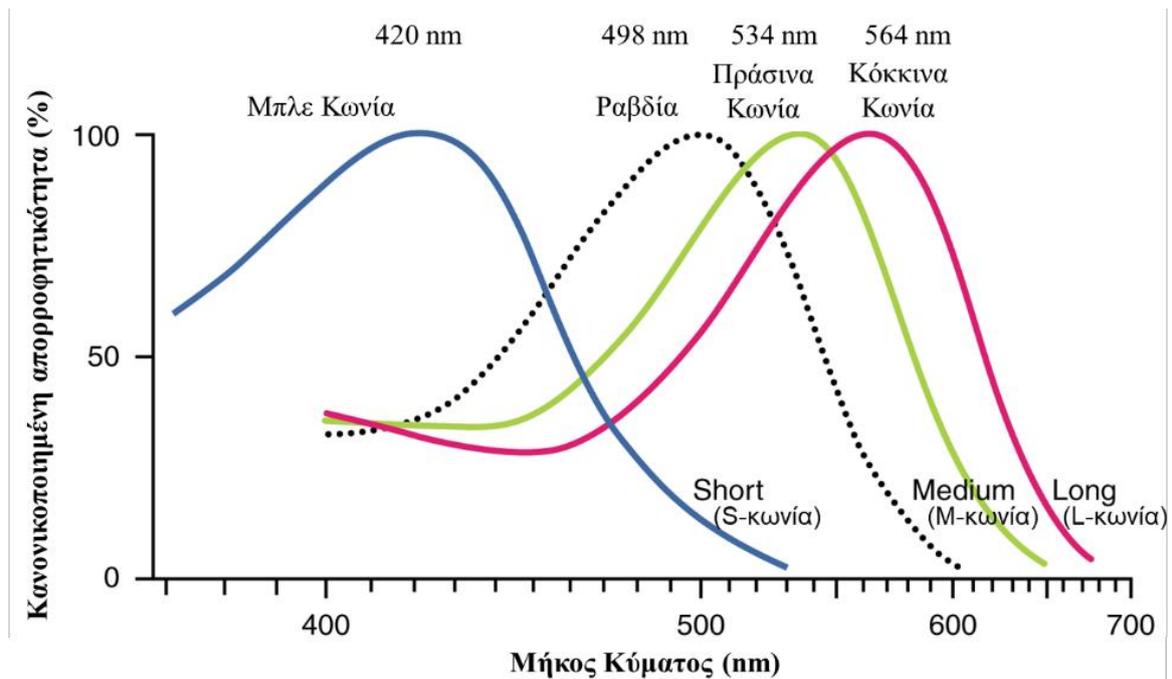


Εικόνα 8.4 Πυκνότητα ραβδίων και κωνίων στον αμφιβληστροειδή (Χρήση [εικόνας](#) με άδεια [Wikimedia Commons](#): Ιδία επεξεργασία).

Οι περιοχές στις οποίες μπορούν να λειτουργήσουν τα ραβδία και τα κωνία συνιστούν τη λειτουργία της μεσοπικής όρασης (Wandell, 1995). Η μεγαλύτερη πυκνότητα των κωνίων εμφανίζεται σε μια μικρή περιοχή γύρω από το βοθρίο (Εικόνα 8.4). Ωστόσο, κωνία υπάρχουν σε όλη την έκταση του αμφιβληστροειδούς (εκτός από την περιοχή του τυφλού σημείου) και λειτουργούν κυρίως προειδοποιητικά. Τα κωνία ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- τα S-κωνία που είναι ευαίσθητα σε μικρού μήκους κύματα,
- τα M-κωνία που είναι ευαίσθητα σε μεσαίου μήκους κύματα, και
- τα L-κωνία που είναι ευαίσθητα σε μεγάλου μήκους κύματα.

Στην Εικόνα 8.5 απεικονίζονται οι καμπύλες απορρόφησης σε συνάρτηση με το μήκος κύματος για τα διαφορετικά είδη κυττάρων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (Bowmaker & Dartnall, 1980).



Εικόνα 8.5 Οι καμπύλες απορρόφησης (%) των διαφορετικών ειδών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα σε συνάρτηση με το μήκος κύματος (nm) (Χρήση [εικόνας](#) με άδεια [Wikimedia Commons](#): Ιδία επεξεργασία).

Τα ραβδία είναι περισσότερο ευαίσθητα στην περιοχή του μήκους κύματος που αντιστοιχεί στο κυανό και το πράσινο χρώμα, ενώ τα κωνία εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην περιοχή γύρω από το πράσινο και κίτρινο χρώμα, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα της Εικόνας 8.5.

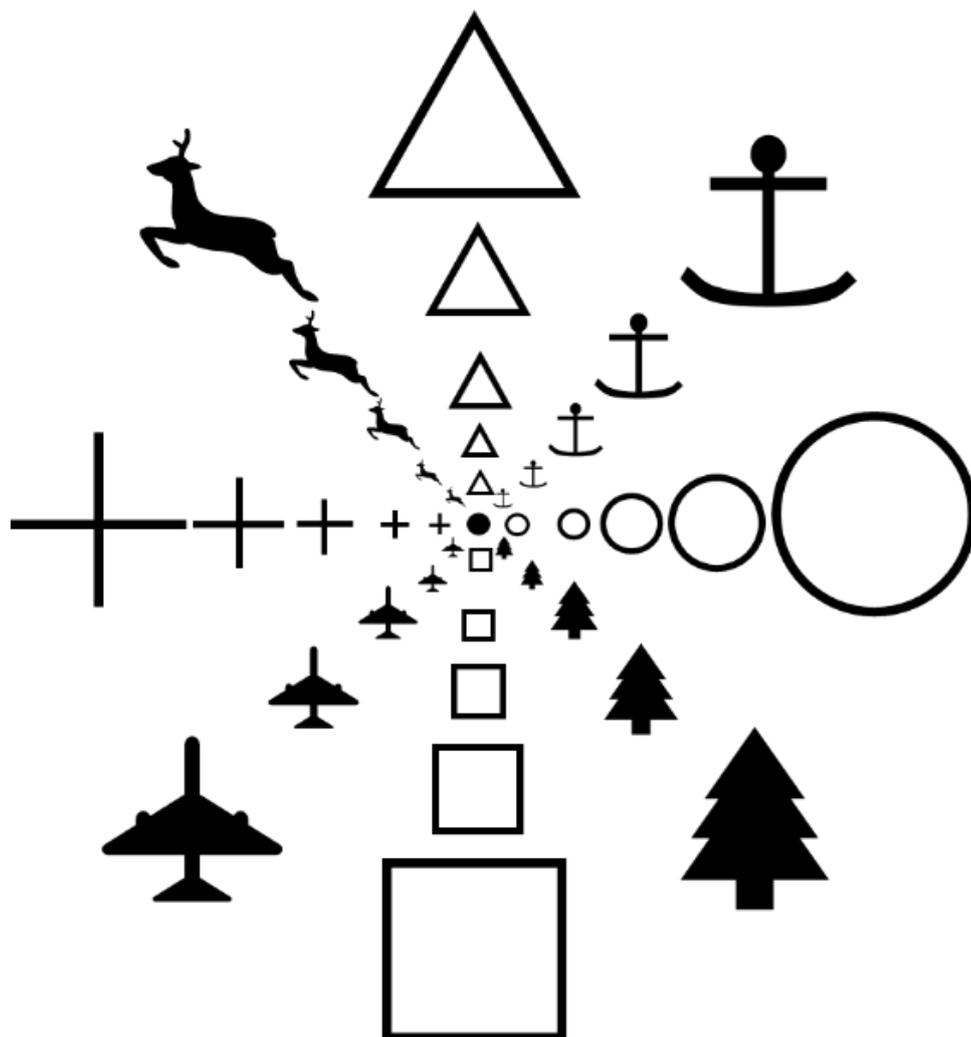
Η λειτουργία των κυττάρων-φωτοϋποδοχέων είναι καθοριστικής σημασίας για τις επιλογές που πραγματοποιούνται στο στάδιο του χαρτογραφικού σχεδιασμού. Η κατανομή των κυττάρων στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς επιδρά στην οπτική οξύτητα του αναγνώστη κατά τη διαδικασία της ανάγνωσης του χάρτη. Έτσι, τόσο η αντίληψη του συνόλου των διαφορετικών αποχρώσεων των συμβόλων του χάρτη, όσο και η διαδικασία ανάγνωσής του υπό διαφορετικές συνθήκες φωτισμού επηρεάζονται από την πυκνότητα των αντίστοιχων κυττάρων στο βοθρίο της ωχράς κηλίδας.

Ένα άλλο στοιχείο, που σχετίζεται με τη φυσιολογία του οφθαλμού και μπορεί να δώσει χρήσιμες υποδείξεις για τον σχεδιασμό των χωρικών απεικονίσεων, σχετίζεται με την οπτική οξύτητα με την οποία μπορούμε να παρατηρούμε τα αντικείμενα του ορατού πεδίου. Το όριο που υποδεικνύει τη μέγιστη οπτική οξύτητα αντιστοιχεί στην ελάχιστη απόσταση μεταξύ των φωτοϋποδοχέων στο βοθρίο. Η απόσταση αυτή είναι ίση με $2.5 \mu\text{m}$ ή 0.5 arcmin του οπτικού τόξου. Οπτικό τόξο μεγέθους 1° (έκταση που αντιπροσωπεύει το μέγεθος των φωτοϋποδοχέων στο κεντρικό βοθρίο, όσο η συνολική έκταση του βοθρίου αντιστοιχεί σε γωνία περίπου ίση με 5° οπτικού τόξου) αντιστοιχεί σε μια εικόνα περίπου ίση με $290 \mu\text{m}$, με δεδομένο ότι η απόσταση από το σημείο που τέμνονται οι προσπίπτουσες ακτίνες έως την επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς είναι σταθερή και ίση με 16.6 mm .

Για να γίνει κατανοητή η συσχέτιση του μεγέθους ενός αντικειμένου με το μέγεθος της εικόνας του ειδώλου στον αμφιβληστροειδή, ο MacEachren (1995) αναφέρει ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα: παρατηρώντας σε έναν χάρτη εικονογραφικών συμβόλων ένα σύμβολο μεγέθους 4 mm από την κανονική απόσταση ανάγνωσης, που αντιστοιχεί περίπου σε 46 cm , το είδωλο που δημιουργείται στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς αντιστοιχεί σε τόξο μεγέθους 30 arcmin . Ουσιαστικά, το όριο αντιστοιχεί στο ελάχιστο μήκος του ειδώλου που μπορεί να δημιουργηθεί στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς από την παρατήρηση ενός οπτικού ερεθίσματος. Είναι προφανές, ότι το ελάχιστο μήκος του αντικειμένου που μπορεί να διακριθεί εξαρτάται επιπλέον και από την απόσταση θέασης.

Το μέγεθος της οπτικής οξύτητας μειώνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται αντίστοιχα και η ευκρίνεια των αντικειμένων του οπτικού πεδίου. Το γεγονός αυτό έχει μεγάλη επίδραση στην ευκρίνεια με την οποία παρατηρούμε στοιχεία του χάρτη, καθώς είναι διαφορετικό να τα

βλέπουμε στον χάρτη τοποθετημένα σε διαφορετικές θέσεις από το να τα παρατηρούμε το ένα δίπλα στο άλλο στο υπόμνημα (MacEachren, 1995). Στην Εικόνα 8.6 απεικονίζονται ορισμένα χαρτογραφικά σύμβολα, των οποίων η ανάγνωση είναι εφικτή χωρίς να απαιτείται η μετακίνηση του βλέμματος μεταξύ των διαφορετικών θέσεων όπου βρίσκονται – παρατηρώντας το κέντρο του οπτικού ερεθίσματος.

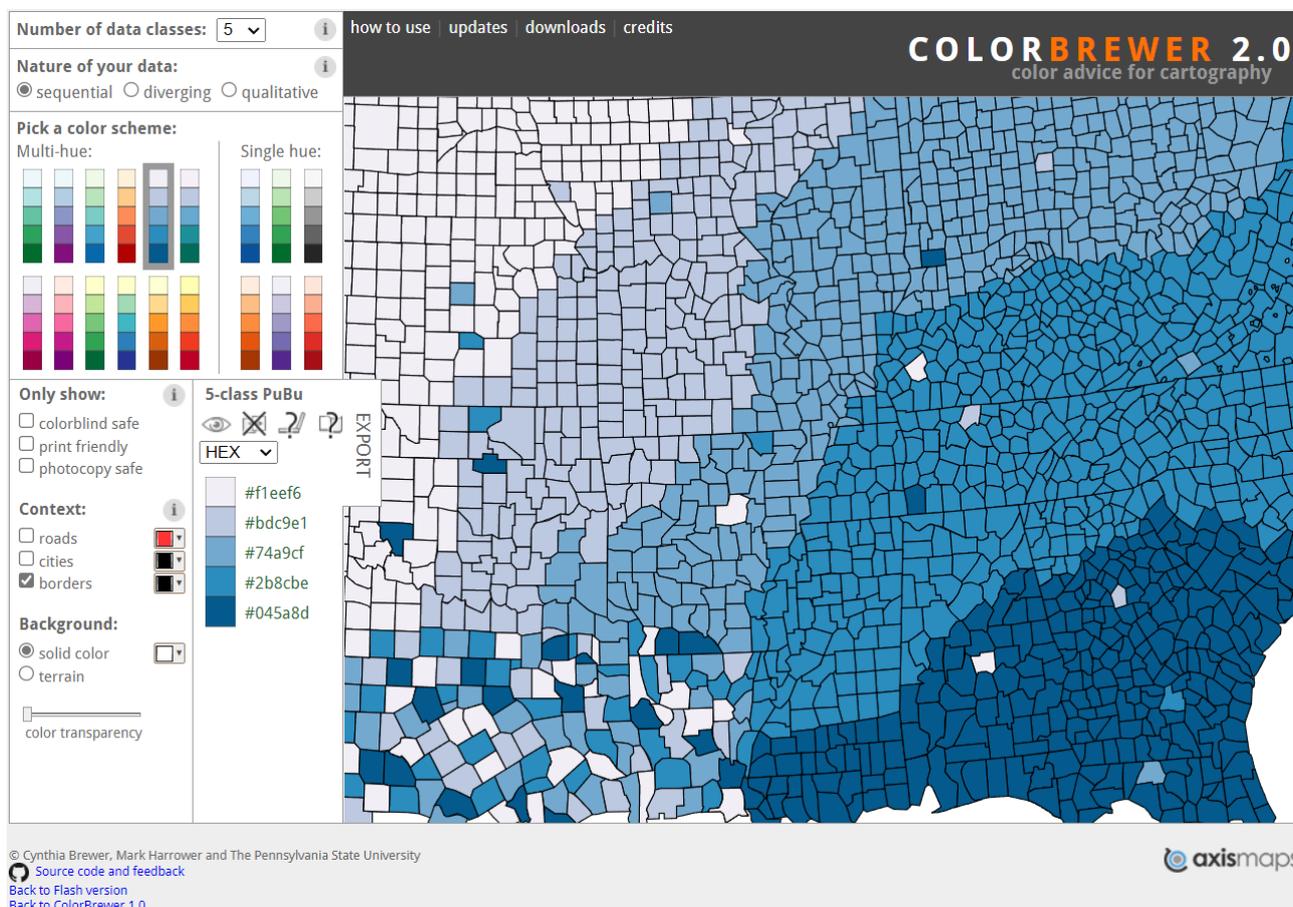


Εικόνα 8.6 Αφαιρετικά και εικονογραφικά χαρτογραφικά σύμβολα τοποθετημένα με τέτοια διάταξη ώστε να είναι δυνατή η ανάγνωσή τους χωρίς να απαιτείται η μετακίνηση του βλέμματος μεταξύ των διαφορετικών θέσεων – παρατηρώντας το κέντρο του οπτικού ερεθίσματος (Anstis, 1974: Ιδία επεξεργασία).

Από τους φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδούς, το εισερχόμενο φως μεταφέρεται μέσω των δίπολων, των οριζόντιων και των βραχύνων κυττάρων στα γαγγλιακά κύτταρα και από εκεί στο οπτικό νεύρο και έπειτα στον εγκέφαλο, όπου και γίνεται η επεξεργασία του οπτικού ερεθίσματος. Η μεταφορά της οπτικής πληροφορίας από τα γαγγλιακά κύτταρα βασίζεται στην εκπομπή σημάτων, ενώ η μεταβολή του ρυθμού αυτής της εκπομπής κινεί τη διαδικασία. Η λειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων είναι διαφορετική στο κέντρο από την περιφέρεια της όρασης. Η παράλληλη δράση γαγγλιακών κυττάρων στο κέντρο και στην περιφέρεια είναι δυνατόν να παράξει ανασταλτικές μεταξύ τους δράσεις. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «παράλληλη αναστολή» και, ουσιαστικά, σχετίζεται άμεσα με την αντίληψη των αντιθέσεων του οπτικού πεδίου.

Στη χαρτογραφία, το φαινόμενο της παράλληλης αναστολής των γαγγλιακών κυττάρων βρίσκει εφαρμογή σε χωροπληθείς χάρτες, στους οποίους χρησιμοποιούνται διαφορετικές εντάσεις (MacEachren, 1995). Ουσιαστικά, η λειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων επιδρά στην αντίληψη των διαφορετικών αντιθέσεων του χάρτη (π.χ. χωροπληθείς απεικόνιση στην οποία αξιοποιούνται τόνοι του γκρι). Στη χαρτογραφική έρευνα, χαρακτηριστική μελέτη η οποία βασίστηκε στο φαινόμενο της παράλληλης αναστολής είναι αυτή της Brewer (1991). Το αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν η δημιουργία ενός μοντέλου χρωματικών

προτύπων τα οποία μπορούν να παράγουν συνδυασμούς διαφορετικών και μη επικαλυπτόμενων κατηγοριών για την αξιοποίησή τους στους χάρτες. Στην Εικόνα 8.7 παρατίθεται ένα στιγμιότυπο από το (ψηφιακό) περιβάλλον του εργαλείου colorbrewer2.0, στο οποίο έχουν ενσωματωθεί τα αποτελέσματα της έρευνας της Brewer.



Εικόνα 8.7 Στιγμιότυπο από το περιβάλλον του εργαλείου colorbrewer2.0.
(Διαθέσιμο στον σύνδεσμο: <https://colorbrewer2.org>).

Βιβλιογραφία

- Anstis, S. (1974). A chart demonstrating variation in acuity with retinal position. *Vision Research*, 14, 589-592.
- Bowmaker, J. K., & Dartnall, H. J. (1980). Visual pigments of rods and cones in a human retina. *The Journal of Physiology*, 298(1), 501-511.
- Brewer, C. A. (1991). *The prediction of surround-induced changes in map color appearance* (PhD Dissertation). Department of Geography, Michigan State University.
- Brodersen L., Andersen, H. H. K., & Weber, S. (2002). *Applying Eye-Movement Tracking for the study of Map Perception and Map Design*, 4(9). National Survey Cadastre – Denmark.
- Cameron, J.R., Skofronick, J.G., & Grant, R.M. (2001). *Φυσική του Ανθρώπινου Σώματος* (Ε. Γεωργίου, Ε. Γιακουμάκη, Σ. Κόττου, Κ. Ντάλλες, Α. Σερέφογλου & Α. Σκυλλάκου Λουίζη, Επιμ. ελληνικής έκδοσης). Επιστημονικές Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε.
- Carr, D. B., Olsen, A. R., & White, D. (1992). Hexagon mosaic maps for display of univariate and bivariate geographical data. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 228-236.
- Castner, H. W., & Eastman, J. R. (1984). Eye-movement parameters and perceived map complexity: I. *The American Cartographer*, 11(2), 107-111.
- Castner, H. W., & Eastman, J. R. (1985). Eye-movement parameters and perceived map complexity: II. *The American Cartographer*, 12(1), 29-40.
- Cave, K. R., & Wolfe, J. M. (1990). Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22(2), 225-271.
- Chang, K. T., Lenzen, T., & Antes, J. (1985). The Effect of Experience on Reading Topographic Relief Information: Analyses of Performance and Eye Movements. *The Cartographic Journal*, 22, 88-94.
- Chun, M. M., & Wolfe, J. M. (2001). Visual Attention. In Goldstein (Ed.), *Blackwell's handbook of perception*, 272-310, Blackwell, Oxford.
- Ciołkosz-Styk, A. (2012). The visual search method in map perception research. *Geoinformation Issues*, 4(1), 33-42.
- Çöltekin, A., Garlandini, S., Heil, B., & Fabrikant, S. I. (2008). Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study with Eye Movement Analysis. *Proceedings of the 17th International Research Symposium on Computer-based Cartography, Shepherdstown, West Virginia, USA*.
- Dent, B. D. (1972). Visual organization and thematic map communication. *Annals of the Association of American Geographers*, 62(1), 79-93.
- Dobson, M. W. (1983). Visual information processing and cartographic communication: The utility of redundant stimulus dimensions. In D. R. F. Taylor (Ed.), *Graphic communication and design in contemporary cartography*, 149-175, Wiley & Sons, New York.
- Eastman, J. R. (1985). Graphic organization and memory structures for map learning. *Cartographica: International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 22(1), 1-20.
- Geerinck, T. (2009). *Visual Attention Framework: Application to Event Analysis* (PhD Dissertation). VRIJE Universiteit Brussel, Faculty of Engineering, Department of Electronics and Informatics, Brussels.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston.
- Glennerster, A. (2002). Computational theories of vision, *Current Biology*, 12(20), R682-R685
- Goldstein, E. B. (1981). *The ecology of J. J. Gibson's perception*. Leonardo, 14(3), 191-195.
- Green, M. (1998). *Toward a Perceptual Science of Multidimensional Data Visualization: Bertin and Beyond*. ERGO/GERO Human Factors Science.

- Hahn, S., & Kramer, A. (1998). Further evidence for the deviation of attention among non-contiguous locations. *Visual Cognition*, 5, 217-256.
- Julesz, B. (1975). Experiments in the visual perception of texture. *Scientific American*, 232, 34-43.
- Keates, J. S. (1996). *Understanding maps* (2nd ed.). Harlow, Longman, Essex, England.
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Köhler, W. (1929). *Gestalt Psychology*. Liveright, New York.
- Lloyd, R. (1997). Visual Search Processes Used in Map Reading. *Cartographica*, 34(1), 11-32.
- Lloyd, R. (2005). Attention on Maps. *Cartographic Perspectives*, 52, 28-57.
- MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, New York, 513 pp.
- Mack, A., Tang, B., Tuma, R., Kahn, S., & Rock, I. (1992). Perceptual Organization and Attention. *Cognitive Psychology*, 24, 475-501.
- Marr, D. (1982). *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. W. H. Freeman and Company, New York.
- McCleary, G. F. (1975). In pursuit of the map user. *Proceedings of the International Symposium on Computer-Assisted Cartography (Auto-Carto II)*, 238-250.
- Michaelidou, E., Filippakopoulou, V., Nakos, B., & Petropoulou, A. (2005). Designing Point Map Symbols: The effect of preattentive attribute of shape. *Proceedings of the 22nd International Cartographic Association Conference, A Coruna, Spain*.
- Montello, D. R. (2002). Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(3), 283-304.
- Muller, J. C. (1979). Perception of continuously shaded maps. *Annals of the Association of American Geographers*, 69(2), 240-249.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. New York: Appleton, Century, Crofts.
- Northdurft, H. C. (1992). Feature analysis and the role of similarity in preattentive vision. *Perception & Psychophysics*, 52(4), 355-375.
- Nossum, A. S., & Opach, T. (2011). Innovative analysis methods for eye-tracking data from dynamic, interactive and multi-component maps and interfaces. *Proceedings of the 25th International Cartographic Association Conference, Paris, France*.
- Olson, R. K., & Attneave, F. (1970). What variables produce similarity grouping?. *The American Journal of Psychology*, 83(1), 1-21.
- Ooms, K., De Mayer, P., & Fack, V. (2014). Study of the attentive behavior of novice and expert map users using eye tracking. *Cartography and Geographic Information Science*. 41(1), 37-54.
- Opach, T., & Nossum, A. (2011). Evaluating the usability of cartographic animations with eye-movement analysis. *Proceedings of the 25th International Cartographic Association Conference, Paris, France*.
- Peterson, M. P. (1987). The mental image in cartographic communication. *Cartographic Journal*, 24(1), 35-41.
- Πλαϊνης, Σ., Τσιλιμπάρης, Μ.Κ., & Παλλήκαρης, Ι.Γ. (2007). Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και των οπτικών οδών. *Οφθαλμολογία*, 19(4), 269-283.
- Popelka, S., & Brychtova, A. (2013). Eye-tracking Study on Different Perception of 2D and 3D Terrain Visualization. *The Cartographic Journal*, 50(3), 240-246.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Robinson, A. H., & Petchenik, B. B. (1976). *The Nature of Maps*. University of Chicago Press, Chicago.

- Scholl, B. J. (2001). Objects and attention: the state of the art. *Cognition*, 80, 1-46.
- Shortridge, B. G. (1982). Stimulus processing models from psychology: Can we use them in cartography?, *American Cartographer*, 9(2), 155-167.
- Slocum, T. A. (1983). Predicting Visual Clusters on Graduated Circle Maps. *The American Geographer*, 10(1), 59-72.
- Steinke, T. R. (1987). Eye movements studies in cartography and related fields, Studies in Cartography, Monograph 37. *Cartographica*, 24(2), 40-73.
- Sternberg, R. J., & Sternberg, K. (2011). *Cognitive Psychology* (6th ed.). Cengage Learning.
- Sternberg, S. (1969). Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American scientist*, 57(4), 421-457.
- Townsend, J. T. (1990). Serial vs. Parallel processing: Sometimes They Look like Tweedledum and Tweedledee but They Can (And Should) be distinguished. *Psychological Science*, 1(1), 46-54.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett Memorial Lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40(2), 201- 237.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognition Psychology*, 12, 97-136.
- Vecera, S.P. (2000). Towards a Biased Competition Account of Object-Based Segregation and Attention. *Brain and Mind*, 1, 353-384.
- Wandell, B. A. (1995). *Foundations of vision*. Sinauer Associates.
- Ware, C. (2004). *Information Visualization Perception for design* (2nd ed.). San Fransisco, Morgan Kaufmann.
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Be-wegung. *Zeitschrift für Psychologie*, 61, 161-265.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von den Gestalt. *Psychologische Forschung*, 4(1), 301-350.
- Wolfe, J. M. (1998). Visual Search. In H. Pashler (Ed.), *Attention*, University London Press, London, UK.
- Wolfe, J. M. (2000). Visual Attention. In K.K. De Valois (Ed.), *Seeing* (2nd ed.). San Diego, CA: Academic Press.
- Wolfe, J. M. (2005). Guidance of Visual Search by Preattentive Information. In L. Itti, G. Rees & J. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of attention*. San Diego, CA: Academic Press/Elsevier.
- Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2004). What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it?. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 1-7.
- Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2017). Five factors that guide attention in visual search. *Nature Human Behaviour*, 1(3), 1-8.

Κεφάλαιο 9

Σύνοψη

Στο Κεφάλαιο 9 αναφέρονται τα συμπεράσματα των επιστημονικών περιοχών της γνωσιακής ψυχολογίας και της νευροβιολογίας ως προς την ολοκλήρωση (στον εγκέφαλο) της οπτικής αντίληψης, τη δημιουργία της χωρικής γνώσης για όσα ξέρουμε αλλά και για όσα υποθέτουμε πως συμβαίνουν κατά τη διαδικασία ανάγνωσης χωρικών απεικονίσεων. Δίνονται παραδείγματα εφαρμογών των γνωσιακών θεωριών στα στάδια ανάλυσης και ερμηνείας χωρικών απεικονίσεων, με έμφαση στην επίδρασή τους στην αποτελεσματικότητα της απεικόνισης.

Προαπαιτούμενη γνώση

Βασικά στοιχεία οπτικής αντίληψης και κατανόηση των διαφορετικών μορφών χωρικών απεικονίσεων.

9 Οπτική αντίληψη και γνώση – Γνωσιακά σχήματα – Νοητικές κατηγορίες

Όταν κοιτάζουμε γύρω μας τον περιβάλλοντα χώρο, από τα αμέτρητα πράγματα που βρίσκονται μέσα στο οπτικό μας πεδίο, ποια είναι αυτά που τραβούν την προσοχή μας; Ποιες εικόνες εντυπώνονται στη μνήμη μας θελημένα ή αθέλητα και με ποια μορφή; Όταν αυτές οι εικόνες ανακαλούνται συνειδητά ή ασυνειδήτα, είναι ίδιες με τις αρχικές οπτικές μας εντυπώσεις; Θα θέλαμε να ξέρουμε τις απαντήσεις αυτών των ερωτημάτων, όταν σχεδιάζουμε μια τριδιάστατη χωρική απεικόνιση ή έναν στατικό χάρτη, απαντήσεις που θα επηρέαζαν τις επιλογές της μορφής και των στοιχείων του γραφισμού, απαντήσεις που θα έκαναν την απεικόνιση πιο εύκολα κατανοητή στον αναγνώστη, πιο αποτελεσματική στη μετάδοση πληροφοριών, ίσως και πιο ευχάριστη. Όμως, αν για το οπτικό μας σύστημα είναι λίγα αυτά που δεν ξέρουμε ακόμα, για τις λειτουργίες του εγκεφάλου, μέσω των οποίων ολοκληρώνεται η απόκτηση της οπτικής γνώσης και κατανοούνται οι οπτικές εικόνες, είναι πολύ λίγα αυτά που ξέρουμε. Αν λάβουμε δε υπόψη ότι το οπτικό μας σύστημα έχει εξελιχθεί για να μας δώσει τη δυνατότητα να αντιλαμβανόμαστε το φυσικό περιβάλλον και να κυκλοφορούμε σε αυτό, και όχι για να αντιλαμβανόμαστε και να κατανοούμε τις διδιάστατες ή τριδιάστατες, ρεαλιστικές ή αφαιρετικές χωρικές απεικονίσεις που σχεδιάζουμε, τότε συνειδητοποιούμε πόσο δύσκολο είναι να στηρίξουμε τις επιλογές μας, σχεδιάζοντας μια απεικόνιση.

Ξεκινώντας από το 1980, οι έρευνες της νευροφυσιολογίας με τη συμβολή και των απεικονιστικών μεθόδων που συνεχώς εξελίσσονται, δίνουν συνεχώς νέα στοιχεία για τη λειτουργία του εγκεφάλου. Συγχρόνως, στο πλαίσιο ανάπτυξης της γνωσιακής επιστήμης, έχουν προταθεί θεωρίες οι οποίες στηρίζονται στα ευρήματα της νευροφυσιολογίας και οι οποίες προσπαθούν να εξηγήσουν με ολοκληρωμένο τρόπο τις εγκεφαλικές λειτουργίες. Κάποιες από τις μελέτες των γνωσιακών επιστημών ερευνούν την αντίληψη και τη γνώση του χώρου, όπως και την αντίληψη γραφικών στοιχείων, και τα δεδομένα των ερευνών τους αποτελούν βάση για τις μελέτες και τις επιλογές των χαρτογράφων. Με αυτήν τη λογική θα αναφερθούν εδώ, συνοπτικά:

1. η θεωρία για την οπτική γνώση που ανέπτυξε ο γνωσιακός ψυχολόγος Steven Pinker (1990) η οποία, ακριβώς επειδή αναφέρεται στην κατανόηση γραφημάτων, μπορεί να αποτελέσει βάση για μια ανάλογη προσέγγιση στον τρόπο που κατανοούνται οι χάρτες,
2. η θεωρία των σχημάτων που αναφέρεται στη δομή των γνώσεων στον εγκέφαλο, όπως έχει αναπτυχθεί από τους ψυχολόγους τα τελευταία πενήντα χρόνια και
3. οι σύγχρονες απόψεις για τη νοητική κατηγοριοποίηση.

Οι τρεις αυτές θεωρητικές βάσεις μπορούν να υποστηρίξουν μια προσέγγιση των χωρικών απεικονίσεων που να λαμβάνει υπόψη τον αναγνώστη και, σε κάποιο βαθμό, τον τρόπο που αντιλαμβάνεται και σκέφτεται τον χώρο.

9.1 Οπτική γνώση – Θεωρία του Pinker

Η οπτική γνώση (visual cognition) είναι η νοητική διαχείριση των οπτικών πληροφοριών με τη μορφή εικόνων. Όραση και οπτική γνώση είναι δύο αλληλένδετες διαδικασίες: η πρώτη προηγείται και η δεύτερη ακολουθεί ως αποτέλεσμα της πρώτης, χωρίς να είναι πάντα ξεκάθαρο το σημείο διαχωρισμού τους. Σημείο κλειδί σε αυτή τη διαδικασία επεξεργασίας των οπτικών ερεθισμάτων αποτελεί η συμμετοχή της μνήμης, που μπορεί να παρέμβει (ενεργοποιηθεί) συνειδητά ή ασυνείδητα, ακόμα και τις πρώτες στιγμές ενός οπτικού ερεθίσματος. Για παράδειγμα, αν ψάχνουμε κάτι με τα μάτια μας, η ματιά κατευθύνεται από τη σκέψη, δηλαδή με από «πάνω προς τα κάτω» διαδικασίες, αν πάλι η ματιά μας, ακόμα και αν περιπλανάται άσκοπα με από «κάτω προς τα πάνω» διαδικασίες, πέσει σε κάτι γνωστό, αυτόματα θα ενεργοποιηθεί η μνήμη και θα το αναγνωρίσουμε. Η χρήση μιας χωρικής απεικόνισης περιλαμβάνει αφενός άσκοπες ματιές, όπως π.χ. όταν κοιτάζουμε τον χάρτη πρόγνωσης καιρού σε μια οθόνη ή χαζεύουμε έναν άτλαντα μην έχοντας συγκεκριμένο αντικείμενο αναζήτησης, και αφετέρου προσεκτικές αναγνώσεις, όταν π.χ. ψάχνουμε τοποθεσίες ή διαδρομές σε κάποιο χάρτη ή σε κάποιο σύστημα πλοήγησης. Σε όλες τις περιπτώσεις χρήσης των χωρικών απεικονίσεων, κάποια από τα στοιχεία που υπάρχουν στις οπτικές μας σκηνές θα εντυπωθούν και μπορεί να τα θυμόμαστε μετά, ενώ κάποια άλλα θα περάσουν απαρατήρητα. Επίσης, κάποια στοιχεία θα μας θυμίσουν πράγματα που ήδη ξέρουμε, ενώ κάποια θα είναι πρωτόγνωρα και θα πρέπει να σταθούμε σε αυτά με τα μάτια μας και τη σκέψη μας για να τα κατανοήσουμε. Κατά τη διαδικασία του χαρτογραφικού σχεδιασμού, το να ξέρουμε τι είδους γραφικά χαρακτηριστικά μιας οπτικής σκηνής μπορεί να «προεξέχουν» από τα υπόλοιπα γραφικά στοιχεία και να προσελκύουν την προσοχή, δηλαδή να μετατρέπουν τη διαδικασία από απλή αφηρημένη όραση σε οπτική γνώση, αποτελεί ένα σημείο κλειδί για τον σχεδιασμό των χωρικών απεικονίσεων. Εξίσου σημαντικό είναι το να ξέρουμε ποια γραφικά στοιχεία δεν θα παρατηρηθούν εύκολα, αλλά θα «χαθούν» στο υπόβαθρο. Και οι δύο αυτές ιδιότητες των γραφικών στοιχείων αποτελούν μια κρίσιμη παράμετρο για την προδιαγραφή κανόνων στον χαρτογραφικό συμβολισμό.

Η κατανόηση του ανθρώπινου οπτικού συστήματος αποτελεί ερευνητικό αντικείμενο και για την όραση υπολογιστών (computer vision), και θέματα όπως η μοντελοποίηση τριδιάστατων εικόνων και η αποκατάσταση εικόνας, είναι τομείς που ερευνώνται, τα δε αποτελέσματά τους θα μπορούσαν ίσως να χρησιμοποιηθούν σε ρεαλιστικές απεικονίσεις του χώρου. Οι χάρτες, όμως, οποιασδήποτε μορφής, λόγω της αφαιρετικής απεικόνισης του χώρου και λόγω του συμβολισμού των χωρικών οντοτήτων που απεικονίζονται, έχουν μια ιδιαιτερότητα ως εικόνα και χρειάζονται ειδικά σχεδιασμένες έρευνες για να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα για τον τρόπο με τον οποίο γίνονται οπτικά αντιληπτά τα διάφορα στοιχεία του χάρτη και για το πώς καθίστανται κατανοητές οι απεικονιζόμενες πληροφορίες. Η θεωρία του Pinker (1990) για την οπτική γνώση, όντας σχεδιασμένη για την κατανόηση γραφημάτων, δηλαδή διδιάστατων αφαιρετικών αναπαραστάσεων, οι οποίες αναφέρονται σε χωρικά φαινόμενα ή έννοιες, «θέτει κάποια θεμελιακά θέματα, τα οποία είναι επίσης πιθανόν να συμβάλουν στην κατανόηση του χάρτη. Για τον λόγο αυτό, η θεωρία του αποτελεί μια βάση, από την οποία μπορεί να κατασκευαστεί μια παρόμοια προσέγγιση στην κατανόηση του χάρτη» (MacEachren, 1995, p.33).

Σύμφωνα με τον Pinker (1984), η οπτική γνώση ολοκληρώνεται σε δύο στάδια, στην οπτική αναγνώριση (visual recognition) και την οπτική εικονοποίηση (visual imagery). Ο όρος εικονοποίηση αναφέρεται στη χρήση εικονικής γλώσσας για την αναπαράσταση αντικειμένων, πράξεων ή ιδεών, με τέτοιο τρόπο που να απευθύνεται στις φυσικές αισθήσεις, οπότε:

- οπτική αναγνώριση είναι η διαδικασία που μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε στη βάση του αμφιβληστροειδούς ερεθίσματος ότι συγκεκριμένα σχήματα, μορφοποιήσεις σχημάτων, αντικείμενα, σκηνές και ιδιότητές τους βρίσκονται μπροστά μας, και
- οπτική εικονοποίηση είναι η διαδικασία της θύμησης ή αιτιολόγησης των σχημάτων ή αντικειμένων που δεν είναι ακριβώς μπροστά μας αλλά πρέπει να ανακληθούν από τη μνήμη ή να δημιουργηθούν από μια περιγραφή. (Pinker, 1984, σελ. 3).

Ο Pinker αναγνωρίζει την ύπαρξη ενός κοινού χαρακτηριστικού στα γραφήματα: «προσπαθούν να μεταδώσουν στον αναγνώστη ένα σύνολο n τιμών σε n μαθηματικές κλίμακες, χρησιμοποιώντας αντικείμενα των οποίων οι οπτικές διαστάσεις (π.χ. μήκος, θέση, ένταση, σχήμα, κλπ.) αντιστοιχούν στις σχετικές κλίμακες και των οποίων οι τιμές σε κάθε διάσταση (π.χ. ενός αντικειμένου το μήκος, η θέση κ.ο.κ.) συσχετίζεται με τις τιμές στις αντίστοιχες κλίμακες. Το ταίριασμα επιτυγχάνεται επειδή οποιοδήποτε ορατό αντικείμενο μπορεί να περιγραφεί ταυτόχρονα από τις τιμές του μέσω ενός αριθμού οπτικών διαστάσεων.» (Pinker, 1990, σελ. 74).

Ο Pinker υιοθετεί τους στόχους που έχουν τεθεί από τον Bertin (1967/1983) για την κατανόηση ενός γραφήματος, οι οποίοι αφορούν τη δυνατότητα του αναγνώστη

1. να αναγνωρίσει, μέσω αλφαριθμητικών στοιχείων, τις έννοιες των χωρικών οντοτήτων στις οποίες αναφέρεται το γράφημα,
2. να αναγνωρίσει τις σχετικές διαστάσεις των μεταβλητών του γραφήματος και να προσδιορίσει ποια οπτική διάσταση αντιστοιχεί σε ποια εννοιολογική μεταβολή ή κλίμακα,
3. με βάση τα συγκεκριμένα επίπεδα της οπτικής διάστασης, να συμπεράνει συγκεκριμένα επίπεδα κάθε εννοιολογικής κλίμακας (Pinker, 1990, σελ.75).

Αν υποθέσουμε ένα απλό παράδειγμα γραφήματος που αναπαριστά τη μεταβολή του πληθυσμού των περιφερειακών ενοτήτων ενός γεωγραφικού διαμερίσματος ανά δεκαετία, για έναν αιώνα, η κατανόηση αυτού του γραφήματος επιτυγχάνεται όταν ο αναγνώστης:

- προσδιορίσει τις δεκαετίες ως χρονικές περιόδους και την έννοια του πληθυσμού,
- συλλάβει νοητικά τις διαφορές μήκους στις μπάρες και τις αντιστοιχίσει με τις διαφορές του πληθυσμού και
- προσδιορίσει το μήκος της μπάρας που αντιστοιχεί στη μονάδα μέτρησης του πληθυσμού.

Η διαδικασία αυτή είναι ανάλογη της ερμηνείας ενός -ας υποθέσουμε- θεματικού χάρτη που απεικονίζει τη μεταβολή του πληθυσμού των περιφερειακών ενοτήτων ενός γεωγραφικού διαμερίσματος με κύκλους μεταβλητού μεγέθους. Η ερμηνεία στηρίζεται στην κατανόηση ότι:

- οι κύκλοι αναπαριστούν τον αριθμό των κατοίκων,
- οι μεταβολές των εμβαδών των κύκλων αντιστοιχούν σε μεταβολές του πληθυσμού και
- μια συγκεκριμένη μεταβολή εμβαδού κύκλου αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μεταβολή του πληθυσμού.

Η ανάγνωση ενός γραφήματος μπορεί να αναλυθεί σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο ο αναγνώστης διακρίνει απλά τα μεμονωμένα σύμβολα (μπάρες, κύκλους, γραμμές, κλπ.) και τις θέσεις τους πάνω στον άξονα. Δεν συγκρίνει τις τιμές τους ούτε το σχήμα που δημιουργεί η σύνθεσή τους. Σε δεύτερο στάδιο θα πρέπει να συνδυάσει τις μεταβολές των σχημάτων με τις μαθηματικές κλίμακες μεταβολής των απεικονιζόμενων φαινομένων. Για να ερμηνευθεί το γράφημα θα πρέπει να ξεχωρίσουν στην οπτική σκηνή τα γραφικά στοιχεία του γραφήματος που απεικονίζουν τις τιμές των χωρικών οντοτήτων και να αναγνωριστούν, πράγμα που προϋποθέτει την ύπαρξη στη μνήμη του παρατηρητή αντίστοιχων νοητικών απεικονίσεων, που να ταιριάζουν με αυτές του γραφήματος. Ο Pinker θεωρεί ότι τα δύο αυτά στάδια γνώσης (αναγνώριση και κατανόηση) ενσωματώνονται σε δύο ειδών νοητικές αναπαραστάσεις, την οπτική περιγραφή (visual description), που αποκωδικοποιεί τις φυσικές διαστάσεις των συμβόλων του γραφήματος, και το σχήμα γραφήματος (graph schema), μέσω του οποίου εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο οι φυσικές διαστάσεις απεικονίζονται στο διάγραμμα. Στο σημείο αυτό όμως τίθεται ένα ερώτημα. Γιατί ο αναγνώστης του γραφήματος να απομονώσει τα σύμβολα και τους άξονες του γραφήματος και να μην επικρατήσουν (στο οπτικό του σύστημα) άλλοι συσχετισμοί σχημάτων, άλλα περιγράμματα γραμμών, δηλαδή να δημιουργηθούν άλλες οπτικές περιγραφές;

9.1.1 Από την οπτική ακολουθία στην οπτική περιγραφή

Προσπαθώντας να βρει τους λόγους που κάνουν μια οπτική περιγραφή να δημιουργείται, επικρατώντας άλλων πιθανών, ο Pinker ξεκινά τη διαδικασία θέασης του γραφήματος από την «οπτική ακολουθία» (visual array). Έτσι ονομάζει τον οπτικό σχηματισμό που προέρχεται από ένα γράφημα, το οποίο βρίσκεται στο οπτικό πεδίο ενός παρατηρητή και φτάνει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού τις πρώτες στιγμές παρατήρησης του γραφήματος, πριν παρέμβει οποιαδήποτε συνειδητή εστίαση του βλέμματος ή σκέψη ή προσοχή. Η οπτική ακολουθία είναι ένα ασαφές, ανεπεξέργαστο διάστημα μοτίβο, λιγάκι σαν μουτζούρα, το οποίο δημιουργείται από τις αλλαγές των εντάσεων (σκούρο/ανοιχτό) των γραφικών στοιχείων του γραφήματος και, σε αυτήν τη φάση της πρώιμης όρασης, δεν μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο αναγνώρισης του γραφήματος. Εύλογα τίθενται εδώ οι εξής καίριες ερωτήσεις:

- Από αυτή τη μουτζούρα ποιο ερέθισμα θα επικρατήσει δημιουργώντας την οπτική περιγραφή που θα προσδιορίζει με ευκρίνεια τις οπτικές διαστάσεις;
- Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η δημιουργία της οπτικής περιγραφής;

- Οι παράγοντες που δημιουργούν την οπτική περιγραφή είναι γραφικοί, γνωσιακοί ή και τα δύο;

Στη θεωρία του ο Pinker, στηριζόμενος αφενός στα όσα είναι γνωστά από τη νευροβιολογία για τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος οφθαλμοί-εγκέφαλος, αφετέρου δε σε πειραματικά δεδομένα που συγκρίνουν την αντιληπτικότητα των γραφικών μεταβλητών, εισάγει τέσσερις αρχές με βάση τις οποίες δημιουργείται μια οπτική περιγραφή, από τις οπτικές ακολουθίες που υπάρχουν στην οπτική σκηνή. Οι αρχές αυτές είναι:

1. η κυριαρχία του χώρου (the indispensable of space) ή η κυριαρχία της γραφικής μεταβλητής της θέσης,
2. οι νόμοι των συνόλων Gestalt,
3. η νοητική απεικόνιση του μεγέθους και
4. τα συστήματα συντεταγμένων.

Η Κυριαρχία του Χώρου: Ο Pinker θεωρεί πως η θέση είναι η πιο δυνατή οπτική μεταβλητή για τη δημιουργία αντιληπτικών μονάδων. Οι κυρίαρχες οπτικές μεταβλητές είναι οι μεταβλητές που είναι αδύνατο να αγνοηθούν, αυτές που κυριαρχούν στο οπτικό πεδίο, δημιουργώντας ένα οπτικό σύνολο που εξέχει, που γίνεται αντιληπτό, ενώ αγνοούνται τα υπόλοιπα στοιχεία της οπτικής σκηνής. Η ίδια άποψη για τη δύναμη της θέσης μεταξύ όλων των άλλων οπτικών μεταβλητών έχει εκφραστεί και από τον Bertin. Επίσης, ο Kubovy (1981), εξετάζοντας συστηματικά τις οπτικές μεταβλητές θέσης, απόχρωσης, έντασης, σχήματος και υφής, συμπέρανε ότι η θέση και ο χρόνος κυριαρχούν όλων των άλλων γραφικών μεταβλητών ως προς την αντιληπτικότητα. Ο Kubovy είναι αυτός που εισήγαγε τον όρο «κυρίαρχο χαρακτηριστικό» για τα οπτικά ερεθίσματα που επικρατούν σε μια οπτική σκηνή, ως ένα χαρακτηριστικό που έχει τις εξής ιδιότητες:

- Αντιληπτικότητα του πλήθους (perceptual numerosity). «Το αντιληπτικό μας σύστημα προσλαμβάνει μια μονάδα ή ένα αντικείμενο μιας οπτικής σκηνής σαν ένα σύνολο φωτεινών σημείων που μοιράζονται την ίδια θέση στον χώρο, και όχι σαν ένα σύνολο φωτεινών σημείων που μοιράζονται κάποιο άλλο χαρακτηριστικό όπως απόχρωση, ένταση ή υφή» (Kubovy, 1981, όπως αναφ. ο Pinker, 1990). Η εικόνα που χρησιμοποίησε ως αντικείμενο έρευνας στα πειράματα ήταν τρία ξεχωριστά ορθογώνια σχήματα. Το ένα είχε ένα μοτίβο με τελίτσες, το άλλο ένα μοτίβο με παράλληλες γραμμές και το τρίτο ένα μοτίβο με συνδυασμό των δύο, δηλαδή τελίτσες και γραμμές. Η συντριπτική πλειονότητα των υποκειμένων έρευνας αναγνώρισε τρία αντικείμενα (τρεις διαφορετικές θέσεις) και όχι δύο (μοτίβα), αποτέλεσμα που δείχνει ότι η θέση κυριαρχεί του μοτίβου.
- Ιδιότητες διαμόρφωσης (configural properties). Με ένα άλλο πείραμα, ο Kubovy ερεύνησε την αντιληπτικότητα της θέσης, της έντασης και του προσανατολισμού, μεταβάλλοντας και τις τρεις αυτές μεταβλητές σε ένα σύνολο επτά μικρών γραμμών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν οι θέσεις των γραμμών ήταν τυχαία, χρειαζόταν ιδιαίτερη παρατήρηση για να ταξινομηθούν οι μεταβολές του προσανατολισμού και της έντασης, ενώ όταν η θέση (των γραμμών) ήταν σε μια γραμμική ακολουθία, οι μεταβολές των άλλων δύο μεταβλητών (προσανατολισμού και έντασης) διακρίνονταν εύκολα, οπότε συμπέρανε πως τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά έχουν πιο δυνατές συνθετικές ιδιότητες και διακρίνονται πιο εύκολα από άλλες μεταβλητές.
- Ικανότητα διάκρισης και γραμμικότητα (discriminability and linearity). Ήδη από τον 19ο αιώνα οι Weber και Fechner ερεύνησαν πειραματικά τον τρόπο που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τις αλλαγές μεγέθους φυσικών οντοτήτων και ήχων. Το 1860 δημοσιεύτηκε ο νόμος του Fechner που δηλώνει ότι η υποκειμενική αίσθηση είναι ανάλογη με τον λογάριθμο της έντασης του ερεθίσματος. Δηλαδή, οι ανθρώπινες αντιλήψεις για την όραση και τον ήχο λειτουργούν ως εξής: η ένταση που αντιλαμβάνεται ένα υποκείμενο είναι ανάλογη με τον λογάριθμο της πραγματικής έντασης που μετρά μια συσκευή. Αρκετές δεκαετίες μετά, ο Stevens, αφού εκτέλεσε σειρές πειραμάτων με το ίδιο αντικείμενο, πρότεινε έναν νόμο που συνδέει την αίσθηση του μεγέθους με την ένταση του ερεθίσματος (Stevens, 1961). Είναι, επομένως, γνωστό πειραματικά, χωρίς να έχει εξηγηθεί νευροβιολογικά, ότι οι διαστάσεις φυσικών στοιχείων δεν γίνονται γραμμικά αντιληπτές. Ο ίδιος κανόνας ισχύει και στη διάκριση του μεγέθους στις διδιάστατες ή και τριδιάστατες απεικονίσεις. Όμως, στη διαδικασία κατανόησης ενός γραφήματος ή ενός θεματικού χάρτη που απεικονίζει ποσοτικά δεδομένα, οι συγκρίσεις μεγέθους των οπτικών μεταβλητών είναι βασικής σημασίας και οι νοητικές αναπαραστάσεις των μεγεθών έχουν ως αποτέλεσμα παρανοήσεις και λανθασμένες ερμηνείες του γραφήματος ή του θεματικού χάρτη. Ο Kubovy (1981) θεωρεί ότι οι

κυρίαρχες οπτικές μεταβλητές είναι σε μεγαλύτερο βαθμό διακριτές και οι διαφορές μεταξύ πραγματικών και αντιληπτών διαφορών μικρότερες. Η ικανότητα διάκρισης μεγέθους είναι ένα θέμα που έχει ερευνηθεί από χαρτογράφους και έχουν προκύψει οι σχέσεις μεταξύ πραγματικών και αντιληπτικών μεταβολών οπτικών μεταβλητών, όπως π.χ. της έντασης και της υφής, στις οποίες τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν μια σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ της υφής (texture) και της έντασης, όταν οι γκρι εντάσεις δημιουργούν επιφανειακά σύμβολα που έχουν οπτικά αντιληπτές διαφορές κορεσμού (Leonard & Buttenfield, 1989).

- Επιλεκτική προσοχή (selective attention). Κάθε μεταβλητή συνδέεται με μια θέση μέσω δύο μοναδικών συντεταγμένων που απεικονίζουν αυτήν τη θέση. Αυτό κατά τον Kubony σημαίνει πως η θέση λειτουργεί σαν ένα ευρετήριο ή σαν σύστημα αξιολόγησης της οπτικής πληροφορίας, δηλαδή σαν μια μορφή επιλεκτικής προσοχής. Πορίσματα ερευνών υποστηρίζουν πως η προσοχή είναι πιο επιλεκτική στις κυρίαρχες μεταβλητές από ότι στις άλλες οπτικές μεταβλητές, π.χ. κοιτάζοντας έναν χάρτη είμαστε πιο ικανοί να προσεξούμε μια θέση (ανεξάρτητα του σχήματος του συμβόλου), ενώ δεν μπορούμε να κοιτάξουμε εύκολα ένα συγκεκριμένο σχήμα ανεξάρτητα της θέσης του (Posner, et al., 1980). Σύμφωνα με τη θεωρία του Pinker, η επιλεκτική προσοχή της θέσης αποτελείται από έναν μηχανισμό που ενεργοποιεί διάφορους μηχανισμούς αποκωδικοποίησης μέσω των οποίων γίνεται η επεξεργασία της οπτικής ακολουθίας. Ουσιαστικά οι μηχανισμοί αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο στην από «πάνω προς τα κάτω» επεξεργασία του γραφήματος. (Pinker, 1990, σελ. 83).

Οι Νόμοι των Συνόλων Gestalt: Ο Pinker αναφέρεται και στους περιορισμούς που θέτει η κυριαρχία της θέσης στην οπτική αντίληψη των τμημάτων μιας οπτικής ακολουθίας την οποία αναπαριστούν οι μεταβλητές, στο πως οι αριθμητικές μεταβλητές απεικονίζουν φυσικές συνέχειες και στο πως αποκωδικοποιούνται ή επαληθεύονται προβλεπόμενα (χρησιμοποιεί τον όρο predicates) που προκύπτουν από την οπτική ακολουθία. Θεωρεί πως τη λύση στο σημείο αυτό δίνουν οι νόμοι αντιληπτικής οργάνωσης Gestalt (βλ. Κεφ. 8), οι οποίοι δημιουργούν αντιληπτικά σύνολα (Wertheimer, 1938). Αναφέρεται δε σε τέσσερις από αυτούς τους νόμους σύμφωνα με τους οποίους, διακριτά στατικά στοιχεία σε διδιάστατο χώρο γίνονται αντιληπτά σαν να ανήκουν σε ένα σύνολο εάν:

- είναι πλησίον το ένα στο άλλο (αρχή της «εγγύτητας»),
- είναι όμοια μεταξύ τους ως προς μία ή περισσότερες διαστάσεις (αρχή της «ομοιότητας»),
- έχουν ομαλές συνέχειες μεταξύ τους (αρχή της «καλής συνέχειας»),
- υπάρχει μεταξύ τους παραλληλία (αρχή της «κοινής μοίρας»).

Οι αρχές αυτές αποτελούν έναν παράγοντα δημιουργίας αντιληπτικών συνόλων και, επομένως, οπτικών περιγραφών. Στους χάρτες, όμως, παρόλο που η εφαρμογή αυτών των αρχών στη δημιουργία οπτικών συνόλων και σε μικρής διάστασης οπτικό πεδίο και στη θέαση όλου του χάρτη είναι αναμφισβήτητη, δεν έχει γίνει συστηματική έρευνα για τη σχετική δύναμη των νόμων και επομένως δεν είναι γνωστή η σειρά επικράτησης, για παράδειγμα αν η εγγύτητα κυριαρχεί της ομοιότητας (MacEachren, 1995). Στις δυναμικές χωρικές απεικονίσεις και άλλοι νόμοι, όπως η κοινή πορεία (γραφικά στοιχεία που μετακινούνται μαζί), δημιουργούν αντιληπτικό σύνολο.

Η νοητική απεικόνιση του μεγέθους είναι ένας άλλος παράγοντας που επιδρά στη δημιουργία μιας οπτικής περιγραφής. Από σχετικές έρευνες είναι γνωστό ότι τα διάφορα μεγέθη που υπάρχουν σε μια οπτική σκηνή αναπαρίστανται στις οπτικές περιγραφές με συνεχείς κλίμακες διαστήματος. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι οι άνθρωποι μπορούν να αναπαριστούν νοητικά και τα λεκτικά εκφρασμένα μεγέθη, όπως φαίνεται πως δεν μπορούν να θυμούνται περισσότερες από επτά διαφορετικές τιμές του φαινομένου που αντιλαμβάνονται (Miller, 1956). Επίσης, όπως αναφέρει ο Pinker στηριζόμενος στους Kosslyn, Murphy, Bemesderfer & Feinstein (Kosslyn et al., 1977), «όταν τα υποκείμενα κάνουν γρήγορες συγκρίσεις μεταξύ αντικειμένων που θυμούνται, οι αντιδράσεις των υποκειμένων δεν επηρεάζονται από τις ακριβείς τιμές των αντικειμένων που ανήκουν σε διακριτές, γνωστές κατηγορίες» (Pinker, 1990, σελ. 83). Αυτός είναι και ο λόγος που στους θεματικούς χάρτες απεικόνισης ποσοτικών δεδομένων υπάρχει ισχυρή παρότρυνση να χρησιμοποιείται ένα σύνολο έως επτά το πολύ διακριτού μεγέθους σύμβολα, κάθε μέγεθος των οποίων να αντιστοιχεί σε ένα διάστημα τιμών. Ένα άλλο σημείο που επισημαίνεται είναι η διάκριση μεταξύ αναλογικών τιμών, των οποίων η ποσότητα εκφράζεται σε συνεχείς αλλά αυθαίρετα καθορισμένες μονάδες, και απόλυτων τιμών, των οποίων οι μονάδες ορίζονται με σαφήνεια. Οι τιμές των αναλογιών γίνονται δύσκολα αντιληπτές, ενώ οι απόλυτες τιμές

φαίνεται πως γίνονται εύκολα αντιληπτές με ακρίβεια. Επίσης, οι ακραίες τιμές ενός φαινομένου, δηλαδή τα πολύ μεγάλα και τα πολύ μικρά μεγέθη μιας σειράς μεγεθών, ξεχωρίζουν και γίνονται πιο εύκολα αντιληπτές.

Τα συστήματα συντεταγμένων, μέσω των οποίων δημιουργούνται οι νοητικές αναπαραστάσεις, είναι ο τελευταίος παράγοντας που αναφέρει ο Pinker σε σχέση με τη δημιουργία της οπτικής περιγραφής από μια οπτική ακολουθία. Θεωρεί ότι η πολυπλοκότητα της μορφής, οι διαφορές προσανατολισμού και τα διαφορετικά μεγέθη των διαφόρων τμημάτων ενός γραφήματος δεν αφήνουν περιθώρια καταλληλότητας ενός μοναδικού συστήματος συντεταγμένων για τη νοητική απεικόνιση όλων των στοιχείων του γραφήματος. Στηρίζεται, λοιπόν, στη θεωρία των Marr & Nishihara (1978) για την αναγνώριση σχημάτων, υιοθετώντας τις απόψεις τους για τα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στις νοητικές αναπαραστάσεις, κατά τα οποία:

- τα σχήματα και οι θέσεις αναπαρίστανται, νοητικά κυρίως μέσω πολικών ή ορθογώνιων συντεταγμένων,
- οι θέσεις των διαφορετικών στοιχείων μιας σκηνής αναπαρίστανται μέσω ξεχωριστών τοπικών συστημάτων συντεταγμένων, τα οποία (συστήματα συντεταγμένων) επικεντρώνονται σε άλλα τμήματα της σκηνής και όχι σε ένα μοναδικό σύστημα συντεταγμένων.

«Αυτό σημαίνει ότι, στην οπτική περιγραφή οι προδιαγραφές των θέσεων (και επίσης των διευθύνσεων και των παραμετροποιημένων σχημάτων) των αντικειμένων θα απεικονίζονται σε δύο διαφορετικές προτάσεις, εκ των οποίων η μια προδιαγράφει το αντικείμενο στο οποίο επικεντρώνεται το σύστημα συντεταγμένων και η άλλη προδιαγράφει την έκταση ή την ένταση του αντικειμένου μέσα στο σύστημα συντεταγμένων» (Pinker, 1990, σελ. 87). Το ποια αντικείμενα λειτουργούν ως κέντρα συστημάτων συντεταγμένων για άλλα αντικείμενα, δεν μπορεί ακόμα να εξηγηθεί (από τα όσα είναι γνωστά για τη λειτουργία της όρασης). Όμως, σε μια πρώτη προσέγγιση, ο Pinker θέτει ως πιθανές προϋποθέσεις ότι το σύστημα συντεταγμένων επικεντρώνεται στο μεγαλύτερο αντικείμενο και απεικονίζει ένα μικρότερο, ενώ και τα δύο αντικείμενα γίνονται αντιληπτά ως σύνολο μέσω κανόνων Gestalt (π.χ. λόγω εγγύτητας).

Μετά τη δημιουργία μιας οπτικής περιγραφής στο αντιληπτικό σύστημα, ακολουθεί η επεξεργασία της, δηλαδή η αποκωδικοποίηση των γραφικών στοιχείων που την αποτελούν. Μια οπτική περιγραφή δυνητικά περιέχει πολλά στοιχεία. Όμως, υπάρχουν δύο παράγοντες που θέτουν όρια στο μέγεθος της οπτικής περιγραφής που αποκωδικοποιείται. Ο πρώτος είναι η χωρητικότητα της επεξεργασίας (processing capacity). Τα πιο πολλά μοντέλα γνωσιακής επεξεργασίας περιορίζουν τον αριθμό των κόμβων που μπορούν να παραμένουν ενεργοί κάθε στιγμή στη μικρής διάρκειας οπτική αποθήκευση, σε τέσσερις έως εννέα (Anderson & Bower, 1973; Newell & Simon, 1973). Ο δεύτερος παράγοντας είναι η πιθανότητα και ο αυτοματισμός προεπιλεγμένης κωδικοποίησης (default encoding likelihood and automaticity). Ο παράγοντας αυτός αναφέρεται στις από «πάνω προς τα κάτω» διαδικασίες που μπορούν να ενεργοποιηθούν κατά την επεξεργασία της οπτικής περιγραφής. Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η εμπειρία ενός ατόμου στην αναγνώριση συγκεκριμένων μοτίβων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό (και σε χρόνο και σε ακρίβεια) την επεξεργασία μιας αντίστοιχης οπτικής περιγραφής. Με βάση την ανωτέρω ανάλυση, ο Pinker διακρίνει τις οπτικές περιγραφές σε προκαθορισμένες (default visual description), οι οποίες προκύπτουν με από «κάτω προς τα πάνω» διαδικασίες, και σε πλήρεις (complete visual description), που δημιουργούνται από τις προκαθορισμένες, όταν σε αυτές προστεθούν στοιχεία με από «πάνω προς τα κάτω διαδικασίες». Δηλαδή, οι προκαθορισμένες οπτικές περιγραφές προκύπτουν από την αντίδραση των ματιών στα γραφικά στοιχεία που προεξέχουν και για τις πλήρεις οπτικές περιγραφές έχει παρέμβει και κάποια σκέψη (ανάκληση από τη μνήμη) προσθέτοντας στοιχεία στην ερμηνεία της.

9.1.2 Σχήμα Γραφήματος

Το επόμενο στάδιο στη θεωρία κατανόησης του γραφήματος του Pinker αναφέρεται στη δημιουργία του σχήματος γραφήματος (graph schema) (μια πιο εκτενής αναφορά γενικά στα σχήματα γνώσεων γίνεται στην παρ. 9.2). Για να καθορίσει το πώς ακριβώς θα λειτουργεί το σχήμα γραφήματος, ο Pinker ξεκινά από τον ορισμό και τον τρόπο λειτουργίας ενός σχήματος γνώσεων και, αναφερόμενος στους Minsky (1975), Winston (1975), Norman & Rumelhart (1975), Bregman (1977), Schank & Abelson (1977), ορίζει το σχήμα «σαν μια αναπαραστάση ενσωματωμένων στη μνήμη γνώσεων για κάποιο θέμα, που αποτελείται από μια περιγραφή η οποία περιέχει στοιχεία και παραμέτρους άγνωστης έως τη στιγμή αυτή πληροφορίας» (Pinker, 1990, σελ. 94). Έτσι, ένα σχήμα μπορεί να προσδιορίζει και την πληροφορία που αληθεύει για κάποιο απεικονιζόμενο αντικείμενο μιας κατηγορίας και τα είδη των πληροφοριών που θα διαφέρουν μεταξύ των μελών της ίδιας

κατηγορίας. Για παράδειγμα, ένα σχήμα που έχουμε για τα πουλιά, μας κάνει ικανούς να αναγνωρίσουμε ένα πουλί που έως τη στιγμή που το βλέπουμε, δεν έχουμε ξαναδεί.

Με βάση τον ορισμό του σχήματος προκύπτει ότι το σχήμα γραφήματος είναι η δομή οργάνωσης των πληροφοριών που προκύπτουν από το γράφημα, δηλαδή των μεταβλητών και των μεταξύ τους σχέσεων. Ένα σχήμα γραφήματος θα πρέπει:

- να προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα μετατραπούν οι πληροφορίες που βρίσκονται στην οπτική περιγραφή σε εννοιολογικά μηνύματα,
- να προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα μετατραπεί το αίτημα μιας εννοιολογικής ερώτησης μέσα από μια διαδικασία που αξιολογεί τα σχετικά τμήματα της οπτικής περιγραφής και
- να αναγνωρίζει το είδος του γραφήματος που έχει δει.

Ο Pinker περιγράφει το σχήμα γραφήματος σαν μια απεικόνιση μνήμης που ενσωματώνει γνώσεις για κάποιο αντικείμενο, το οποίο περιέχει σημεία ή παραμέτρους άγνωστης πληροφορίας. Για παράδειγμα, το σχήμα που έχει κάποιος αναγνώστης για τον χάρτη είναι μια δομή γνώσεων που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του από την εμπειρία του με τους χάρτες, που του επιτρέπει να κατανοεί έναν χάρτη, ακόμα κι αν έχει κλίμακα, ή προβολή, ή συμβολισμό, που ο αναγνώστης δεν έχει ξαναδεί. Κατά τη διαδικασία ανάγνωσης ενός γραφήματος, σύμφωνα με τη θεωρία, οι προγνωσιακές διαδικασίες μέσω των οποίων δημιουργείται η οπτική ακολουθία προσδιορίζουν και το ποιο σχήμα θα εφαρμοστεί. Η άποψη αυτή είναι κριτικής σημασίας για τον τρόπο αντιμετώπισης του χαρτογραφικού συμβολισμού και των άλλων παραμέτρων του γραφικού σχεδίου, γιατί δείχνει μια άμεση επίδραση των γραφικών στοιχείων στην απόκτηση γνώσεων. Στην ίδια λογική, ο Eastman (1985) έδειξε, μέσω πειραματικής έρευνας με χάρτες, ότι τα γραφικά στοιχεία του χάρτη επηρεάζουν το αν οι πληροφορίες γίνουν αντιληπτές ως σύνολο ή τεμαχισμένα.

Συνοψίζοντας, το μοντέλο που προτείνει ο Pinker ξεκινά από:

- τη θέαση ενός γραφήματος, στο οποίο, μέσω πρόωρων οπτικών διαδικασιών, σχηματίζονται
- οι οπτικές ακολουθίες, οι οποίες μέσω διαδικασιών κωδικοποίησης δημιουργούν
- την οπτική περιγραφή, από την οποία με από πάνω προς τα κάτω διαδικασίες προκύπτει
- το σχήμα γραφήματος, από το οποίο προκύπτουν εννοιολογικά μηνύματα και εννοιολογικά ερωτήματα, τα οποία αναζητούν την επίλυσή τους, παρατηρώντας πάλι την οπτική περιγραφή.

Ο ίδιος επισημαίνει στα συμπεράσματά του ότι «η κατανόηση των γραφημάτων στηρίζεται στις αντιληπτικές και γνωσιακές φυσικές ικανότητες και θα εξελισσεται ανάλογα με την ανάπτυξη αυτών των ικανοτήτων. Θεωρεί ως το πιο εξέχον συμπέρασμα της όλης προσέγγισής του, το ότι η κατανόηση των βασικών γνωσιακών διαδικασιών θα είναι το τελευταίο όριο για την κατανόηση των εφαρμοσμένων γνωσιακών πεδίων και ανεξήγητα αλλά εκτεταμένα φαινόμενα σε εφαρμοσμένα πεδία μπορεί να αποτελέσουν πολύ αποτελεσματικές διαγνώσεις σε σημαντικά κενά σε αυτή τη βασική γνώση.» (Pinker, 1990, σελ. 124).

9.2 Σχήματα γνώσης

Τα σχήματα γνώσης είναι μια υποθετική θεωρία, η οποία δημιουργεί ένα πλαίσιο διερεύνησης του τρόπου με τον οποίο τα άτομα επεξεργάζονται τις πληροφορίες που αντιλαμβάνονται μέσα από τις αισθήσεις τους και τις μετατρέπουν σε γνώσεις. Ο όρος σχήμα (schema πληθ. schemas ή schemata), που στα ελληνικά εκφράζει τη γεωμετρική μορφή των αντικειμένων, επιλέχθηκε για να χαρακτηρίσει τη δομή της γνώσης ή, πιο απλά, τον τρόπο οργάνωσης των γενικών γνώσεων ενός ατόμου, τη δομή που χρησιμεύει στην αναγνώριση, στην κατανόηση και στην ερμηνεία οντοτήτων και εννοιών του κόσμου. Πολύ χαρακτηριστική είναι μια περιγραφή των σχημάτων από τους Emmott & Alexander (2014), σύμφωνα με την οποία «τα σχήματα είναι γνωσιακές δομές που αντιπροσωπεύουν τη γενική γνώση, δηλαδή δομές που δεν περιέχουν πληροφορίες για συγκεκριμένες οντότητες, περιπτώσεις ή γεγονότα, αλλά μάλλον για τη γενική τους μορφή». Παρόλο που οι Mark & Emmott αναφέρονται στα σχήματα που ενεργοποιούνται στην ανάγνωση κειμένων, εντούτοις είναι μια περιγραφή που προσδιορίζει με κάθε δυνατή σαφήνεια τη νοητική αυτή λειτουργία. Μια σύντομη αναφορά στους μελετητές που πρότειναν και ερεύνησαν αυτό το επιστημονικό αντικείμενο δίνει μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για τον ρόλο τους στην απόκτηση γνώσης.

Στη φιλοσοφία, τα σχήματα αναφέρονται καταρχάς ως έννοια από τον Πλάτωνα και τον Αριστοτέλη (Marshall, 1995). Με τον όρο σχήμα, ο Immanuel Kant (1929) ορίζει τις οργανωτικές δομές που χρησιμοποιούν

οι άνθρωποι για να δουν και να ερμηνεύσουν τον κόσμο (όπ. αναφ. στον Johnson, 1987). Στην ψυχολογία τα σχήματα πρωτοαναφέρονται στη θεωρία Gestalt από τους Wertheimer (1923) και Koffka (1935). Το 1923, ο ψυχολόγος Jean Piaget (1976), γνωστός για τη θεωρία της γνωσιακής ανάπτυξης των παιδιών, ήταν αυτός που όρισε τα σχήματα ως βασικές μονάδες γνώσης, οι οποίες λειτουργούν ως πλαίσιο μέσω του οποίου το άτομο ταξινομεί και ερμηνεύει τον κόσμο. Σύμφωνα, λοιπόν, με τον Piaget, τα σχήματα σχετίζονται με όλες τις πτυχές του κόσμου και εξελίσσονται μέσα από τις εμπειρίες. Υπάρχουν περιορισμοί σε αυτά που μπορεί να αφομοιώσει ένα παιδί σε κάθε στάδιο ανάπτυξης και αυτό αναφέρεται και στην ποσότητα των πληροφοριών αλλά και στον βαθμό δυσκολίας τους. Εδώ αξίζει να επισημανθεί ότι ο σχεδιασμός χαρτών για τα σχολικά βιβλία και τους σχολικούς άτλαντες πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψη τους περιορισμούς στη δυνατότητα των παιδιών να κατανοήσουν όλες τις γεωγραφικές έννοιες, και πολύ περισσότερο τις αφαιρετικές αναπαραστάσεις τους. Οι έρευνες του Piaget ήταν όλες συνδεδεμένες με τα διακριτά στάδια ανάπτυξης των παιδιών, ως το στάδιο ολοκλήρωσής της. Όμως, η ύπαρξη διακριτών σταδίων στην ανάπτυξη των παιδιών αμφισβητήθηκε στη συνέχεια. Έτσι, σύμφωνα με άλλους ψυχολόγους μελετητές, που προσεγγίζουν τη θεωρία των σχημάτων από θεωρητική βάση, τα σχήματα διαδραματίζουν ισχυρό ρόλο στη γνωσιακή εξέλιξη σε όλη τη διάρκεια της ζωής των ατόμων, εξελίσσονται με νέες εμπειρίες και με καινούριες πληροφορίες σε ένα «συνεχές χρονικό πλαίσιο» (Widmayer, 2004).

Το 1932, ο ψυχολόγος Frederic Bartlett ερεύνησε μέσα από πειράματα τον ρόλο που διαδραματίζουν τα σχήματα στη μνήμη των ανθρώπων, συμπεραίνοντας ότι τα σχήματα (αυτός τα ορίζει ως νοητικές κατασκευές οργάνωσης των εννοιών) βοηθούν τους ανθρώπους να επεξεργάζονται και να θυμούνται πληροφορίες. Όπως έχουν συμπεράνει οι ψυχολόγοι, τα σχήματα αλλάζουν πιο εύκολα στην παιδική ηλικία παρά στην ενήλικη. Όσο μεγαλώνει ένα άτομο με τις γνώσεις του εξελίσσει τα σχήματά του, που τον βοηθούν να αντιλαμβάνεται πολύπλοκες και αφαιρετικές έννοιες και να λύνει σύνθετα προβλήματα. Κάθε νέα πληροφορία που γίνεται αντιληπτή μέσω των αισθήσεων, αν ταιριάζει με ένα ήδη υπάρχον σχήμα, ερμηνεύεται και το επηρεάζει (το αλλάζει), όμως αν δεν υπάρχει σχετικό σχήμα στον εγκέφαλο, τότε ή δημιουργείται κάποιο νέο σχήμα ή η πληροφορία ξεχνιέται (Bartlett, 1932). Για παράδειγμα, αν ένα άτομο έχει ένα σχήμα για μια περιοχή και δει έναν χάρτη της περιοχής με νέες πληροφορίες, αν έχει ήδη το σχήμα (γνώση της περιοχής) θα τις προσθέσει σε αυτό τροποποιώντας το, αν όμως δεν έχει σχήμα (του είναι άγνωστη η περιοχή) θα δημιουργήσει ένα νέο σχήμα.

Τις δεκαετίες 1970 και 1980, που υπήρξε έντονη ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, στο πλαίσιο της γνωσιακής ψυχολογίας και των ερευνών για τον τρόπο σκέψης και συμπεριφοράς των ατόμων, αναπτύχθηκαν οι σύγχρονες απόψεις για τα σχήματα γνώσεων, σύμφωνα με τις οποίες τα σχήματα:

- είναι οι νοητικές αναπαραστάσεις που κάνουν εφικτή την οργάνωση των γνώσεων σε κατηγορίες,
- είναι νοητικές συντομεύσεις με θετικές και αρνητικές συνέπειες στη συμπεριφορά,
- αναφέρονται σε νοητικές αναπαραστάσεις ανθρώπων, αντικειμένων, γεγονότων, καταστάσεων,
- μεταβάλλονται, ενσωματώνοντας νέες πληροφορίες μέσα από νέες εμπειρίες (Schank, 1982),
- θέτουν τους κανόνες για την ερμηνεία ενός λόγου, ο λόγος όμως μπορεί να προκαλέσει τα υπάρχοντα σχήματα και να δημιουργήσει νέα (Rumelhart & Norman, 1985).

9.2.1 Χαρακτηριστικά σχημάτων

Ο Rumelhart (1984) αναφέρεται σε έναν εννοιολογικό ορισμό των σχημάτων ως δομών που αναπαριστούν ευρείες έννοιες στη μνήμη. Με βάση δε αυτόν τον ορισμό, προσδιορίζει ως σημαντικά τα εξής χαρακτηριστικά των σχημάτων:

- είναι ενεργές διαδικασίες,
- είναι μέσα αναγνώρισης και επεξεργασίας πληροφοριών, εφόσον αξιολογούν το πόσο καλά ταιριάζουν οι νέες πληροφορίες στα υπάρχοντα σχήματα,
- αναπαριστούν γνώσεις και όχι ορισμούς,
- αναπαριστούν γνώσεις σε όλα τα επίπεδα αφάιρεσης,
- μπορούν να ενσωματωθούν το ένα στο άλλο,
- έχουν μεταβλητές.

Ας προσπαθήσουμε να αναγνωρίσουμε τα ανωτέρω χαρακτηριστικά, κατά τη διαδικασία ανάγνωσης μιας χωρικής απεικόνισης, με κάποια παραδείγματα. Ένας αναγνώστης έχοντας γνώση της έννοιας του πλέγματος των μεσημβρινών και παραλλήλων και του τρόπου που απεικονίζονται με τεμνόμενες γραμμές στον

χάρτη (δηλαδή ένα σχήμα), αυτόματα (δηλαδή μέσω ενεργούς διαδικασίας) θα αναγνωρίσει το πλέγμα των μεσημβρινών και παραλλήλων. Όταν αναγνωρίζει το πλέγμα δεν ανακαλεί τον ορισμό του, αλλά μάλλον την εικόνα του που υπάρχει στη μνήμη, τη γνώση που υπάρχει για το πλέγμα με την εικόνα των τεμνόμενων γραμμών. Μια περιοχή που ο αναγνώστης ήδη ξέρει θα την αναγνωρίσει με μια ματιά σε έναν χάρτη και αντίστοιχα με ευκολία θα επεξεργαστεί τις οντότητες που απεικονίζονται σε αυτήν. Θα αναγνωρίσει μια περιοχή που ξέρει το σχήμα της, ακόμα και αν αυτή απεικονίζεται ως χαρτόγραμμα, το οποίο δημιουργείται σε μεγάλο επίπεδο αφαίρεσης, διαστρεβλώνοντας σε μεγάλο βαθμό το σχήμα της περιοχής. Θα αναρωτηθεί για πληροφορίες που απεικονίζει ο χάρτης και δεν γνωρίζει, θα τις προσθέσει ίσως στις γνώσεις του για την περιοχή, ίσως όμως και να τις αμφισβητήσει, αν δεν του μοιάζουν λογικές.

Σύμφωνα με τη θεωρία των σχημάτων οι γνώσεις δεν αποθηκεύονται απαραίτητα στη μνήμη ιεραρχικά. Θεωρείται πιθανότερο ότι οι γνώσεις κατευθύνονται μέσω των νοημάτων που περιέχουν και αναπαρίστανται σε προτασιακή μορφή, την οποία δημιουργεί το άτομο που δέχεται τις γνώσεις (Nickerson, 2021).

9.2.2 Τύποι σχημάτων

Μελετώντας τα σχήματα οι ψυχολόγοι έχουν προτείνει διάφορες τυποποιήσεις, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Σύμφωνα με την Nickerson (2021) τα σχήματα διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τύπους:

- Σχήματα αντικειμένων (object schemata): με αυτά επιτυγχάνονται η αναγνώριση και η ερμηνεία της λειτουργίας των αντικειμένων. Ένα απλό σχήμα αντικειμένου καθιστά δυνατή τη μέτρηση μιας απόστασης με μια μετροταινία, ένα πιο σύνθετο σχήμα αντικειμένου καθιστά δυνατή τη μέτρηση με έναν γεωδαιτικό σταθμό.
- Αυτοσχήμα (self-schema): όρος που αναφέρεται στη γνώση που έχει ένα άτομο για τον εαυτό του, γνώση που έχει προκύψει από την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον και τα άτομα που έρχεται σε επαφή. Είναι ένα σχήμα που βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη, σε όλη τη διάρκεια της ζωής του ατόμου (Lemme, 2006).
- Σχήματα γεγονότων (event schemata): αναφέρονται και ως γνωσιακά σενάρια, τα οποία είναι περιγραφές ακολουθίας συμπεριφορών, γεγονότων και καθημερινών δραστηριοτήτων. Αποτελούν μια βάση για τις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Τα σχήματα γεγονότων επηρεάζονται πολύ από τις τοπικές συνήθειες, λειτουργούν αυτόματα και δύσκολα αλλάζουν.
- Σχήματα ρόλων (role schemata): αποτελούνται από τις γνώσεις που έχει το άτομο για τις διάφορες συμπεριφορές σε συγκεκριμένες καταστάσεις.

9.2.3 Σχήματα και Πολιτισμοί

Τα σχήματα κάθε ατόμου μπορούν να διακριθούν βάσει δύο πλευρών. Μια προσωπική (υποκειμενική) πλευρά επηρεασμένη από τις εμπειρίες κάθε ατόμου, αλλά και μια κοινωνική (αντικειμενική) πλευρά επηρεασμένη από τις συνήθειες της τοπικής κουλτούρας της κοινωνίας. Κάθε άτομο αναπτύσσει σχήματα για το δικό του πολιτισμικό περιβάλλον, όπως και σχήματα για άλλα περιβάλλοντα, και το σύνολο αυτών των σχημάτων διαμορφώνει την πολιτισμική του ταυτότητα. Μπορεί να αναπτύξει και σχήματα που υποστηρίζουν την πολιτισμική κατανόηση. Τα σχήματα αυτά έχουν μια δυναμική, μπορούν να αναθεωρηθούν επηρεασμένα από νέες εμπειρίες και πληροφορίες. Διαφέρουν από τα στερεότυπα που είναι αμετάβλητα και έχουν την τάση να απλοποιούν καταστάσεις και να αγνοούν διαφορές (Renstch et al., 2009).

Σε σχέση με τους χάρτες, γενικότερα με όλων των ειδών τις χωρικές απεικονίσεις, ο διεθνής χαρακτήρας της χαρτογραφικής γλώσσας δημιουργεί υποχρέωση να λαμβάνονται υπόψη οι πολιτισμικές διαφορές των αναγνωστών των χαρτών που μπορούν να οδηγήσουν σε ηθελημένες ή αθέλητες παρανοήσεις.

9.2.4 Εφαρμογές – αντιρρήσεις

Τα σχήματα αποτελούν ένα πλαίσιο προσέγγισης του τρόπου που επεξεργάζονται οι άνθρωποι τη γνώση, του τρόπου που αισθάνονται, που σκέφτονται και συμπεριφέρονται στην κοινωνία. Υπάρχει η άποψη πως εκτός από τα σχήματα, οι άνθρωποι χρησιμοποιούν και νοητικά – δυναμικά μοντέλα που έχουν οι ίδιοι αναπτύξει, βασισμένα στα δικά τους σχήματα, τις εμπειρίες και τις δυνατότητες που έχουν αναπτύξει (Driscoll, 1994). Επίσης, φαίνεται πως οι άνθρωποι γενικά θεωρούν τα δικά τους σχήματα ως αντικειμενικές αλήθειες, χωρίς να

συνειδητοποιούν ότι είναι τα δικά τους σχήματα που επηρεάζουν την πρόσληψη κάθε νέας εμπειρίας (Nickerson, 2021). Έχουν όμως εκφραστεί και αντιρρήσεις για την αποτελεσματικότητα της θεωρίας των σχημάτων. Συγκεκριμένα, έχει χαρακτηριστεί αδύνατη ως επιστημονική θεωρία, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω χαρακτηριστικά της:

- παρέχει λίγες υποθέσεις για τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται στην πραγματικότητα η διαδικασία απόκτησης γνώσεων,
- μην έχοντας περιορισμούς, εξηγεί εν γένει οποιαδήποτε πειραματική έρευνα,
- έχει μεγάλη ευελιξία και δεν μπορεί να ελεγχθεί ως επιστημονική θεωρία,
- προσδιορίζει λεπτομερείς διαδικασίες για τον τρόπο δημιουργίας σχημάτων (Thorndyke & Yekovich, 1979).

9.3 Νοητικές κατηγοριοποιήσεις

Η κατηγοριοποίηση είναι μια απαραίτητη διαδικασία που πρέπει να εφαρμοστεί στο στάδιο επεξεργασίας των χωρικών οντοτήτων, όταν αυτά πρόκειται να απεικονιστούν σε έναν χάρτη. Παρόλο που σε μια πρώτη προσέγγιση, η κατηγοριοποίηση χωρικών οντοτήτων μπορεί να θεωρηθεί αυτονόητη, δεν είναι διόλου δεδομένη και συχνά διόλου εύκολη. Αν αφαιρέσουμε τους χάρτες γενικής χρήσης (π.χ. τους τοπογραφικούς) και τους χάρτες ειδικού αντικειμένου (π.χ. τους γεωλογικούς ή τους μετεωρολογικούς), σε πολλές περιπτώσεις, κυρίως θεματικών απεικονίσεων, ο χαρτογράφος, επιθυμώντας ο αναγνώστης του χάρτη να αναγνωρίσει εύκολα και αποτελεσματικά τις κατηγορίες των οντοτήτων που απεικονίζονται, θα αναρωτηθεί για το αν η δική του κατηγοριοποίηση συμπίπτει με αυτήν του αναγνώστη. Επίσης, στην κατηγοριοποίηση ποσοτήτων η δυσκολία επιλογής ανάγεται στον τρόπο με τον οποίο γίνονται αντιληπτές και ερμηνεύονται οι απεικονίσεις των διαφόρων μεγεθών (μήκους, ύψους, επιφάνειας, όγκου, απόλυτων τιμών ή λόγων). Σε γνωσιακό επίπεδο, ο τρόπος κατηγοριοποίησης επηρεάζει τα σχήματα των γνώσεων (knowledge schemata) που υπάρχουν στη μνήμη και τα οποία ενεργοποιούνται όταν γίνεται προσπάθεια κατανόησης μιας οπτικής περιγραφής, με άλλα λόγια όταν πρόκειται να ερμηνευθεί ένας χάρτης.

9.3.1 Κλασική προσέγγιση (Classical approach)

Η ικανότητα κατηγοριοποίησης βρίσκεται στον πυρήνα της ανθρώπινης απόκτησης γνώσεων και εμπειριών. Οι κατηγορίες είναι ομάδες διακριτών αφηρημένων εννοιών ή συγκεκριμένων αντικειμένων, τις οποίες το γνωσιακό σύστημα αντιμετωπίζει ως ισοδύναμα για κάποιο σκοπό. Η διατήρηση στη μνήμη και η χρήση κατηγοριών γίνονται μέσω των νοητικών αναπαραστάσεων, οι οποίες κωδικοποιούν βασικές πτυχές των μελών της κατηγορίας (Murphy & Medin, 1985). Η ικανότητα κατηγοριοποίησης φαίνεται πως είναι έμφυτη στον άνθρωπο. Το παιδί από τη νηπιακή ηλικία κατηγοριοποιεί, παίζοντας με αντικείμενα που έχουν κοινά χαρακτηριστικά, χωρίς αυτό να του έχει υποδειχθεί. Στη φιλοσοφία, η πρώτη αναφορά στην κατηγοριοποίηση απαντάται στον Αριστοτέλη. Από την εποχή του έως τα μέσα του 20ού αιώνα επικράτησε, χωρίς να αμφισβητηθεί η άποψή του, η «κλασική προσέγγιση», μια άποψη σύμφωνα με την οποία:

- οι κατηγορίες παρομοιάζονται με δοχεία αποθήκευσης, στα οποία τα διάφορα αντικείμενα είτε βρίσκονται εντός του δοχείου, είτε βρίσκονται έξω από αυτό,
- τα μεμονωμένα αντικείμενα ή γενικά οι μεμονωμένες οντότητες ανήκουν στην ίδια κατηγορία μόνον εάν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με την κλασική προσέγγιση στη φύση υπάρχουν κατηγορίες (όπως είναι π.χ. οι ταξινομίες στη βιολογία ή τα χρώματα) και αν είμαστε επιμελείς και εφευρετικοί μπορούμε να τις ανακαλύψουμε. Στηρίζεται στην άποψη ότι μια κατηγορία προσδιορίζεται από ένα σύνολο οριζόμενων κριτηρίων. Κατά τους Medin & Smith (1981), την κλασική προσέγγιση υποστηρίζουν τρεις υποθέσεις:

- η περιληπτική αναπαράσταση,
- τα αναγκαία και ουσιαστικά χαρακτηριστικά,
- το «φώλιασμα» των χαρακτηριστικών ή η κληρονομιά των αντιπροσωπευτικών χαρακτηριστικών.

Η πρώτη αναφορά αμφισβήτησης της κλασικής προσέγγισης σημειώνεται τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, όταν ο Clark Hull αντιμετώπισε δυσκολίες στον ορισμό των ουσιαστικών χαρακτηριστικών (Bruner et

al., 1999). Τη βασική αμφισβήτηση, όμως, προκάλεσε η Rosch με τις έρευνές της για την ονομασία των χρωμάτων (Rosch et al., 1976).

9.3.2 Θεωρία των πρωτοτύπων (Prototype theory)

Η θεωρία των πρωτοτύπων στην κατηγοριοποίηση ξεκίνησε το 1973 από μελέτες στο πλαίσιο της γνωσιακής ψυχολογίας, οι οποίες και αναθεώρησαν την άποψη της κλασικής προσέγγισης που επικρατούσε όλα αυτά τα χιλιάδες χρόνια. Συγκεκριμένα, η κλασική προσέγγιση αμφισβητήθηκε από την Eleanor Rosch και τους συνεργάτες της (Rosch et al., 1976), η δε αμφισβήτηση στηρίχθηκε σε δύο υποθέσεις:

- Εάν οι κατηγορίες καθορίζονται από αυστηρά προσδιορισμένες ιδιότητες και όλα τα μέλη μιας κατηγορίας μοιράζονται τις ίδιες ιδιότητες, τότε κανένα μέλος δεν μπορεί να είναι πιο αντιπροσωπευτικό της κατηγορίας του από τα άλλα μέλη.
- Εάν οι κατηγορίες καθορίζονται από ιδιότητες σύμφυτες σε όλα τα μέλη τους, τότε η κατηγοριοποίηση δεν θα πρέπει να επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων που την εφαρμόζουν, όπως είναι οι αντιληπτικές και νοητικές ικανότητες ή οι πολιτισμικές συνήθειες.

Μετά από μια σειρά πειραματικών ερευνών πρόκυψε το συμπέρασμα ότι οι υποθέσεις δεν ίσχυαν στην πράξη, οπότε και κατέληξαν στα εξής σημεία:

- Οι κατηγοριοποιήσεις των φυσικών οντοτήτων που κάνουν οι άνθρωποι δεν είναι αυθαίρετες, αντιθέτως είναι προϊόν υψηλού επιπέδου επεξεργασίας.
- Στις ταξινομήσεις των φυσικών αντικειμένων υπάρχει ένα πεδίο αοριστίας, στο οποίο γίνονται οι πιο βασικές αφαιρέσεις χαρακτηριστικών και προκύπτουν τα βασικά αντικείμενα της κατηγορίας.
- Τα βασικά αντικείμενα της κατηγορίας περιέχουν τις περισσότερες πληροφορίες, έχουν τη μεγαλύτερη εγκυρότητα της κατηγορίας, έχουν τις περισσότερες διαφορές μεταξύ των κατηγοριών.
- Τα βασικά αντικείμενα φαίνονται πιο αντιπροσωπευτικά της μορφής μιας κατηγορίας, είναι τα πρώτα που κατηγοριοποιούνται κατά την αντίληψη του περιβάλλοντος, τα πρώτα που ονοματίζουν τα παιδιά και τα πρώτα που κατατάσσουν σε διαφορετικά είδη, τα πιο εύκολα να κωδικοποιηθούν και τα πιο απαραίτητα στη καθημερινή ομιλία.

Η θεωρία που προέκυψε από την αμφισβήτηση της κλασικής προσέγγισης ονομάστηκε «θεωρία των πρωτοτύπων» (prototype theory), ακριβώς επειδή βασίζεται στην έννοια του πρωτότυπου, ενός βασικού αντικειμένου, που αποτελεί τυπικό παράδειγμα μιας κατηγορίας. Το πρωτότυπο μπορεί και να μην υφίσταται στην πραγματικότητα, αλλά συγκεντρώνει τις απαραίτητες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα μέλη της κατηγορίας. Έτσι, ενώ στην κλασική προσέγγιση υπάρχει η άποψη ότι μεμονωμένα αντικείμενα ανήκουν στην ίδια κατηγορία μόνον εάν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά, στη θεωρία των πρωτοτύπων δεν θεωρείται απαραίτητο τα μέλη μιας κατηγορίας να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Απλά υπάρχει η υπόθεση ότι το σύνολο των ιδιοτήτων ενός πρωτότυπου αντιπροσωπεύει εκείνες τις ιδιότητες, ο συνδυασμός των οποίων αντιπροσωπεύει τα πιο τυπικά και διακριτά χαρακτηριστικά της κατηγορίας (Roth & Frisby, 1986).

Οικογενειακή ομοιότητα (Family resemblance): Οι έννοιες όμως που εκφράζονται στη κλασική προσέγγιση για την ύπαρξη κατηγοριών, αμφισβητήθηκαν από τον Wittgenstein (1953), ο οποίος ερευνώντας την ουσία της γλώσσας διατυπώνει την άποψη ότι υπάρχουν αντικείμενα που υποτίθεται ότι συνδέονται μέσω ενός κοινού χαρακτηριστικού, αλλά όμως στην πραγματικότητα δεν έχουν κανένα κοινό χαρακτηριστικό και συνδέονται μόνο από αλληλοκαλυπτόμενες ομοιότητες. Δίνει ως παράδειγμα τη λέξη «παιχνίδι», στην οποία εντάσσονται δραστηριότητες που δεν έχουν κοινά χαρακτηριστικά π.χ. ομάδες παιχνιδιών αθλητικά, ομαδικά, εκπαιδευτικά, επιτραπέζια, ανταγωνιστικά και ψυχαγωγικά, απλώς κάποια από αυτά εμφανίζουν κάποιες ομοιότητες. Παρομοίασε τα παιχνίδια με τα μέλη μιας οικογένειας, εκ των οποίων κάποια πρόσωπα μπορεί να μοιράζονται το ίδιο χαρακτηριστικό (π.χ. χρώμα ματιών) και κάποια όχι, και χρησιμοποίησε τον όρο «οικογενειακή ομοιότητα» για να θεμελιώσει την άποψή του πως κάποιες κατηγορίες δεν προσδιορίζονται από κοινές ιδιότητες αλλά από οικογενειακή ομοιότητα, ακριβώς όπως τα μέλη μιας οικογένειας. Αναγνωρίζει δε διάφορα επίπεδα ομοιότητας, ένα ή πολλά όμοια χαρακτηριστικά, κάποια μεγάλη ή μικρή ομοιότητα. Η οικογενειακή ομοιότητα ως βάση κατηγοριοποίησης είναι πιο ευέλικτη από την κλασική προσέγγιση, γιατί:

- επιτρέπει σε μέλη μιας κατηγορίας να μην έχουν κοινές ιδιότητες,

- επιτρέπει σε μέλη μιας κατηγορίας να έχουν συνδέσεις και με άλλες κατηγορίες,
- επιτρέπει την εισαγωγή σε μια κατηγορία νέων μελών (που έχουν προκύψει από εξέλιξη της επιστήμης ή της τεχνολογίας).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που αναφέρει ο Wittgenstein για την εισαγωγή νέων μελών σε μια κατηγορία είναι οι αριθμοί, στον οποίων την κατηγορία έχουν ενταχθεί πολλά είδη, τα οποία δεν υπήρχαν τη στιγμή δημιουργίας της κατηγορίας και εισαγωγής του όρου «αριθμός», όμως προέκυψαν με την εξέλιξη των μαθηματικών και με την ένταξή τους στην κατηγορία των «αριθμών». Με τον τρόπο αυτό επεκτείνεται και η δική μας άποψη για την έννοια των αριθμών. Στην ίδια λογική ο Stephen Hall (1992) θεωρεί πως στην κατηγορία «χάρτης», αν παρακολουθήσει κανείς τους ορισμούς που δίνονται διαχρονικά από την ICA (International Cartographic Association), έχουν ενταχθεί πολλές μορφές απεικονίσεων (δηλαδή νέα μέλη στην κατηγορία χάρτης) που δεν υπήρχαν την εποχή της αρχικής κατηγοριοποίησης (του ορισμού του χάρτη) και προέκυψαν από την εφαρμογή της ψηφιακής τεχνολογίας.

Ασαφείς κατηγορίες (Fuzzy categories): Το 1965 ο Zadeh ανέπτυξε (στο πλαίσιο των ασαφών μαθηματικών) τη θεωρία του ασαφούς συνόλου (theory of fuzzy set), σύμφωνα με την οποία η ένταξη ενός μέλους σε μια κατηγορία δεν είναι μια απλή συνάρτηση, «εντός ή εκτός της κατηγορίας» (0ή1), αλλά πρότεινε τη διακύμανση όλων των τιμών μεταξύ 0 και 1 για να ορίσει τη συνάρτηση της πιθανότητας ένταξης. Η θεωρία αποτέλεσε βάση για εφαρμογές σε πολλά επιστημονικά πεδία. Το 1973 ο Labov εξέφρασε αμφιβολίες για την κλασική προσέγγιση στην κατηγοριοποίηση, εντοπίζοντας ασάφειες στον καθορισμό των ορίων κάποιων κατηγοριών (Labov, 1973). Με πειραματικές έρευνες έδειξε ότι:

η αντίληψη των ανθρώπων για την κατηγοριοποίηση αντικειμένων είναι μια δυναμική διαδικασία, η διαδικασία της ένταξης σε κατηγορίες επηρεάζεται από το πλαίσιο μέσα στο οποίο παρουσιάζεται ένα αντικείμενο σε έναν παρατηρητή, κυρίως όταν το αντικείμενο βρίσκεται κοντά στα όρια μιας κατηγορίας.

Οι χαρτογράφοι συχνά έρχονται αντιμέτωποι με τέτοιου είδους ασάφειες. Χαρακτηριστικό δείγμα αποτελεί η κατάταξη των γεωγραφικών οντοτήτων σε κλίμακα τάξης, στην οποία τα όρια της συνήθους πρακτικής κατηγοριοποίησης των χαρακτηρισμών, «μικρό-μεσαίο-μεγάλο» ή «χαμηλό-μέτριο-υψηλό», δεν είναι πάντα εύκολο να εφαρμοστούν. Ο MacEachren (1995) αναφέρεται σε δύο πειραματικές έρευνες (Downs et al., 1988; Vasiliev et al., 1990) που αναδεικνύουν την ύπαρξη ασάφειας στην κατηγορία του όρου «χάρτης». Σε μια άλλη σχετική έρευνα των Downs & Liben (1987) παρουσιάζεται μια μεγάλη διαφορά μεταξύ παιδιών και ενηλίκων στην κατάταξη ενός χάρτη μεγάλης κλίμακας στην κατηγορία «χάρτης»: όλοι οι ενήλικες τον κατατάσσουν ως χάρτη, τα παιδιά όμως, σε ποσοστό 50%, όχι. Εξάγουν το συμπέρασμα ότι η αντίληψη των ανθρώπων για τις κατηγορίες μάλλον αλλάζει με την εμπειρία. Η θεωρία του ασαφούς συνόλου εφαρμόζεται και στα Σ.Γ.Π., εκφράζοντας την αβεβαιότητα στη διαδικασία κατηγοριοποίησης.

Η Επίδραση της τυπικότητας στην κατηγοριοποίηση (Typicality effects in category): Σύμφωνα με τη θεωρία των πρωτοτύπων, τα μέλη μιας κατηγορίας δεν είναι όλα στον ίδιο βαθμό αντιπροσωπευτικά της κατηγορίας, με την έννοια ότι δεν θεωρείται κάθε μέλος της κατηγορίας το ίδιο καλό παράδειγμα για αυτήν. Αντίθετα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας διαβαθμισμένης δομής της κατηγορίας, κατά την οποία τα μέλη αξιολογούνται ως τυπικά (τα αντιπροσωπευτικά) ή άτυπα (λιγότερο αντιπροσωπευτικά), ανάλογα με τη θέση τους στη δομή (Rosch, 1973; Rosch & Mervis, 1975). Για παράδειγμα, ένας γλάρος είναι πιο τυπικό μέλος της κατηγορίας «πουλί» απ' ό,τι ένας πιγκουίνος και ένας τοπογραφικός χάρτης είναι τυπικό μέλος της κατηγορίας «χάρτης», ένας χωροπληθής χάρτης είναι λιγότερο τυπικό μέλος (σε σχέση με τον τοπογραφικό), ενώ ο χάρτης του μετρό είναι ένα άτυπο μέλος της ίδιας κατηγορίας. Η τυπικότητα είναι μια ισχυρή ιδιότητα των μελών μιας κατηγορίας που αντικατοπτρίζει τη δομή της. Επομένως, η τυπικότητα:

- θεωρείται μία από τις βασικές ιδιότητες μιας κατηγορίας,
- αντικατοπτρίζει τη δομή της κατηγορίας.

Επίσης:

- τα τυπικά μέλη δίνουν περισσότερες πληροφορίες για την κατηγορία,
- τα τυπικά μέλη μιας κατηγορίας ανακαλούνται πιο εύκολα και με μεγαλύτερη ακρίβεια από τα άτυπα,

- τα τυπικά μέλη έχουν χαρακτηριστικά που μοιράζονται με σχεδόν όλα (αν όχι με όλα) τα μέλη της κατηγορίας,
- τα άτυπα μέλη έχουν λιγότερα χαρακτηριστικά που μοιράζονται με τα άλλα μέλη της κατηγορίας,
- τα άτυπα μέλη μιας κατηγορίας έχουν και ιδιότητες που συναντώνται σε μέλη άλλων κατηγοριών,
- η κλίση τυπικότητας (που δημιουργείται κατά την κατάταξη των μελών μιας κατηγορίας με βάση τις μεταξύ τους διαφορές τυπικότητας) θεωρείται ότι αντικατοπτρίζει την εσωτερική ιδιότητα μέλους μιας έννοιας, δηλαδή ένα χαρακτηριστικό της έννοιας ανεξάρτητο από τις άλλες έννοιες (Fujihara et al., 1998).

Πειραματικές έρευνες έχουν δείξει ότι η τυπικότητα επηρεάζει τη διαδικασία της κατηγοριοποίησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα επίδρασης της τυπικότητας στη διαδικασία κατηγοριοποίησης, ιδιαίτερα σχετικό με τις απεικονίσεις, αποτελεί η θεωρία των βασικών χρωματικών όρων, των Brent Berlin και Paul Kay, που αναπτύχθηκε το 1969 στο πλαίσιο της φιλοσοφίας. Σύμφωνα με τη θεωρία, όλες οι γλώσσες που μιλιούνται σε όλον τον κόσμο χρησιμοποιούν ως λέξεις για τα διάφορα χρώματα (αποχρώσεις) ολόκληρο ή μέρος από ένα σύνολο εννοιών για το χρώμα και οι λέξεις αυτών των εννοιών εξελίσσονται σε μια περιοριστική σειρά (Hardin, 2013). Η θεωρία εισάγει τον όρο «βασικό χρώμα», για τον οποίο ισχύουν τα εξής:

- είναι μία μοναδική λέξη,
- η λέξη χαρακτηρίζει την απόχρωση (το χρώμα όπως λέμε) μιας μεγάλης γκάμας αντικειμένων,
- χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ανθρώπους που έχουν τη γλώσσα αυτή ως μητρική.

Επομένως, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του βασικού χρώματος, στα ελληνικά το «πράσινο λαδί» ή το «μπλε ρουά» δεν είναι βασικά χρώματα, ενώ το «πράσινο» και το «μπλε» είναι. Οι γλώσσες των αναπτυγμένων χωρών έχουν πάρα πολλές λέξεις για τα χρώματα, αλλά πολύ λίγες λέξεις βασικού χρώματος, π.χ. η αγγλική γλώσσα έχει έντεκα λέξεις και οι σλαβικές γλώσσες έχουν δώδεκα (Hajibayona, 2013). Στις αποκλειστικά ομιλούμενες γλώσσες, όπως και στις γλώσσες κάποιων φυλών, οι λέξεις των βασικών χρωμάτων μπορεί να είναι μόνο δύο ή τρεις, με δηλώσεις όμως που εκτείνονται σε πολύ μεγαλύτερες περιοχές χρωματικού χώρου από αυτές των δηλώσεων των περισσότερων μοντέρνων γλωσσών. Επίσης, ανακατασκευές πιο πρόσφατων λεξιλογίων μοντέρνων γλωσσών δείχνουν πως προστίθενται νέες λέξεις βασικών χρωμάτων. Στο πρώτο στάδιο των γλωσσών που έχουν δύο όρους, αυτοί αναφέρονται πάντα στο άσπρο και το μαύρο. Στο δεύτερο στάδιο προστίθεται η λέξη για το κόκκινο. Στο τρίτο και τέταρτο, εμφανίζονται λέξεις για το πράσινο και κίτρινο (σε κάποιες γλώσσες προηγείται το πράσινο, σε άλλες το κίτρινο). Στο πέμπτο στάδιο εμφανίζεται η λέξη για το μπλε, στο έκτο για το καφέ και στο έβδομο λέξεις για το πορτοκαλί, ροζ, μωβ και γκρι χωρίς συγκεκριμένη σειρά. Κατά τους Berlin και Kay η πλήρης σειρά των βασικών χρωμάτων είναι μαύρο, άσπρο, κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε, καφέ, μωβ, ροζ, πορτοκαλί και γκρι. Το φαινόμενο δεν έχει εξηγηθεί. Έχουν δοθεί πιθανές ερμηνείες, οι οποίες δεν είναι αναγκαία αλληλοαναιρούμενες, καθώς το φαινόμενο προσεγγίζεται από διαφορετικές επιστημονικές αφετηρίες. Έως σήμερα, θεωρείται πως βιολογικοί, πολιτισμικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες πρέπει να υπεισέρχονται στην εξέλιξη της κατηγοριοποίησης των χρωμάτων. Το γεγονός όμως από μόνο του έχει χαρακτηριστικά ασαφούς συνόλου και ύπαρξης ιεράρχησης στη δημιουργία κατηγοριών, με τα έντεκα χρώματα να αποτελούν κατηγορίες χρωμάτων βασικού επιπέδου (βλ. παρ. 9.3.3) (Lakoff, 1987).

Ακτινικές Κατηγορίες: Η σύλληψη της ιδέας ύπαρξης ακτινικών κατηγοριών ανήκει στον Lakoff (1987), ο οποίος την πρότεινε βασιζόμενος σε όλες τις προαναφερθείσες θεωρίες κατηγοριοποίησης, δηλαδή στη θεωρία των πρωτοτύπων, στην οικογενειακή ομοιότητα, στις ασαφείς κατηγορίες και στις επιδράσεις της τυπικότητας στην κατηγοριοποίηση. Μια ακτινική κατηγορία λοιπόν χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ενός κεντρικού μέλους, που είναι το πιο αντιπροσωπευτικό της κατηγορίας, και από μη κεντρικά μέλη, τα οποία συνδέονται με το κεντρικό μέσω οικογενειακής ομοιότητας, δηλαδή μπορεί τα άλλα μέλη να έχουν ομοιότητες με το κεντρικό μέλος, μπορεί και να μην έχουν. Τα μέλη χαρακτηρίζονται από βαθμό τυπικότητας. Τα όρια μιας ακτινικής κατηγορίας χαρακτηρίζονται από ασάφεια, τα μέλη που βρίσκονται κοντά στο κέντρο είναι σαφή και τυπικά, όσο όμως απομακρύνεται η θέση τους από το κέντρο αυξάνεται η ασάφεια και μειώνεται η τυπικότητα.

Ο MacEachren (1995), στηριζόμενος:

- στην ιδέα της ακτινικής κατηγορίας του Lakoff,

- στην επίδραση της κλίμακας του χάρτη ως προς την αντιπροσωπευτικότητά του ως μέλους μιας κατηγορίας των Downs et al. (1988) και Vasiliev et al. (1990), και
- στην αφαιρετικότητα των χωρικών απεικονίσεων, την οποία ορίζει ως ένα συνεχές μέσο που ξεκινά από τις εικόνες και καταλήγει στα διαγράμματα (MacEachren & Ganter, 1990),

θεωρεί τον χάρτη μια ακτινική κατηγορία. Παρουσιάζει σε διαγραμματική μορφή την κατηγορία με κέντρο την τομή δύο αξόνων που τέμνονται κάθετα. Στο ένα άκρο του ενός άξονα βρίσκονται οι εικόνες και στο άλλο τα διαγράμματα. Στον άλλο άξονα, στο ένα άκρο κατατάσσει τους χάρτες του σύμπαντος και στο άλλο τις απεικονίσεις ενός ατόμου. Στο κέντρο του διαγράμματος θεωρεί πως εντάσσονται οι χάρτες που διαβάζονται και ερμηνεύονται πιο εύκολα, γενικότερα χάρτες πρωτότυπα, που αναγνωρίζονται ως τέτοιοι από τους περισσότερους αναγνώστες. Στον χώρο που ορίζουν αυτοί οι δύο άξονες μπορεί να ενταχθεί οποιαδήποτε χωρική απεικόνιση και η απόστασή της από το κέντρο θα καθορίζει και τον βαθμό ασάφειας και τυπικότητάς της ως μέλους της κατηγορίας. Η πρόταση αυτή θα μπορούσε να λειτουργήσει ως βάση κατηγοριοποίησης αλλά και αξιολόγησης των χωρικών απεικονίσεων.

9.3.3. Θεωρία των κατηγοριών βασικού επιπέδου

Η θεωρία των κατηγοριών βασικού επιπέδου αναπτύχθηκε από την Eleanor Rosch και τους συνεργάτες της (1976), η οποία στηρίχθηκε αφενός στις απόψεις του Wittgenstein (1963) πάνω στη χρήση της γλώσσας και αφετέρου στις παρατηρήσεις του Brown (1958) για την ονομασία και την κατηγοριοποίηση αντικειμένων. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, σε κάθε σύστημα ταξινόμησης υπάρχει ένα βασικό επίπεδο, στο οποίο όλες οι κατηγορίες καθίστανται καλύτερα κατανοητές. Σύμφωνα με τους Tversky & Hemenway (1984), των οποίων οι μελέτες στηρίχθηκαν σε δεδομένα ψυχολογικά, γλωσσολογικά και ανθρωπολογικά, οι βασικού επιπέδου κατηγορίες συναντώνται σε όλα τα συστήματα κατηγοριοποίησης, και όχι μόνο στα βιολογικά. Σε αυτό δε το βασικό επίπεδο της κάθε κατηγορίας συγκλίνουν θέματα αντίληψης, επικοινωνίας και συμπεριφοράς. Το επίπεδο αυτό είναι ξεχωριστό, γιατί τα μέλη της κατηγορίας που εντάσσονται σε αυτό έχουν τις περισσότερες ιδιότητες της κατηγορίας, οι ιδιότητες δε αυτές έχουν και αντιληπτικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Με μια άλλη διατύπωση, ο Lakoff θεωρεί ότι οι βασικού επιπέδου κατηγορίες εξαρτώνται από την αντίδραση των ανθρώπων στα αντικείμενα που αντιπροσωπεύει το όνομα της κατηγορίας ή με τον τρόπο που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται αυτά τα αντικείμενα και οργανώνουν τις πληροφορίες που έχουν για αυτά (Lakoff, 1987). Ο ίδιος ισχυρίζεται ότι οι βασικού επιπέδου κατηγορίες είναι βασικές ως προς:

- την αντίληψη (τα μέλη της κατηγορίας βασικού επιπέδου αναγνωρίζονται γρήγορα, έχουν ομοιόμορφο σχετικά σχήμα, η νοητική τους εικόνα είναι μοναδική),
- τη λειτουργία (τα μέλη της κατηγορίας βασικού επιπέδου χρησιμοποιούνται περισσότερο από τα άλλα μέλη της κατηγορίας),
- την επικοινωνία (τα ονόματα των μελών είναι τα πιο σύντομα, τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα, οι πιο ουδέτερες λέξεις σε σχέση με το περιεχόμενο, οι πρώτες που περιέχονται σε ένα λεξικό και οι πρώτες που μαθαίνουν τα παιδιά),
- την οργάνωση των γνώσεων (στο βασικό επίπεδο αποθηκεύονται οι περισσότερες ιδιότητες και οργανώνονται οι γνώσεις).

Οι κατηγορίες βασικού επιπέδου αποτελούν ερευνητικό αντικείμενο για πολλούς επιστημονικούς τομείς, κυρίως τη γνωσιακή ψυχολογία, την ανθρωπολογία, τη γλωσσολογία. Διεισδύουν όμως και σε άλλους επιστημονικούς τομείς, στους οποίους αποτελούν θεωρητική βάση σε εφαρμογές, όπως είναι οι επιστήμες πληροφοριών και τα διάφορα συστήματα οργάνωσης και αναπαράστασης γνώσεων, η οργάνωση και επεξεργασία εικόνων (Jørgensen, 2003; Rorissa & Iyer, 2008). Στις χωρικές απεικονίσεις, η άμεση εφαρμογή τους συναντάται στην ταξινόμηση των ποσοτικών δεδομένων για τη δημιουργία χωροπληθούς χάρτη, που ίσως αποτελεί και την περισσότερο διερευνημένη μέθοδο απεικόνισης (Jenks & Caspall, 1971; Muller, 1979). Μια κριτική αξιολόγηση της εφαρμογής των κατηγοριών βασικού επιπέδου στη χαρτογραφική επεξεργασία ποσοτικών δεδομένων δίνεται από τον MacEachren (1995, σελ. 162-167).

Βιβλιογραφία

- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. New York: V. H. Winston.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge University press.
- Bregman, A. S. (1977). Perception and behavior as compositions of ideals. *Cognitive Psychology*, 9, 250-292.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, Madison, 432 pp. (French edition, 1967).
- Brown, R. (1958). How shall a thing be called? *Psychological Review*, 65, 14-21.
- Bruner, J., Goodnow, J. & Austin, G. (1999). The process of concept attainment. In E. Margolis & S. Laurence (Eds.), *Concepts: Core readings*. The MIT Press, Cambridge.
- Downs, R. M., & Liben, L. S. (1987). Children's understanding of maps. In P. Ellen & C. Thinus-Blanc (Eds.), *Cognitive Processes and Spatial Orientation in Animal and Man, Volume II, neurophysiology and Development Aspects* (pp. 202-219). Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- Downs, R. M., Liben, L. S., & Dagg, D. G. (1988). On education and geographers: The role of cognitive development theory in geographic education. *Annals of the Association of American Geographers*, 78, 680-700.
- Driscoll, M. P. (1994). *Psychology of learning for instruction*. Allyn & Bacon.
- Eastman, J. R. (1985). Graphic organization and memory structure for map learning. *American Cartographer*, 22, 1-20.
- Emmott, C., & Alexander, M. (2014). Schemata. In P. Hühn, J. C. Meister, J. Pier & W. Schmid (Eds.), *Handbook of Narratology* (2nd ed.). Series: De Gruyter handbook, de Gruyter: Berlin, pp. 756-764.
- Fujihara, N., Nageishi, Y., Koyama, S., & Nakajima, Y. (1998). Electrophysiological evidence for the typicality effect of human cognitive categorization. *International Journal Psychophysiology*, 29, 65-75.
- Hajibayova, L. (2013). Basic-level categories: A review. *Journal of Information Science*, 39(5), 676-687.
- Hall, S. S. (1992). *Mapping the Next Millennium: How Computer-Driven Cartography is Revolutionizing the Face of Science*. New York Random House, p. 380.
- Hardin, C. (2013). Berlin and Kay Theory. In R. Luo (Ed.), *Encyclopedia of Color Science and Technology*. Springer, New York.
- Jenks, G. F., & Caspall, F. C. (1971). Error on choropleth maps: Definition, measurement, reduction. *Annals of the Association of American Geographers*, 61, 217-244.
- Johnson, M. (1987). *The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination and reason*. University of Chicago Press, Chicago.
- Jørgensen C. (2003). *Image retrieval: Theory and research*. Scarecrow Press, Lanham.
- Kant, I. (1929). *Critique of Pure Reason* (1781-1787), Trans. Kemp Smith.
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. Kegan Paul, Trench, Trubner, London.
- Kosslyn, S. M., Murphy, G. L., Bemesderfer, M. E., & Feinstein, K. J. (1977). Category and continuum in mental comparisons. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 341-375.
- Kubovy, M. (1981). Concurrent pitch segregation and the theory of indispensable attributes. In M. Kubony & J. Pomerants (Eds.), *Perceptual Organization* (pp. 55-98). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Labov, W. (1973). The boundaries of words and their meanings. In C. J. N. Bailey & R. W. Shuy (Eds.), *New ways of analyzing variation in English* (pp. 340-373). Georgetown University Press, Washington, DC.

- Lakoff, G. (1987). *Woman, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the mind*. University of Chicago Press, Chicago.
- Lemme, B. H. (2006). *Development in Adulthood*. Pearson Education, Inc, Boston, MA.
- Leonard, J. J., & Battenfield, B. P. (1989). An equal value gray scale for laser printer mapping. *American Cartographer*, 16(2), 97-107.
- MacEachren, A. M., & Ganter, J. H. (1990). A pattern identification approach to cartographic visualization. *Cartographica*, 27(2), 64-81.
- MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work. Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, New York, London.
- Marr, D., & Nishihara, H. K. (1978). Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society*, 200, 269-294.
- Marshall, S. P. (1995). *Schemas in problem solving*. Cambridge University Press.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*. 63, 81-97.
- Medin, D. L., & Smith, E. E. (1981). Strategies and classification learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 7(4), 241-253.
- Minsky, M. (1975). A framework for representing knowledge. In P. H. Winston (Ed.), *The psychology of computer vision*. McGraw-Hill, New York.
- Muller, J. C. (1979). Perception of continuously shaded maps. *Annals of the Association of American Geographers*, 69, 240-249.
- Murphy, G. L., & Medin, D. L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, 92, 289.
- Newell, A., & Simon, H. (1973). *Human problem solving*. PrenticeHall, Englewood Cliffs. NJ.
- Nickerson, C. (2021). *The Role of a Schema in Psychology*. Simply Psychology.
- Norman, D. A., & Rumelhart, D. E. (Eds.) (1975). *Explorations in Cognition*. Freeman, San Francisco, 430 pp.
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory. In *Piaget and his school* (pp. 11-23). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pinker, S. (1984). Visual cognition: An introduction. *Cognition*, 18, 1-63.
- Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Friendle (Ed.), *Artificial Intelligence and the Future of testing* (pp. 73-126). Ablex, Norwood, NJ.
- Posner, M.I., Snyder, C. R., & Davidson, B. S. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General, IW*. 160-174.
- Rentsch, J. R., Mot, I., & Abbe, A. (2009). *Identifying the core content and structure of a schema for cultural understanding*. Army Research Inst. for the Behavioral and Social Sciences Arlington VA.
- Rorissa, A., & Iyer, H. (2008). Theories of cognition and image categorization: What category labels reveal about the basic level theory. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(9), 1383-1392.
- Rosch, E., (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4, 328-350.
- Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Rosch, E., Mervis, C., Gray, W., Johnson, D., & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Roth, I., & Frisby, J. P. (1986). *Perception and Representation: A Cognitive Approach*. Open University Press, Philadelphia.

- Rumelhart, D. E. (1984). *Schemata and the cognitive system*. In R. S. Wyer, Jr. & T. K. Srull (Eds.), *Handbook of social cognition*, Vol. 1, pp. 161–188). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1985). Representation of knowledge. In A. M. Aitkenhead & J. M. Slack (Eds.), *Issues in Cognitive Modeling* (pp. 15-62). Erlbaum, London.
- Schank, R. C. (1982). *Reading and understanding: Teaching from the perspective of artificial intelligence*. L. Erlbaum Associates Inc.
- Schank, R. C., & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding*. Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Stevens, S. S. (1961). To honor Fechner and repeal his law. *Science*, 133, 80-86.
- Thorndyke, P. W., & Yekovich, F. R. (1979). *A critique of schemata as a theory of human story memory* (No. P-6307). CA. Rand, Santa Monica.
- Tversky, B., & Hemenway, K. (1984). Objects, parts, and categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(2), 169-191.
- Vasilev, I., Freundsuh, S., Mark, D. M., Theisen, G. D., & McAvoy, J. (1990). What is a map? *Cartographic Journal*, 27(2), 119-123.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von den Gestalt. *Psychologische Forschung*, 4(1), 301-350.
- Wertheimer, M. (1938). Laws of organization in perceptual forms. In W. D. Ellis (Ed.), *A source book of Gestalt psychology*. Routledge & Kegan Paul, London.
- Widmayer, S. A. (2004). *Schema theory: An introduction*. George Mason University.
- Winston, P. H. (1975). Learning structural descriptions from examples. In D. H. Winston (Ed.), *The psychology of computer vision*. McGraw-Hill, New York.
- Wittgenstein, L. (2001) (1953). *Philosophical Investigations*. Blackwell Publishing.
- Brown, R. (1958). How shall a thing be called? *Psychological Review*, 65(1), 14-21.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

Κεφάλαιο 10

Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των ποιοτικών και των ποσοτικών μεθόδων που εφαρμόζονται στην αξιολόγηση των διαφορετικών μορφών των χωρικών απεικονίσεων. Παρουσιάζονται τεχνικές οι οποίες βασίζονται στην καταγραφή και την ανάλυση ερωτηματολογίων, χρόνων αντίδρασης και ορθότητας απαντήσεων, οφθαλμικών κινήσεων και κινήσεων κέρσορα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επιπλέον, γίνεται αναφορά σε πιο σύνθετες μεθόδους, οι οποίες αξιοποιούνται κυρίως στον τομέα της νευροεπιστήμης και στοχεύουν στην ανάλυση των αντιληπτικών και γνωσιακών διεργασιών. Τέλος, γίνεται αναφορά στον συνδυασμό των προαναφερόμενων μεθόδων, καθώς και στις σύγχρονες προσεγγίσεις διαχείρισης των συλλεγόμενων πειραματικών δεδομένων.

Προαπαιτούμενη γνώση

Μορφές χωρικών απεικονίσεων, λειτουργία βασικών στατιστικών δεικτών.

10 Αξιολόγηση χωρικών απεικονίσεων: Ποιοτικές και ποσοτικές μέθοδοι

10.1 Παράμετροι αξιολόγησης χωρικών απεικονίσεων

Η απόδοση χωρικών πληροφοριών υλοποιείται μέσω διαφορετικών μορφών απεικονίσεων. Ένας βασικός διαχωρισμός που μπορεί να γίνει μεταξύ των απεικονίσεων αυτών συνδέεται με τη φύση του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα, μια χωρική απεικόνιση μπορεί να έχει αναλογική ή ψηφιακή μορφή. Στην ουσία, μια ψηφιακή απεικόνιση αποτελεί «επέκταση» της κλασικής αναλογικής μορφής, η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με τον σύγχρονο τρόπο αποθήκευσης και μετάδοσης γεωγραφικών πληροφοριών. Στην περίπτωση των ψηφιακών απεικονίσεων, η συνολική εικόνα τους διαμορφώνεται βάσει των θεμελιωδών μεταβλητών του σχεδιασμού (οπτικών, δυναμικών ή/και ηχητικών μεταβλητών), αλλά και των εργαλείων του αξιοποιούμενου γραφικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, η αξιολόγηση των ψηφιακών χωρικών απεικονίσεων μπορεί να συνδεθεί τόσο με τις μεταβλητές του σχεδιασμού, όσο και με τη χρησιμότητα του συνόλου των ψηφιακών εργαλείων που ενσωματώνονται στη διεπιφάνεια του χρήστη. Τα εργαλεία της διεπιφάνειας υποστηρίζουν την αλληλεπίδραση χρήστη-απεικόνισης, παρέχοντας εμπλουτισμένες δυνατότητες διαχείρισης (π.χ. πλοήγηση εντός της απεικόνισης, «δυναμική» αλλαγή κλίμακας, δυνατότητα αλλαγής χαρτογραφικού συμβολισμού κλπ.). Επιπροσθέτως, τόσο σε αναλογικές όσο και σε ψηφιακές μορφές απεικονίσεων, τα στοιχεία «περιθωρίου» αποτελούν μια ακόμα παράμετρο κατά τη διαμόρφωση της τελικής εικόνας μιας απεικόνισης. Πρόκειται στην ουσία για βοηθητικά στοιχεία, τα οποία αναφέρουν πληροφορίες που συνδέονται με την απεικόνιση και ενδέχεται να περιλαμβάνουν τον τίτλο, το υπόμνημα του συμβολισμού, πληροφορίες που συνδέονται με τον δημιουργό αλλά και τις πηγές των δεδομένων.

Τα στοιχεία που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο συνδέονται άμεσα με το «προϊόν» της απεικόνισης. Ωστόσο, η ανάγνωση μιας χωρικής απεικόνισης αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία στην οποία, εκτός από την ίδια την απεικόνιση, υπεισέρχονται παράγοντες που σχετίζονται τόσο με τον αναγνώστη/χρήστη όσο και με τις συνθήκες παρατήρησης. Όσον αφορά τις χωρικές απεικονίσεις, ο όρος «αναγνώστης» χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει ένα άτομο που χρησιμοποιεί (διαβάζει) έναν κλασικό αναλογικό χάρτη. Ο όρος «χρήστης» έχει επικρατήσει στην περίπτωση των ψηφιακών μορφών χωρικών απεικονίσεων καθώς, όπως εξηγείται και παραπάνω, οι τελευταίες βασίζονται συνήθως στην αξιοποίηση εργαλείων διεπαφής (χρήστη). Έτσι, κατά την αξιολόγηση της «συνολικής» διαδικασίας ανάγνωσης μιας χωρικής απεικόνισης, τα χαρακτηριστικά των αναγνωστών/χρηστών μπορούν να ληφθούν ως επιπρόσθετες παράμετροι. Συγκεκριμένα, χαρακτηριστικά όπως το φύλο, η ηλικία, το επίπεδο μόρφωσης, εμπειρίας ή ειδημοσύνης μπορούν να θεωρηθούν ως μεταβλητές προς αξιολόγηση κατά τη μελέτη της λειτουργίας χωρικών απεικονίσεων. Αντιστοίχως, μια χωρική απεικόνιση ενδέχεται να χρησιμοποιείται κάτω από συνθήκες παρατήρησης οι οποίες ποικίλλουν. Για παράδειγμα, μια χωρική απεικόνιση μπορεί να αξιοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας ή/και της νύχτας, σε συνθήκες γραφείου ή εργοταξίου, σε συνθήκες έντονων καιρικών φαινομένων, καθώς και σε συνθήκες στις οποίες απαιτείται άμεση λήψη αποφάσεων από τον χρήστη (π.χ. κατά την πλοήγηση οχημάτων).

Στην Εικόνα 10.1 παρουσιάζονται σχηματικά τα «μέρη» ή οι παράμετροι (κύκλοι) που εμπλέκονται στη διαδικασία ανάγνωσης χαρτών, καθώς και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση (τομές αυτών των κύκλων).



Εικόνα 10.1 Βασικά «μέρη» τα οποία αλληλεπιδρούν κατά τη διαδικασία ανάγνωσης χαρτών.

Η επιλογή διαφορετικών παραμέτρων κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού μπορεί να οδηγήσει σε χωρικές απεικονίσεις διαφορετικών επιπέδων αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας. Η έννοια της αποδοτικότητας αναφέρεται στο πόσο είναι ικανή μια απεικόνιση να δημιουργεί γρήγορες αποκρίσεις των αναγνωστών/χρηστών κατά την εκπόνηση τυπικών εργασιών (π.χ. εύρεση ενός συμβόλου σε έναν χάρτη). Αντιστοίχως, η αποτελεσματικότητα μιας απεικόνισης συνδέεται με την ικανότητα μιας απεικόνισης να οδηγήσει τον αναγνώστη/χρήστη σε σωστές επιλογές (π.χ. στον εντοπισμό του σωστού συμβόλου μεταξύ συμβόλων «περισπαστών»). Μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η διαδικασία της αξιολόγησης αποσκοπεί στη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο μια απεικόνιση είναι ικανή να μεταφέρει με ταχύτητα και με σαφήνεια το μήνυμά της στον αναγνώστη/χρήστη. Η βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας μιας απεικόνισης μπορεί να βασιστεί στην εφαρμογή θεωριών που συνδέονται με την οπτική αντίληψη και την προσοχή (Lloyd, 2005).

Για την καλύτερη κατανόηση των παραμέτρων αξιολόγησης ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα. Έστω ένας διαδικτυακός διαδραστικός χάρτης πόλης, ο οποίος περιλαμβάνει ένα σύνολο διαφορετικών χαρτογραφικών οντοτήτων, οι οποίες αποδίδονται μέσω σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών συμβόλων με σκοπό την απόδοση κυρίως ποιοτικών διαφοροποιήσεων (Εικόνα 10.2).



Εικόνα 10.2 Στιγμιότυπο από διαδικτυακό διαδραστικό χάρτη πόλης (OSM) όπου συμπεριλαμβάνεται ένα σύνολο διαφορετικών χαρτογραφικών οντοτήτων, οι οποίες αποδίδονται μέσω σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών συμβόλων, με σκοπό την απόδοση κυρίως ποιοτικών διαφοροποιήσεων.

Στον συγκεκριμένο χάρτη, εικονογραφικά σημειακά σύμβολα αντιστοιχούν σε διαφορετικές δραστηριότητες, γραμμικά σύμβολα απεικονίζουν όρια μεταξύ οικοδομικών τετραγώνων ή περιοχών δόμησης, τα οποία αποδίδονται μέσω επιφανειακών συμβόλων. Στον χάρτη περιλαμβάνονται επίσης ετικέτες οι οποίες υποδεικνύουν κυρίως τις αντίστοιχες ονομασίες των οδών. Δεδομένης της ψηφιακής μορφής του χάρτη, η χρήση του γίνεται μέσω ψηφιακών εργαλείων διεπιφάνειας, ενώ ταυτόχρονα αξιοποιείται ο κέρσορας του ηλεκτρονικού υπολογιστή για την πλοήγηση του χρήστη ή η αφή, στην περίπτωση της λειτουργίας σε περιβάλλον φορητών συσκευών, με αντίστοιχες οθόνες (π.χ. έξυπνα κινητά τηλέφωνα). Γίνεται προφανές ότι οι διαφορετικές παράμετροι που υπεισέρχονται κατά την αξιοποίηση του παραπάνω χαρτογραφικού προϊόντος ενδέχεται να επηρεάσουν άμεσα τόσο την αποδοτικότητα όσο και την αποτελεσματικότητά του κατά την εκπόνηση κλασικών εργασιών χρήσης χάρτη. Για παράδειγμα, η επιλογή διαφορετικών χαρτογραφικών συμβόλων δύναται να οδηγήσει σε διαφοροποιημένες μορφές απόκρισης του αναγνώστη/χρήστη του χάρτη (Michaëilidou et al., 2005). Αντιστοίχως, διαφοροποιημένες επιλογές του δημιουργού του χάρτη ως προς τα εργαλεία της διεπιφάνειάς του ενδέχεται επίσης να επιδρούν στη διαδικασία χρήσης (Horbiński et al., 2021). Στην ουσία, επιλογές που διαμορφώνουν την τελική μορφή της διεπιφάνειας συνδέονται με την έννοια της «χρησιμότητας». Η τελευταία μπορεί να καθοριστεί βάσει ενός συνόλου χαρακτηριστικών που συνδέονται με τη χρησιμότητα, την αποτελεσματικότητα, την αποδοτικότητα, τη δυνατότητα εκμάθησης, καθώς και τον βαθμό στον οποίο ένα προϊόν θεωρείται ικανοποιητικό ή κατανοητό (Štěrba et al., 2014). Επιπροσθέτως, δεν είναι προφανές ότι ομάδες αναγνωστών/χρηστών με διαφορετικά περιγραφικά χαρακτηριστικά αντιδρούν με τον ίδιο τρόπο σε εναλλακτικές επιλογές που συνδέονται με τον συμβολισμό ή τη διεπιφάνεια χρήσης (Ooms et al., 2014).

Για την αξιολόγηση των διαφορετικών παραμέτρων που συνδέονται με τη λειτουργία των χωρικών απεικονίσεων, αξιοποιούνται τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές μέθοδοι. Συγκεκριμένα, για τη μελέτη των χωρικών απεικονίσεων, οι επιστήμες της χαρτογραφίας και της γεωγραφικής πληροφορίας δανείζονται τεχνικές οι οποίες γνωρίζουν αρκετές εφαρμογές σε πεδία όπως είναι η ψυχολογία, η νευροεπιστήμη, αλλά και η επιστήμη της πληροφορίας και των υπολογιστών. Στην πράξη, ο διαχωρισμός των μεθόδων σε ποιοτικές και ποσοτικές δεν είναι πάντα σαφής, ενώ συνδέεται με την προσέγγιση που ακολουθείται στη διαδικασία της αξιολόγησης. Έτσι, ενώ μια μέθοδος η οποία βάσει της φύσης της είναι ποσοτική, καθώς συλλέγονται για παράδειγμα αριθμητικά δεδομένα, ενδέχεται να αξιοποιεί μεταξύ άλλων και ποιοτικές τεχνικές αξιολόγησης (π.χ. ποιοτικά διαγράμματα). Σε κάθε περίπτωση, κατά την αξιολόγηση των χωρικών απεικονίσεων, η εφαρμογή των διαφορετικών μεθόδων αποσκοπεί στην καταγραφή της απόκρισης του αναγνώστη/χρήστη. Η

απόκριση μπορεί να εξαχθεί βάσει διαφορετικών μετρήσεων, που αναφέρονται, για παράδειγμα, σε ποιοτικές αξιολογήσεις (π.χ. περιγραφικές απαντήσεις σε συγκεκριμένα ερωτήματα) ή σε χρόνους αντίδρασης (π.χ. κατά τη διαδικασία εύρεσης ενός συμβόλου στόχου). Η εφαρμογή των μεθόδων καταγραφής απόκρισης υλοποιείται μέσω της συλλογής δεδομένων, με ποιοτικά ή ποσοτικά χαρακτηριστικά, στο πλαίσιο πειραμάτων. Κύριος σκοπός της υλοποίησης πειραμάτων στη χαρτογραφία και στις συναφείς επιστήμες που εξετάζουν τις χωρικές απεικονίσεις είναι η μελέτη και η κατανόηση της λειτουργίας των δομικών μονάδων του χαρτογραφικού συμβολισμού (οπτικές, δυναμικές, ηχητικές/ακουστικές μεταβλητές), καθώς και η βέλτιστη επιλογή χαρτογραφικών συμβόλων, βοηθητικών στοιχείων και εργαλείων αλληλεπίδρασης κατά τη διαδικασία της χαρτογραφικής σύνθεσης.

Στις επόμενες παραγράφους δεν ακολουθείται κάποιος αυστηρός διαχωρισμός μεταξύ ποιοτικών και ποσοτικών μεθόδων. Ωστόσο, η περιγραφή εστιάζεται στα στοιχεία που μπορούν να συλλεχθούν και να αναλυθούν. Η πλειονότητα των τεχνικών που παρουσιάζονται παρακάτω αποτελούν κλασικές μεθόδους οι οποίες έχουν άμεση εφαρμογή σε ένα σύνολο διαφορετικών ειδών οπτικών ερεθισμάτων. Επιπλέον, παρουσιάζονται συνοπτικά πιο σύνθετες τεχνικές (ως προς τον τρόπο υλοποίησής τους), οι οποίες εφαρμόζονται κυρίως στον τομέα της νευροεπιστήμης.

10.2 Κλασικές μέθοδοι αξιολόγησης χωρικών απεικονίσεων

10.2.1 Μελέτες ερωτηματολογίων

Η διεξαγωγή μελετών ερωτηματολογίων αποτελεί μία από τις δημοφιλέστερες τεχνικές συλλογής δεδομένων σε ένα σύνολο διαφορετικών επιστημονικών πεδίων. Τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω ερωτηματολογίων ενδέχεται να ανήκουν σε διαφορετικές κλίμακες μέτρησης (βλ. παρ. 2.2). Συνεπώς, ανάλογα με τη φύση μιας μελέτης, η συγκεκριμένη τεχνική μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέθοδος συλλογής ποιοτικών ή ποσοτικών δεδομένων. Παραδοσιακά, οι μελέτες ερωτηματολογίου διεξάγονται μέσω «επιτόπιας» έρευνας σε φυσικά πρόσωπα (Ηλιοπούλου, 2015). Ωστόσο, σήμερα ένα μεγάλο (αν όχι το μεγαλύτερο) μέρος των μελετών ερωτηματολογίων πραγματοποιείται μέσω του Διαδικτύου. Στην περίπτωση αυτή, είναι προφανές ότι ο εντοπισμός πιθανών υποκειμένων διευκολύνεται, ενώ η διαδικασία ψηφιακής καταγραφής των απαντήσεων συντελεί άμεσα στο επόμενο βήμα, το οποίο περιλαμβάνει την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της απομακρυσμένης (μέσω Διαδικτύου) συλλογής δεδομένων ερωτηματολογίου αφορά τη σημαντική μείωση του κόστους εκπόνησης. Από την άλλη πλευρά, οι περιορισμένες δυνατότητες ελέγχου του πληθυσμού συμμετοχής αποτελούν ένα μειονέκτημα της συγκεκριμένης προσέγγισης. Για την εξάλειψη αυτού του προβλήματος, μπορούν να εφαρμοστούν «μικτές» λύσεις (π.χ. επικοινωνία με υποκείμενα μέσω τηλεδιάσκεψης).

Ανεξάρτητα από το αν ένα ερωτηματολόγιο διεξάγεται μέσω επιτόπιας ή εξ αποστάσεως έρευνας, ο τρόπος εκπόνησής του μπορεί να ακολουθεί δύο διαφορετικές προσεγγίσεις (Κουτσόπουλος, 2006). Συγκεκριμένα, μια έρευνα ερωτηματολογίου μπορεί να υλοποιείται μέσω συνέντευξης σε ένα φυσικό πρόσωπο (ή σε μία ομάδα φυσικών προσώπων) ή να συμπληρώνεται από τους συμμετέχοντες (χωρίς τη συμμετοχή του ερευνητή). Η πρώτη περίπτωση εμφανίζεται ως πιο «άμεση», καθώς ο ερευνητής έρχεται σε απευθείας επικοινωνία με τον συμμετέχοντα. Στη δεύτερη περίπτωση, η διαδικασία κωδικοποίησης και ανάλυσης των αποτελεσμάτων είναι συνήθως ευκολότερη. Βεβαίως, αυτό εξαρτάται από τη μορφή των ερωτήσεων που περιλαμβάνονται στην εκάστοτε μελέτη.

Η δόμηση ενός ερωτηματολογίου βασίζεται σε συγκεκριμένα μέρη, τα οποία αναπτύσσονται διαδοχικά. Στο πρώτο μέρος εντάσσεται μια ενότητα εισαγωγής. Στην εισαγωγική ενότητα, γίνεται μια ενημέρωση από τον μελετητή στο υποκείμενο ως προς το αντικείμενο και τον σκοπό της μελέτης. Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει συνήθως ένα σύνολο δοκιμαστικών ερωτήσεων, ώστε τα υποκείμενα να έχουν τη δυνατότητα να εξοικειωθούν με την έρευνα. Οι ερωτήσεις που αντιστοιχούν σε αυτό το στάδιο δεν λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί το κύριο μέρος του ερωτηματολογίου, στο οποίο αναπτύσσονται οι βασικές για το αντικείμενο της έρευνας ερωτήσεις. Στην πράξη, η ανάλυση των αντίστοιχων ερωτήσεων οδηγεί στη διεξαγωγή βασικών συμπερασμάτων της έρευνας. Στο τελευταίο στάδιο, εντάσσονται οι δημογραφικές ερωτήσεις οι οποίες αποσκοπούν στην ταξινόμηση του δείγματος σε επιμέρους ομάδες ή στην εξαγωγή αντιπροσωπευτικών τιμών που χαρακτηρίζουν το συλλεγόμενο δείγμα. Αξίζει να σημειωθεί πως οι

δημογραφικές ερωτήσεις επιλέγονται ως τελευταία ενότητα ενός ερωτηματολογίου, ώστε να μην αποτρέπουν το υποκείμενο να συμμετάσχει σ' αυτό.

Τα ερωτήματα αποτελούν στην ουσία τον πυρήνα μιας μελέτης ερωτηματολογίου. Μια βασική διάκριση ταξινόμησης των ερωτημάτων μπορεί να επιτευχθεί βάσει της ύπαρξης ή μη προκαθορισμένων απαντήσεων. Συγκεκριμένα, γίνεται η διάκριση μεταξύ ερωτημάτων «ανοικτού» και «κλειστού» τύπου (Ηλιοπούλου, 2015). Στην περίπτωση των «ανοικτών» ερωτημάτων, το υποκείμενο έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει με ελεύθερο κείμενο ή λόγο (όταν το ερωτηματολόγιο βασίζεται στην τεχνική της συνέντευξης) τις απόψεις του, χωρίς να υπάρχει κάποιος περιορισμός ως προς τις ενδεχόμενες απαντήσεις που μπορούν να γίνουν αποδεκτές. Σε μελέτες που τα ερωτηματολόγια έχουν φυσική υπόσταση, ο μόνος περιορισμός ενδέχεται να συνδέεται με τον διαθέσιμο χώρο. Αντίστοιχα, στην περίπτωση των ψηφιακών ερωτηματολογίων (μέσω Διαδικτύου ή μη), ο αντίστοιχος περιορισμός μεταφράζεται σε συγκεκριμένο αριθμό λέξεων ή χαρακτήρων. Όταν σε ένα ερώτημα αντιστοιχούν προκαθορισμένες απαντήσεις, τότε το ερώτημα αυτό χαρακτηρίζεται ως «κλειστού» τύπου. Στην πράξη, το υποκείμενο θα πρέπει να περιοριστεί στις πιθανές απαντήσεις που προδιαγράφονται από τον μελετητή. Η αξιοποίηση «κλειστού» τύπου ερωτημάτων εμφανίζει διάφορα προτερήματα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ερωτήματα «ανοικτού» τύπου. Το κύριο πλεονέκτημά της αναφέρεται στην εύκολη κωδικοποίηση και συνεπώς ανάλυση των απαντήσεων. Από την άλλη πλευρά, τα ερωτήματα «ανοικτού» τύπου αναλύονται δυσκολότερα από τον αναλυτή, καθώς απαιτούν εν γένει μεγαλύτερο χώρο, ενδέχεται να δημιουργούν εσφαλμένες εντυπώσεις κατά την αποδελτίωσή τους, ενώ ταυτόχρονα δεν είναι πάντα εφικτή η ταξινόμηση των απαντήσεων σε συγκεκριμένες κατηγορίες.

Τα ερωτήματα «κλειστού» τύπου μπορούν με τη σειρά τους να ταξινομηθούν σε επιμέρους κατηγορίες βάσει της φύσης των προκαθορισμένων απαντήσεων. Συγκεκριμένα, ερωτήσεις που μπορούν να κωδικοποιηθούν με δυαδική φύση (π.χ. Ναι/Όχι, Συμφωνώ/Διαφωνώ) χαρακτηρίζονται ως «διχοτομικές». Ωστόσο, οι δυνατές επιλογές απαντήσεων μπορεί να είναι πολλαπλές (ερωτήσεις «πολλαπλής επιλογής») και προφανώς περισσότερες από δύο. Ερωτήσεις οι οποίες αναπτύσσονται βάσει ιεραρχικής κλίμακας χαρακτηρίζονται ως «κλιμακωτές». Επιπροσθέτως, αξιοποιούνται ερωτήσεις, οι απαντήσεις των οποίων αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα αριθμητικά πεδία. Οι προηγούμενες κατηγορίες ερωτήσεων αποτελούν τις βασικές κατηγορίες ερωτημάτων οι οποίες αξιοποιούνται με σκοπό να συνθέσουν το κύριο μέρος ενός ερωτηματολογίου. Ωστόσο, εκτός από τις παραπάνω, χρησιμοποιούνται συνήθως και κάποιες ειδικές ερωτήσεις. Οι ειδικές ερωτήσεις περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, ερωτήματα που αποσκοπούν στον έλεγχο της ειλικρίνειας των υποκειμένων (γνωστές ως ερωτήσεις «ελέγχου») ή σε άλλες που αποσκοπούν στον έλεγχο ένταξης σε μια κατηγορία ή τον διαχωρισμό τους σε κατηγορίες (γνωστές ως ερωτήσεις «φίλτρου» και «διαχωρισμού/ένταξης» αντιστοίχως). Σε κάθε περίπτωση, με δεδομένο ότι ο συνολικός χρόνος απόκρισης σε ένα ερωτηματολόγιο επηρεάζεται άμεσα από τον αριθμό των ερωτημάτων, ο τελευταίος θα πρέπει να είναι λογικός, ώστε να μην προκαλείται κόπωση στο υποκείμενο.

Η αξιοποίηση ερωτηματολογίων αποτελεί συνήθη πρακτική στη μελέτη της οπτικής αντίληψης και προσοχής σε χαρτογραφικά προϊόντα. Ταυτόχρονα, η χρήση ερωτηματολογίων συνδυάζεται πολλές φορές με άλλες μεθόδους καταγραφής της απόκρισης (π.χ. οφθαλμικές κινήσεις) του αναγνώστη/χρήστη (Popelka & Doležalová, 2015).

10.2.2 Χρόνοι αντίδρασης & ορθότητα απαντήσεων

Η μέτρηση της απόκρισης ενός υποκειμένου έρευνας κατά τη διάρκεια της παρατήρησης οπτικών σκηνών μπορεί να γίνει μέσω της καταγραφής του χρόνου αντίδρασής του. Ο εν λόγω χρόνος αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε το υποκείμενο να εντοπίσει και να υποδείξει με κάποιο τρόπο (π.χ. με το πάτημα ενός κουμπιού) την ύπαρξη ενός αντικειμένου ή μιας αλλαγής σε μια οπτική σκηνή. Για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε ως οπτική σκηνή έναν κλασικό τουριστικό χάρτη, ο οποίος αποτελείται από διαφορετικά εικονογραφικά σημειακά σύμβολα, μπορούμε εύκολα να μετρήσουμε τον χρόνο που απαιτείται από έναν αναγνώστη για να εντοπίσει ένα συγκεκριμένο σύμβολο το οποίο του υποδεικνύεται. Στην περίπτωση αυτή, ο αναγνώστης αναζητά ένα «σύμβολο-στόχο» μεταξύ «συμβόλων-περισπαστών». Συγκρίνοντας τους χρόνους αντίδρασης συμβόλων-στόχων με διαφορετικά (π.χ. τοπολογικά) χαρακτηριστικά μας δίνεται η δυνατότητα να κάνουμε μια ιεράρχηση των ιδιοτήτων ως προς τον παράγοντα της αποδοτικότητάς τους. Έτσι, ένα σύμβολο που εντοπίζεται ταχύτερα σε σχέση με ένα άλλο, όταν προφανώς όλες οι υπόλοιπες παράμετροι της οπτικής

σκηνής, καθώς και οι συνθήκες παρατήρησης είναι σταθερές, οδηγεί εν γένει σε αποδοτικότερες απεικονίσεις κατά την αξιοποίησή του.

Από την προηγούμενη περιγραφή, γίνεται κατανοητό ότι η μέτρηση του χρόνου αντίδρασης αναφέρεται στην οπτική παρατήρηση κατά την εκπόνηση μιας συγκεκριμένης εργασίας, και όχι κατά την ελεύθερη παρατήρηση μιας οπτικής σκηνής. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εργασία αυτή ενδέχεται να σχετίζεται με τον εντοπισμό ενός στόχου ή μιας αλλαγής (π.χ. της θέσης ενός στόχου). Σε πειράματα οπτικής αναζήτησης, τα οποία εξετάζουν την επίδραση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, τα υποκείμενα καλούνται να απαντήσουν στο ερώτημα αν ένας στόχος είναι παρών ή απών σε μία οπτική σκηνή. Η μέτρηση των χρόνων αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων περισπαστών δημιουργεί τη γνωστή καμπύλη χρόνου αντίδρασης και αριθμού αντικειμένων. Η ταξινόμηση των οπτικών αναζητήσεων ως προς την αποδοτικότητά τους μπορεί να βασιστεί στην κλίση των αντίστοιχων καμπυλών (Wolfe, 1998). Στο Κεφάλαιο 8, παρουσιάζονται επίσης χαρακτηριστικές τιμές κλίσεων σε συνάρτηση με διαφορετικά επίπεδα αποδοτικότητας οπτικών αναζητήσεων.

Η καταγραφή του χρόνου αντίδρασης ως μέτρου της απόκρισης ενός υποκειμένου συνδυάζεται με τον παράγοντα της ορθότητας. Η διερεύνηση ενός στόχου δεν σημαίνει ότι οδηγεί πάντα στον σωστό εντοπισμό του. Έτσι, σε πειράματα οπτικής αναζήτησης, το υποκείμενο μπορεί να εντοπίζει ένα σύμβολο, το οποίο όμως δεν υπάρχει στη σκηνή, ή να αδυνατεί να εντοπίσει ένα άλλο, ενώ αυτό βρίσκεται εντός της. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, η αντίδραση του υποκειμένου δεν συνδέεται με ορθή απάντηση. Για τον λόγο αυτό, μελέτες που ερευνούν την επίδραση χαρακτηριστικών της όρασης λαμβάνουν υπόψη τους και αυτόν τον παράγοντα ως μέτρο της αποτελεσματικότητας. Ο συγκεκριμένος παράγοντας μπορεί να επίσης να μεταφραστεί σε ποσοτικές τιμές αν εκφραστεί ως ποσοστό επί του συνόλου των υποκειμένων ενός πειράματος. Συνεπώς, η «συνολική απόκριση» που παράγεται από πολλά υποκείμενα μπορεί να εκφραστεί μέσω του προσδιορισμού του μέσου χρόνου αντίδρασης, καθώς και του αντίστοιχου ποσοστού της ορθότητας όλων των απαντήσεων.

Η συγκεκριμένη μέθοδος αξιολόγησης είναι αρκετά δημοφιλής σε πειραματικές μελέτες που συνδέονται με τις διαδικασίες της όρασης. Αναμφίβολα, ένα στοιχείο το οποίο έχει συντελέσει στην ευρεία αξιοποίηση της μεθόδου συνδέεται με την απλότητα της τεχνικής υλοποίησής της. Στην πράξη, απαιτείται κυρίως ένας μηχανισμός μέτρησης και καταγραφής του χρόνου, ο οποίος συνήθως λειτουργεί μέσω ενός περιβάλλοντος λογισμικού σε τοπικό ή διαδικτυακό επίπεδο. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την αξιολόγηση χωρικών απεικονίσεων, καθώς παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής της αντίδρασης μέσω απλών ποσοτικών δεικτών και τη σύνδεσή τους με τις μεταβλητές του σχεδιασμού.

10.2.3 Ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων

Η ανάλυση των οφθαλμικών κινήσεων παρατήρησης αποτελεί μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους για την αξιολόγηση και τη μελέτη των χωρικών απεικονίσεων. Η συγκεκριμένη μέθοδος αναφέρεται στο σύνολο των τεχνικών, οι οποίες παρέχουν κυρίως τη δυνατότητα καταγραφής των χωροχρονικών συντεταγμένων κατά την παρατήρηση διαφορετικών οπτικών ερεθισμάτων. Σε σύγκριση με τη μέθοδο καταγραφής του χρόνου αντίδρασης και της ορθότητας των απαντήσεων, η ανάλυση των οφθαλμικών κινήσεων δίνει μια επιπλέον εμπλουτισμένη πληροφορία, τη θέση του βλέμματος. Μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου, η απόκριση ενός υποκειμένου καταγράφεται με αντικειμενικό τρόπο, τόσο κατά την εκπόνηση κάποιας οπτικής εργασίας (π.χ. αναζήτησης ενός συγκεκριμένου συμβόλου σε έναν χάρτη), όσο και κατά την ελεύθερη παρατήρηση μιας οπτικής σκηνής. Οι μελέτες ανάλυσης των οφθαλμικών κινήσεων βασίζονται στην υπόθεση (γνωστή ως «eye-mind hypothesis» στη διεθνή βιβλιογραφία) ότι οι προσηλώσεις του βλέμματος σε σημεία μιας οπτικής σκηνής συνδέονται άμεσα με την επεξεργασία που γίνεται στον εγκέφαλο, χωρίς δηλαδή να υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεταξύ των σταδίων (Just & Carpenter, 1980).

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει αρκετές εφαρμογές σε μελέτες που συνδέονται με τη χωρική επιστήμη, τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών και τη χαρτογραφία (Kiefer et al., 2017; Krassanakis & Cybulski, 2019, 2021). Σύμφωνα με τη μελέτη των Krassanakis & Cybulski (2019), οι σύγχρονες μελέτες και εφαρμογές που αποσκοπούν στη διερεύνηση της διαδικασίας ανάγνωσης χαρτών και αξιοποιούν τεχνικές καταγραφής και ανάλυσης οφθαλμικών κινήσεων μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- μελέτες που συνδέονται με τον χαρτογραφικό συμβολισμό και τις αντίστοιχες μεταβλητές του (οπτικές, δυναμικές, και ηχητικές/ακουστικές),
- μελέτες που αφορούν τη σύγκριση απεικονίσεων δύο (2D) και τριών (3D) διαστάσεων,

- μελέτες που εξετάζουν τη διαδικασία της ανάγνωσης χάρτη σε σχέση με το επίπεδο ειδημοσύνης των αναγνωστών/χρηστών,
- μελέτες που αναφέρονται σε άλλα αντικείμενα, τα οποία δεν ταξινομούνται στις προηγούμενες κατηγορίες (π.χ. μελέτες που εξετάζουν τη χαρτογραφική γενίκευση ή άλλες που παρουσιάζουν πρακτικές εφαρμογές),
- μελέτες που αφορούν την ανάπτυξη ολοκληρωμένων λογισμικών εργαλείων και μεθόδων από τη χαρτογραφική κοινότητα.

Στο Κεφάλαιο 11 δίνεται μια αναλυτικότερη περιγραφή της μεθόδου, καθώς και των εφαρμογών της στο πεδίο της χαρτογραφίας και των σχετικών επιστημών.

10.2.4 Ανάλυση κινήσεων κέρσορα

Η μέθοδος ανάλυσης των κινήσεων του κέρσορα, γνωστή ως «mouse tracking» στη διεθνή βιβλιογραφία, αποτελεί μία από τις απλούστερες πειραματικές τεχνικές που αξιοποιούνται για τη μελέτη της απόκρισης ενός υποκειμένου κατά την εκπόνηση οπτικών εργασιών. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος περιλαμβάνει το σύνολο των τεχνικών καταγραφής και ανάλυσης των τροχιών που δημιουργούνται κατά τη χρήση του κέρσορα, σε περιβάλλον τυπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή (Kieslich et al., 2020). Η εν λόγω πειραματική προσέγγιση παρέχει εμπλουτισμένες πληροφορίες σε σχέση με την αντίστοιχη μέθοδο καταγραφής των χρόνων αντίδρασης, καθώς δίνει τη δυνατότητα της αντικειμενικής καταγραφής της μετάβασης μεταξύ των διαφορετικών οπτικών ερεθισμάτων που παρουσιάζονται σε μια οπτική σκηνή. Η μετάβαση εκφράζεται μέσω των αντίστοιχων χωροχρονικών συντεταγμένων που προκύπτουν από τις κινήσεις του κέρσορα, ενώ ταυτόχρονα είναι δυνατή η καταγραφή της αντίδρασης μέσω των αντίστοιχων κουμπιών του κέρσορα (αριστερό ή/και δεξί κλικ).

Βάσει αυτών, γίνεται φανερό ότι τα πειραματικά δεδομένα που προκύπτουν από την εφαρμογή των τεχνικών καταγραφής και ανάλυσης κέρσορα εμφανίζουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τα αντίστοιχα που παράγονται από τη χρήση συσκευών καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των κινήσεων του κέρσορα και των αντίστοιχων οφθαλμικών (Chen et al., 2001; Cooke, 2006; Johnson et al., 2012). Επιπροσθέτως, σε διάφορες μελέτες τα δεδομένα κινήσεων κέρσορα αξιοποιούνται για την πρόβλεψη οφθαλμικών κινήσεων (Guo & Agichtein, 2010).

Όπως και στην περίπτωση των οφθαλμικών κινήσεων, η ανάλυση των κινήσεων του κέρσορα βασίζεται στον προσδιορισμό συγκεκριμένων μετρητικών στοιχείων, τα οποία έχουν ως στόχο να περιγράψουν την τροχιά του κέρσορα. Έτσι, οι δύο τεχνικές μοιράζονται αρκετούς κοινούς δείκτες, αλλά και μεθόδους οπτικοποίησης των αντίστοιχων πειραματικών δεδομένων. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 10.3 παρουσιάζονται διαφορετικές μέθοδοι οπτικοποίησης κινήσεων κέρσορα κατά την αναζήτηση συμβόλων σε χαρτογραφικά υπόβαθρα (Krassanakis & Kesidis, 2020).



Εικόνα 10.3 Αποτελέσματα από διαφορετικές μεθόδους οπτικοποίησης κινήσεων κέρσορα κατά την αναζήτηση συμβόλων σε χαρτογραφικά υπόβαθρα (Krassanakis & Kesidis, 2020).

10.3 Σύνθετες τεχνικές από τον τομέα της νευροεπιστήμης

Οι μέθοδοι που αναλύονται στις προηγούμενες παραγράφους αποτελούν τυπικές τεχνικές με αρκετές εφαρμογές τόσο στη βασική όσο και στην εφαρμοσμένη έρευνα που γίνεται στο πλαίσιο της ψυχολογίας. Είναι προφανές, ότι κάποιες από αυτές εμφανίζονται ως περισσότερο σύνθετες, αν λάβουμε υπόψη μας την ευκολία εφαρμογής τους σε τεχνικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση, οι συγκεκριμένες πειραματικές μέθοδοι υιοθετούνται από τις επιστήμες που συνδέονται με τη μελέτη της λειτουργίας των χωρικών απεικονίσεων, της χωρικής σκέψης και γνώσης. Η αξιοποίηση των τεχνικών αυτών συνδέεται άμεσα με τη διερεύνηση θεωριών και μοντέλων που αναπτύσσονται στο πεδίο της ψυχολογίας, με άμεσο σκοπό την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας των χωρικών απεικονίσεων. Για παράδειγμα, σε μία πειραματική μελέτη, χαρακτηριστικά τα οποία είναι διαθέσιμα στο στάδιο της προ-προσοχής (βλ. παρ. 8.2) μπορούν να αντιμετωπιστούν ως βασικά χαρακτηριστικά της οπτικής μεταβλητής του σχήματος (π.χ. η ύπαρξη μιας οπής σε ένα συμπαγές σημειακό σύμβολο). Η εφαρμογή μεθόδων που συνδέονται με την καταγραφή και την ανάλυση των χρόνων αντίδρασης, των οφθαλμικών κινήσεων ή της αντίδρασης που καταγράφεται μέσω του κέρσορα ενός υπολογιστή δίνει τη δυνατότητα ελέγχου της υπόθεσης που έχει γίνει βάσει της αντίστοιχης έρευνας στο πεδίο της ψυχολογίας. Βάσει της συγκεκριμένης υπόθεσης, τα σύμβολα με τα μοναδικά αυτά χαρακτηριστικά, που είναι διαθέσιμα στο στάδιο της προ-προσοχής, θα πρέπει να εντοπίζονται ταχύτερα σε σχέση με σύμβολα που δεν έχουν αντίστοιχες τοπολογικές ιδιότητες.

Στο προηγούμενο παράδειγμα, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι οι μέθοδοι που αξιοποιούνται λειτουργούν με σκοπό τη μελέτη στοιχείων της οπτικής αντίληψης μιας συμβολικής αναπαράστασης του χώρου. Ωστόσο, ο διαχωρισμός μεταξύ αντιληπτικών και γνωσιακών διαδικασιών δεν είναι πάντα σαφής. Η μελέτη των γνωσιακών λειτουργιών που υπεισέρχονται στη διαδικασία ανάγνωσης των χωρικών απεικονίσεων προϋποθέτει την εφαρμογή τεχνικών που δύνανται να καταγράψουν τη δραστηριότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της αξιοποίησης των αντίστοιχων προϊόντων για την εκπόνηση τυπικών εργασιών (π.χ. εύρεσης αντικειμένων, μνήμης κτλ.). Τις τελευταίες δεκαετίες, επιστήμες όπως η χαρτογραφία και η επιστήμη της γεωγραφικής πληροφορίας, που μελετούν τον χώρο εφαρμόζουν σύνθετες τεχνικές, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των χωρικών απεικονίσεων. Οι τεχνικές αυτές αφορούν μεθόδους που εφαρμόζονται κυρίως στον τομέα της νευροεπιστήμης. Η νευροεπιστήμη αποτελεί έναν διεπιστημονικό κλάδο, ο οποίος προκύπτει από την όσμωση διαφορετικών πεδίων, όπως είναι η βιολογία, η γνωσιακή επιστήμη, η ψυχολογία, η μηχανική και η επιστήμη υπολογιστών, ενώ έχει ως θεμελιώδη στόχο την κατανόηση των διεργασιών του εγκεφάλου.

Στην εκπόνηση χαρτογραφικών πειραμάτων έχουν αξιοποιηθεί κυρίως δύο βασικές σύνθετες μέθοδοι από τον τομέα της νευροεπιστήμης, η τεχνική της λειτουργικής απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (Lobben et al., 2009) και αυτή του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (Keskin et al., 2019, 2020). Ο βασικός στόχος των συγκεκριμένων μελετών συνδέεται με τη μελέτη και την κατανόηση της χωρικής μνήμης του αναγνώστη. Στις επόμενες παραγράφους αναφέρονται τα βασικά στοιχεία που διέπουν τη λειτουργία των προαναφερόμενων μεθόδων.

Η τεχνική της λειτουργικής απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού, γνωστή ως fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) ή απλούστερα η λειτουργική μαγνητική τομογραφία, αποτελεί μια νευροαπεικονιστική μέθοδο η οποία αξιοποιείται ευρέως και στη μελέτη γνωσιακών λειτουργιών του εγκεφάλου. Η συγκεκριμένη τεχνική παράγει εικόνες του εγκεφάλου οι οποίες είναι ευαίσθητες στη μεταβολή της ροής του αίματος όταν υπάρχει ενεργοποίηση εγκεφαλικών κυττάρων (Σμυρνής κ.ά., 2005). Τα εγκεφαλικά κύτταρα κατά την ενεργοποίησή τους παράγουν οξυγόνο. Η BOLD (Blood Oxygen Level Dependent) fMRI καταγράφει την αναλογία οξυγονωμένης και μη αιμοσφαιρίνης, μέσω της τοποθέτησης των υποκειμένων ενός πειράματος σε ένα μαγνητικό πεδίο. Στην τεχνική της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας αξιοποιείται ένας μαγνητικός τομογράφος, γεγονός το οποίο την κατατάσσει στις μη επεμβατικές μεθόδους. Η συγκεκριμένη μέθοδος χαρακτηρίζεται από υψηλή χωρική ανάλυση, που αντιστοιχεί σε 2-5 mm, αλλά από περιορισμένη χρονική ανάλυση, της τάξης των 5-8 sec (Σμυρνής κ.ά., 2005).

Η τεχνική του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, γνωστή ως EEG (electroencephalography), αποτελεί μία σύγχρονη μέθοδο μέτρησης της γνωσιακής φόρτισης κατά την παρακολούθηση οπτικών ή/και ακουστικών ερεθισμάτων (Antonenko et al., 2010). Συγκεκριμένα, η λειτουργία της μεθόδου βασίζεται στην τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο κεφάλι ενός υποκειμένου που μετρά τις διακυμάνσεις των τάσεων. Η εν λόγω τεχνική δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού τόσο των αυτόματων (γρήγορων) διαδικασιών επεξεργασίας, όσο και των

διαδικασιών προσοχής (Μανουηλίδου, 2013). Σε αντίθεση με τη μέθοδο fMRI, η EEG έχει μικρή χωρική ανάλυση, της τάξης εκατοστού, αλλά υψηλή χρονική ανάλυση, καθώς μπορεί να μετρήσει διαφορές σε κλίμακα χιλιοστών (Antonenko et al., 2010).

10.4 Συνδυασμός μεθόδων, σύγχρονες προσεγγίσεις ανάλυσης πειραματικών δεδομένων

Η πληροφορία που είναι διαθέσιμη από την εφαρμογή κάποιας μεθόδου πολλές φορές μπορεί να ενσωματωθεί ή να επαληθευτεί από την αντίστοιχη εφαρμογή μιας άλλης τεχνικής. Για παράδειγμα, η εφαρμογή τεχνικών καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων ή των κινήσεων του κέρσρα ενός Η/Υ μπορεί να δώσει την αντίστοιχη πληροφορία του χρόνου αντίδρασης, αλλά και της ορθότητας μιας απάντησης, κατά τη διαδικασία εύρεσης ενός συμβόλου στόχου σε μια χαρτογραφική απεικόνιση. Ωστόσο, για τη μελέτη των χωρικών απεικονίσεων, οι μέθοδοι που αναφέρονται στο παρόν κεφάλαιο μπορούν να αξιοποιηθούν συνδυαστικά. Για παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η μέθοδος της ανάλυσης των οφθαλμικών κινήσεων μπορεί να συνδυαστεί με την αξιοποίηση μιας μελέτης ερωτηματολογίου. Στην περίπτωση αυτή, μέσω των κινήσεων των ματιών παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής της οπτικής προσοχής ενός υποκειμένου, καταγράφοντας ταυτόχρονα, μέσω ενός ερωτηματολογίου, στοιχεία που υποδηλώνουν τη γνωσιακή επεξεργασία που συμβαίνει κατά την εκπόνηση μιας οπτικής εργασίας. Ωστόσο, η διαδικασία του συνδυασμού ποσοτικών μεθόδων μελέτης της ανθρώπινης αντίδρασης προϋποθέτει τον συγχρονισμό των στοιχείων καταγραφής. Η σημαντικότητα του συνδυασμού διαφορετικών τεχνικών γίνεται άμεσα κατανοητή, αν αναλογιστούμε την αντίστοιχη ποσότητα της πληροφορίας η οποία είναι διαθέσιμη κατά την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων.

Ανεξάρτητα από την επιλογή των πειραματικών μεθόδων που αξιοποιούνται για την αξιολόγηση και τη μελέτη μιας χωρικής απεικόνισης, το σύνολο των δεδομένων που συλλέγονται αναλύονται μέσω στατιστικών μεθόδων. Σκοπός της εφαρμογής των μεθόδων αυτών αποτελεί, κυρίως, η ανάδειξη των διαφορών που ενδεχομένως προκύπτουν κατά την παρακολούθηση διαφορετικών οπτικών ερεθισμάτων ή διαφορών που οφείλονται σε διαφορετικές ομάδες στατιστικών πληθυσμών (π.χ. άπειροι και έμπειροι). Για παράδειγμα: έστω ένα χαρτογραφικό πείραμα το οποίο αποσκοπεί στο να απαντήσει το υποκείμενο της έρευνας κατά πόσο ένα σύμβολο εντοπίζεται ταχύτερα ή αργότερα σε σχέση με ένα άλλο, κατά την αξιοποίησή του στον χαρτογραφικό συμβολισμό. Ας υποθέσουμε ότι το σύνολο των υποκειμένων αναζητά τα δύο διαφορετικά σύμβολα σε δύο διαφορετικές οπτικές σκηνές και ότι η απόκριση καταγράφεται μέσω της συλλογής των αντίστοιχων χρόνων αντίδρασης. Υποθέτουμε, επίσης, ότι οι οπτικές σκηνές διαφοροποιούνται μόνο ως προς το σύμβολο-στόχο, ενώ οι υπόλοιπες ιδιότητες της σκηνής (χαρτογραφικό υπόβαθρο, θέση στόχου και κατανομή συμβόλων του χάρτη) παραμένουν σταθερές. Για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα, αφού εξαχθούν από τον μηχανισμό καταγραφής οι χρόνοι αντίδρασης, θα πρέπει να υπολογιστούν τα αντίστοιχα ποσοστά ορθότητας των απαντήσεων των υποκειμένων. Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελεί μια πρώτη ένδειξη ως προς την αποδοτικότητα της συγκεκριμένης εργασίας. Επιπροσθέτως, η απόκριση των υποκειμένων μπορεί να περιγραφεί από κλασικά μέτρα κεντρικότητας (π.χ. υπολογισμός αριθμητικού μέσου όρου ή διάμεσου) και διασποράς (π.χ. τυπική απόκλιση ή συντελεστής μεταβλητότητας) που αξιοποιούνται στη στατιστική. Τέλος, η διερεύνηση της ύπαρξης ή μη στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ των δύο ομάδων χρόνων αντίδρασης (υποθέτουμε ότι δημιουργούνται δύο διαφορετικές ομάδες δειγμάτων, λόγω των δύο διαφορετικών συμβόλων) βασίζεται στην εφαρμογή των γνωστών στατιστικών ελέγχων υποθέσεων, καθώς και των αντίστοιχων στατιστικών μεθόδων για τη σύγκριση των δειγμάτων.

Γίνεται φανερό ότι οι σύγχρονες προσεγγίσεις για τη διεξαγωγή και την ανάλυση πειραματικών δεδομένων, τα οποία βασίζονται σε ποιοτικές και κυρίως σε ποσοτικές μεθόδους, προϋποθέτουν την αξιοποίηση λογισμικών εργαλείων. Στην πράξη, λαμβάνοντας υπόψη τον τεράστιο όγκο δεδομένων, οι διαδικασίες της καταγραφής, του συγχρονισμού, της επεξεργασίας, της ανάλυσης και της οπτικοποίησης των αντίστοιχων καταγραφών υλοποιούνται μέσω της αυτοματοποίησης και του προγραμματισμού λογισμικών εφαρμογών. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετά λογισμικά εργαλεία τα οποία διανέμονται στην επιστημονική κοινότητα με άδειες ελεύθερου λογισμικού/λογισμικού ανοικτού κώδικα. Επίσης, η ελεύθερη διανομή των πειραματικών δεδομένων, τα οποία συλλέγονται από διαφορετικές μελέτες, μπορεί να τροφοδοτήσει την εφαρμογή τεχνικών μηχανικής μάθησης, με σκοπό τη μελέτη και την πρόβλεψη της ανθρώπινης απόκρισης σε διαφορετικά οπτικά ερεθίσματα.

Βιβλιογραφία

- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., & Van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational psychology review*, 22(4), 425-438.
- Chen, M. C., Anderson, J. R., & Sohn, M. H. (2001). What can a mouse cursor tell us more? *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI '01*, 281.
- Cooke, L. (2006). Is the Mouse a "Poor Man's Eye Tracker"?. In *Annual conference-society for technical communication*, 53, 252.
- Guo, Q., & Agichtein, E. (2010). Towards predicting web searcher gaze position from mouse movements. *Proceedings of the 28th of the International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '10*, 3601.
- Ηλιοπούλου, Π. (2015). *Γεωγραφική ανάλυση* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/2059>
- Horbiński, T., Cybulski, P., & Medyńska-Gulij, B. (2021). Web Map Effectiveness in the Responsive Context of the Graphical User Interface. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3).
- Johnson, A., Mulder, B., Sijbinga, A., & Hulsebos, L. (2012). Action as a Window to Perception: Measuring Attention with Mouse Movements. *Applied Cognitive Psychology*, 26(5), 802–809. <https://doi.org/10.1002/acp.2862>
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological review*, 87(4), 329.
- Keskin, M., Ooms, K., Dogru, A. O., & De Maeyer, P. (2019). EEG & eye tracking user experiments for spatial memory task on maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(12), 546.
- Keskin, M., Ooms, K., Dogru, A. O., & De Maeyer, P. (2020). Exploring the cognitive load of expert and novice map users using EEG and eye tracking. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 429.
- Kiefer, P., Giannopoulos, I., Raubal, M., & Duchowski, A. (2017). Eye tracking for spatial research: Cognition, computation, challenges. *Spatial Cognition & Computation*, 17(1–2), 1–19.
- Kieslich, P. J., Schoemann, M., Grage, T., Hepp, J., & Scherbaum, S. (2020). Design factors in mouse-tracking: What makes a difference? *Behavior Research Methods*, 52(1), 317–341.
- Κουτσόπουλος, Κ. (2006). *Ανάλυση Χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και Τεχνικές*. Εκδόσεις Διηλεκτές, Αθήνα.
- Krassanakis, V., & Kesidis, A. L. (2020). MatMouse: A Mouse Movements Tracking and Analysis Toolbox for Visual Search Experiments. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(4), 83.
- Krassanakis, V., & Cybulski, P. (2019). A review on eye movement analysis in map reading process: the status of the last decade. *Geodesy and Cartography*, 68(1), 191–209.
- Krassanakis, V., & Cybulski, P. (2021). Eye Tracking Research in Cartography: Looking into the Future. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6), 411.
- Lloyd, R. (2005). Attention on Maps. *Cartographic Perspectives*, 52, 28-57.
- Lobben, A., Lawrence, M., & Olson, J. M. (2009). fMRI and Human Subjects Research in Cartography. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 44(3), 159–169.
- Μανουηλίδου Χ., (2013). *Νευρογλωσσολογία - Ενότητα 5: Νευροαπεικονιστικές Μέθοδοι και Τεχνικές Ι: EEG, MEG*. Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα, Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο στο: <https://eclass.upatras.gr/courses/LIT1901/>

- Michaelidou, E., Filippakopoulou, V., Nakos, B., & Petropoulou, A. (2005). Designing point map symbols: The effect of preattentive attributes of shape. *Proceedings of the 22nd International Cartographic Association Conference, A Coruna, Spain*.
- Ooms, K., De Maeyer, P., & Fack, V. (2014). Study of the attentive behavior of novice and expert map users using eye tracking. *Cartography and Geographic Information Science, 41*(1), 37-54.
- Popelka, S., & Doležalová, J. (2015). Non-photorealistic 3D Visualization in City Maps: An Eye-Tracking Study. In *Modern Trends in Cartography* (pp. 357–367), Springer.
- Σμυρνής, Ν., Μαλογιάννης, Ι.Α., Ευδοκιμίδης, Ι., Παπαθανασίου, Μ., Μαντάς, Α., Μπαράς, Π., Κελέκης, Δ., & Χριστοδούλου, Γ.Ν. (2005). Ανάπτυξη της μεθόδου της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας στην Ελλάδα. *Ψυχιατρική, 16*(4), 328-340.
- Štěřba, Z., Šařinka, Č., & Stachoň, Z. (2014, June). Usability testing of cartographic visualizations: principles and research methods. In *Proceedings of the 5th International Conference on Cartography and GIS Proceedings* (Vol. 1, pp. 147-256).
- Wolfe, J. M. (1998). Visual Search. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. University London Press, London, UK.

Κεφάλαιο 11

Σύνοψη

Στο Κεφάλαιο 11 περιγράφονται τεχνικές καταγραφής και ανάλυσης οφθαλμικών κινήσεων, εστιάζοντας στην αξιολόγηση των χωρικών απεικονίσεων. Γίνεται αναλυτική περιγραφή τόσο των βασικών (προσηλώσεων και σακκαδικών κινήσεων) όσο και των παράγωγων μεγεθών ανάλυσης και παρουσιάζονται βασικοί αλγόριθμοι εντοπισμού οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης. Επιπροσθέτως, αναφέρονται οι βασικές μέθοδοι οπτικοποίησης οφθαλμικών κινήσεων και συνοψίζονται τα διαθέσιμα λογισμικά εργαλεία ανάλυσης. Τέλος, για την κατανόηση των βασικών μεγεθών και των μεθόδων που παρουσιάζονται, παρατίθενται διάφορες εφαρμογές και παραδείγματα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Βασικά στοιχεία ανατομίας του συστήματος οφθαλμών-εγκέφαλος και του τρόπου λειτουργίας της όρασης.

11 Αξιολόγηση χωρικών απεικονίσεων: Ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων

11.1 Βασικές τεχνικές εντοπισμού οφθαλμικών κινήσεων

Ο εντοπισμός των κινήσεων του οφθαλμού αναφέρεται στη διαδικασία της μέτρησης και της καταγραφής, είτε της κίνησης των ματιών σε σχέση με το κεφάλι ενός υποκειμένου ή της θέσης του βλέμματός του κατά τη διάρκεια της παρατήρησης μιας οπτικής σκηνής. Η οπτική σκηνή ενδέχεται να αντιστοιχεί σε μια εικόνα που προβάλλεται σε οποιαδήποτε ψηφιακή οθόνη (π.χ. τυπική οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή ή έξυπνου κινητού τηλεφώνου), να αποτελεί μέρος του φυσικού χώρου ή μέρος κάποιου εικονικού περιβάλλοντος. Ένα σύστημα εντοπισμού οφθαλμού είναι η συσκευή που μετράει τη θέση του οφθαλμού, καθώς και τις οφθαλμικές κινήσεις πάνω σε μια περιοχή με οπτικά ερεθίσματα ενδιαφέροντος (π.χ. έναν στατικό χάρτη).

Ένα σύστημα εντοπισμού ενδέχεται να χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνικές για τον εντοπισμό του οφθαλμού και την καταγραφή των κινήσεών του. Χρησιμοποιώντας ως κριτήρια τον τρόπο επαφής του συστήματος με το υποκείμενο, το είδος των δεδομένων που συλλέγονται, καθώς και τη μεθοδολογία ανάλυσης και επεξεργασίας τους, μπορούν να διακριθούν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει τις τεχνικές της ηλεκτρο-οφθαλμογραφίας, η δεύτερη τις τεχνικές που στηρίζονται στη χρήση ειδικών τύπων φακών επαφής και η τρίτη τις τεχνικές που αξιοποιούν κάμερες, οι οποίες αναλύουν εικόνες του οφθαλμού (Duchowski, 2007).

Η ηλεκτρο-οφθαλμογραφία αποτελεί μια τεχνική εντοπισμού του οφθαλμού, η οποία βασίζεται στο ηλεκτρικό δυναμικό του δέρματος και στη δημιουργία ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που κινείται μαζί με τον οφθαλμό. Η συγκεκριμένη τεχνική μετράει τις σχετικές θέσεις του οφθαλμού σε σχέση με το κεφάλι του υποκειμένου και δεν είναι γενικά κατάλληλη για την καταγραφή του βλέμματος του υποκειμένου σε μια οπτική σκηνή. Ωστόσο, η εν λόγω προσέγγιση βρίσκει εφαρμογή στη μελέτη του ύπνου, της ικανότητας της ανάγνωσης και της οπτικής κόπωσης ενός υποκειμένου.

Με την εφαρμογή τεχνικών που βασίζονται στη χρήση ειδικών τύπων φακών επαφής, ο εντοπισμός της κίνησης του οφθαλμού επιτυγχάνεται με μεγάλη ακρίβεια. Δύο είναι οι βασικές μέθοδοι που συνδέονται με τη χρήση φακών επαφής σε εφαρμογές εντοπισμού οφθαλμού. Η πρώτη μέθοδος αναφέρεται στον εντοπισμό της θέσης του οφθαλμού βάσει των ανακλάσεων ακτίνων φωτός. Στη μέθοδο αυτή, τοποθετούνται στον φακό επαφής επίπεδες ανακλαστικές επιφάνειες, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της θέσης του οφθαλμού μέσω των ανακλάσεων. Στη δεύτερη μέθοδο, ο προσδιορισμός της θέσης του οφθαλμού πραγματοποιείται με χρήση ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Σε αυτήν την περίπτωση, εγκαθίσταται στον φακό επαφής ένα πηνίο επαγωγής, μικροσκοπικού μεγέθους. Ο εντοπισμός της θέσης του οφθαλμού γίνεται με τη βοήθεια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου υψηλής συχνότητας γύρω από το κεφάλι του υποκειμένου. Όπως και στην περίπτωση της μεθόδου της ηλεκτρο-οφθαλμογραφίας, οι τεχνικές που βασίζονται στην αξιοποίηση ειδικών τύπων φακών επαφής δεν είναι κατάλληλες για την καταγραφή του βλέμματος του υποκειμένου. Επιπλέον, η φύση των διαδικασιών που πραγματοποιούνται δεν τις καθιστούν εύχρηστες για καθημερινή εφαρμογή.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούν κάμερες για τον εντοπισμό του οφθαλμού στηρίζονται στην ανάκλαση του φωτός από τον οφθαλμό. Το φως σε αυτού του είδους τις εφαρμογές είναι κυρίως υπέρυθρο. Σύμφωνα με τους Glenstrup & Engell-Nielsen (1995), οι τεχνικές αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε προσεγγίσεις οι οποίες περιλαμβάνουν την ανίχνευση της περιφέρειας του κερατοειδούς χιτώνα, την ανίχνευση της κόρης του οφθαλμού, τη συσχέτιση ανάκλασης από την κόρη και τον κερατοειδή χιτώνα, τη διπλή απεικόνιση ειδώλων Purkinje, καθώς και την ανάκλαση από τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και απεικόνιση του τελευταίου με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων.

Η μέθοδος της ανίχνευσης της περιφέρειας του κερατοειδούς χιτώνα στηρίζεται σε ανακλάσεις της ίριδας και του σκληρού χιτώνα του οφθαλμού. Ως περιφέρεια του κερατοειδούς ορίζεται το όριο μεταξύ του σκληρού χιτώνα και της ίριδας του οφθαλμού. Η περιφέρεια αυτή είναι εύκολα ανιχνεύσιμη, λόγω της διαφοράς των τόνων μεταξύ του λευκού μέρους του σκληρού χιτώνα και της ίριδας. Ο εντοπισμός της θέσης πραγματοποιείται με βάση τη σχετική θέση του ορίου του κερατοειδούς μέσα στον οφθαλμό. Για την εφαρμογή της μεθόδου, η οποία βασίζεται στον υπολογισμό σχετικής θέσης, κρίνεται απαραίτητη η σχετική σταθεροποίηση του κεφαλιού και της συσκευής εντοπισμού. Σύμφωνα με τους Scott & Findlay (1991), λόγω της επαναλαμβανόμενης κάλυψης της περιφέρειας του κερατοειδούς από τα βλέφαρα του εξωτερικού μέρους του οφθαλμού, η μέθοδος θεωρείται κατάλληλη μόνο για τελείως οριζόντια ανίχνευση οφθαλμού.

Στη μέθοδο ανίχνευσης της κόρης, εντοπίζεται το όριο μεταξύ της κόρης και της ίριδας του οφθαλμού και χρησιμοποιείται το φαινόμενο του διαφορικού φωτισμού μέσω της χρήσης υπέρυθρων πηγών φωτισμού, με σκοπό τη δημιουργία του φαινομένου της σκούρας-φωτεινής κόρης. Ο εντοπισμός της περιφέρειας της κόρης πραγματοποιείται με την αφαίρεση της εικόνας της σκούρας κόρης από την αντίστοιχη εικόνα της φωτεινής κόρης (Zhu & Ji, 2005). Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου, σε σχέση με την προηγούμενη, είναι το γεγονός ότι τα μάτια δεν επικαλύπτονται τόσο συχνά από τα βλέφαρα και έτσι ο εντοπισμός της κόρης είναι διαθέσιμος στην παράλληλη και την οριζόντια διάσταση. Ωστόσο, η συσκευή εντοπισμού που χρησιμοποιείται, όπως και στην περίπτωση του εντοπισμού της περιφέρειας του κερατοειδούς, θα πρέπει να είναι σχετικά σταθεροποιημένη σε σχέση με το κεφάλι του υποκειμένου.

Η μέθοδος της συσχέτισης της ανάκλασης της κόρης και του κερατοειδούς χιτώνα βασίζεται στη μέτρηση της απόστασης των ανακλάσεων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα και του πρώτου εκ των τεσσάρων ειδώλων Purkinje, όταν προσπίπτει υπέρυθρο φως στην επιφάνεια του οφθαλμού. Τα είδωλα Purkinje αποτελούν ανακλάσεις που παρατηρούνται στα όρια μεταξύ των φακών και του κερατοειδούς χιτώνα. Οι δύο ανακλάσεις μπορούν να καταγραφούν με βίντεο, μέσω χρήσης καμερών, ευαίσθητων στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι σχετικές αποστάσεις των ανακλάσεων αυτών μεταβάλλονται με την κίνηση του οφθαλμού, κάνοντας μ' αυτόν τον τρόπο εφικτό τον εντοπισμό του βλέμματος σε μια οπτική σκηνή. Για την ορθή εφαρμογή της μεθόδου, η λήψη της εικόνας του οφθαλμού θα πρέπει να αντιστοιχεί σε ικανοποιητικά επίπεδα ανάλυσης και εστίασης.

Στη μέθοδο της διπλής απεικόνισης ειδώλων Purkinje, ο εντοπισμός του οφθαλμού πραγματοποιείται μέσω του προσδιορισμού της σχετικής θέσης μεταξύ του πρώτου και του τέταρτου ειδώλου Purkinje που δημιουργούνται με την πρόσπτωση της υπέρυθρης πηγής φωτισμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αρκετά ακριβής, λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες δειγματοληψίας και απαιτεί αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού.

Η μέθοδος της ανάκλασης από τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και της απεικόνισής του με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων αναπτύχθηκε από τους Baluja & Pommerleau (1994). Από τη μεριά της παρατηρούμενης οπτικής σκηνής, τοποθετείται μια σταθερή πηγή φωτισμού προς το υποκείμενο και χρησιμοποιείται μια κάμερα με οπτικό πεδίο ολόκληρο το κεφάλι του υποκειμένου. Το σύστημα εξάγει την εικόνα του οφθαλμού με κέντρο τη φωτεινή περιοχή του ειδώλου σε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο. Το νευρωνικό δίκτυο πριν από κάθε δειγματοληψία είναι απαραίτητο να προσαρμοστεί στο οπτικό σύστημα και το κεφάλι του υποκειμένου. Η προσαρμογή του συστήματος πραγματοποιείται με την παρακολούθηση του οφθαλμού κατά την κίνηση του κέρσορα στην οθόνη ενδιαφέροντος (οθόνη παρατήρησης οπτικών σκηνών). Μετά από το στάδιο της προσαρμογής, το σύστημα ακολουθεί μια αυτόματη διαδικασία η οποία βασίζεται στη χρήση των δεδομένων που έχουν καταγραφεί κατά το πρώτο στάδιο. Η διάρκεια της αυτόματης προσαρμογής δεν επαναλαμβάνεται με την επαναχρησιμοποίηση του συστήματος εντοπισμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν εμφανίζει ιδιαίτερα μεγάλες ακρίβειες, αλλά έχει ένα βασικό πλεονέκτημα. Το υποκείμενο έχει τη δυνατότητα της κίνησης του κεφαλιού του σε ένα συγκεκριμένο εύρος. Το γεγονός αυτό δίνει περισσότερους βαθμούς ελευθερίας στην κίνηση του υποκειμένου.

Από τις μεθόδους που αναφέρθηκαν, οι τεχνικές οι οποίες βασίζονται στη χρήση καμερών για την ανίχνευση των κινήσεων των οφθαλμών έχουν επικρατήσει στα ερευνητικά πεδία που σχετίζονται με τη μελέτη των οπτικών ερεθισμάτων. Βασικοί λόγοι είναι η αμεσότητα και η ευκολία στη διαδικασία της εφαρμογής τους. Έτσι, η αξιολόγηση των χωρικών απεικονίσεων μπορεί να ολοκληρωθεί αξιοποιώντας σχετικό εξοπλισμό ο οποίος είναι κατάλληλος για την καταγραφή του βλέμματος τόσο σε αναλογικές απεικονίσεις (έντυπους χάρτες) όσο και σε ψηφιακές (π.χ. σε χάρτη οθόνης, διαδραστικό διαδικτυακό χάρτη).

11.2 Καταγραφή & ανάλυση δεδομένων οφθαλμικών κινήσεων

Κατά τη διάρκεια της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων, τα συστήματα καταγραφής εξάγουν ως πρωταρχικά δεδομένα τις χωρο-χρονικές ((x, y, t) ή (x, y, z, t)) συντεταγμένες των κινήσεων των οφθαλμών. Οι εν λόγω κινήσεις αναφέρονται στην παρατήρηση μιας οπτικής σκηνής. Όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, η οπτική σκηνή είναι δυνατόν να αποτελεί μια απεικόνιση δύο διαστάσεων ή να επεκτείνεται στο φυσικό ή σε έναν εικονικό χώρο, δηλαδή να αποτελεί απεικόνιση τριών διαστάσεων. Η δημιουργία και η μελέτη βασικών και παράγωγων μεγεθών, από τα πρωταρχικά δεδομένα της καταγραφής, παρέχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης της συγκεκριμένης μεθοδολογίας στην αξιολόγηση και την εξαγωγή ερευνητικών συμπερασμάτων που συνδέονται με τις χωρικές απεικονίσεις. Τα βασικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων αναφέρονται στις προσηλώσεις και τις σακκαδικές κινήσεις (Poole & Ball, 2005). Η προσηλώση συντελείται σε μια χρονική περίοδο κατά την οποία ο οφθαλμός παραμένει «σχετικά» στάσιμος, ενώ η σακκαδική κίνηση είναι μια γρήγορη κίνηση «μετάβασης» μεταξύ δύο προσηλώσεων (Ehmke & Wilson, 2007). Η αλληλουχία «προσηλώση - σακκαδική κίνηση - προσηλώση - σακκαδική κίνηση - ...» συνθέτει το οπτικό ίχνος της καταγραφής (Goldberg & Kotval, 1999). Αυτό αποτελεί και ένα από τα στοιχειώδη παράγωγα μεγέθη της οφθαλμικής ανάλυσης.

Η ανάλυση των δεδομένων προϋποθέτει την προ-επεξεργασία των αρχικών στοιχείων με σκοπό τη μοντελοποίησή τους στα βασικά παράγωγα μεγέθη (προσηλώσεις και σακκαδικές κινήσεις). Έχουν αναπτυχθεί διαφορετικοί αλγόριθμοι για την ταξινόμηση των μεγεθών της καταγραφής σε βασικά μεγέθη (Goldberg & Schryver, 1993). Η επιλογή του καταλληλότερου αλγορίθμου αναγνώρισης εξαρτάται από τη φύση των οπτικών ερεθισμάτων που εξετάζονται σε μία πειραματική διαδικασία. Για παράδειγμα, ένας κλασικός χάρτης αποτελείται από δύο διαστάσεις με αμετάβλητο συμβολισμό, ενώ ένας χάρτης κινούμενης εικόνας χαρακτηρίζεται από συνεχόμενες αλλαγές κατά τη διάρκεια της παρατήρησής του. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον εντοπισμό των βασικών μεγεθών ανάλυσης.

Οι μετρήσεις που προκύπτουν από τη διαδικασία καταγραφής αποτελούνται από στοιχεία, τόσο χρονικής όσο και χωρικής φύσης. Αυτά παράγουν κάποια βασικά μεγέθη, τα οποία συνδέονται άμεσα με τις γνωσιακές διαδικασίες που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια της οπτικής παρατήρησης. Ο συνδυασμός των βασικών μεγεθών μπορεί να δώσει παράγωγα μεγέθη που δύνανται να αξιοποιηθούν στη διερεύνηση της υπόθεσης που εξετάζεται. Επιπλέον, η επιλογή κατάλληλων μεθόδων οπτικοποίησης για την αναπαράσταση βασικών ή παράγωγων μεγεθών ενδέχεται να παρέχει σημαντικά στοιχεία στην αξιολόγηση, κατά τη μελέτη μιας οπτικής σκηνής (π.χ. μιας χωρικής απεικόνισης) ή της αντίστοιχης γνωσιακής διαδικασίας (π.χ. μιας εργασίας χάρτη, όπως καταμέτρηση στοιχείων ή εύρεση σημείων ενδιαφέροντος).

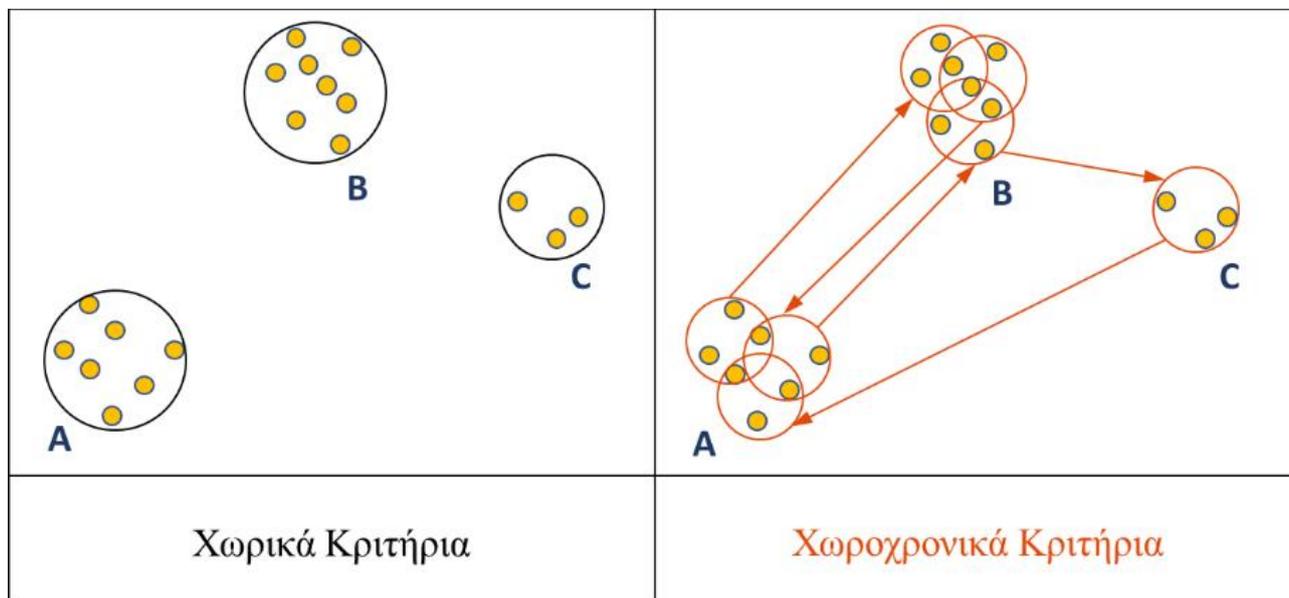
11.3 Βασικά μεγέθη οφθαλμικής καταγραφής

11.3.1 Προσηλώσεις

Τα στοιχεία που συνθέτουν μια οπτική σκηνή επηρεάζουν τη διαδικασία της παρατήρησής της, καθώς και τον τρόπο αποκωδικοποίησης των μηνυμάτων τα οποία αντιλαμβάνεται το υποκείμενο. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κατά τη διάρκεια παρατήρησης μιας οπτικής σκηνής, ο οφθαλμός εστιάζει σε διάφορα σημεία στα οποία παραμένει «σχετικά στάσιμος». Το χρονικό διάστημα που συμβαίνει αυτή η σχετική σταθεροποίηση, θεωρούμε ότι η οφθαλμική κίνηση που πραγματοποιείται είναι η προσηλώση.

Η διαδικασία εντοπισμού των προσηλώσεων από τα στοιχεία της χωρο-χρονικής καταγραφής απαιτεί την εφαρμογή διαφορετικών κριτηρίων. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αλγόριθμοι απομόνωσης των προσηλώσεων από το σύνολο των καταγραφικών στοιχείων των οφθαλμικών κινήσεων και την επιλογή των κατάλληλων τιμών των κριτηρίων αυτών (Blignaut, 2009). Τα περισσότερα εμπορικά λογισμικά εργαλεία, που

υποστηρίζουν τα συστήματα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων, συνοδεύονται από κάποιον από τους αλγόριθμους εντοπισμού των προσηλώσεων. Τα κριτήρια που εφαρμόζονται στους περισσότερους αλγόριθμους αυτού του είδους είναι κυρίως χωρικά, με δυνατότητα εφαρμογής και χρονικών περιορισμών (Goldberg & Kotval, 1999). Στην Εικόνα 11.1 γίνεται μια σύγκριση δύο διαφορετικών αλγόριθμων. Στη μία περίπτωση, για τον εντοπισμό των προσηλώσεων, χρησιμοποιούνται μόνο χωρικοί περιορισμοί. Στην άλλη, ο εντοπισμός των προσηλώσεων στηρίζεται τόσο σε χωρικά όσο και σε χρονικά κριτήρια. Η εφαρμογή διαφορετικών κριτηρίων και διαφορετικών τιμών του εκάστοτε (χωρικού ή χρονικού) κατωφλίου επηρεάζει τον εντοπισμό των προσηλώσεων από τα πρωταρχικά στοιχεία της καταγραφής.



Εικόνα 11.1 Σύγκριση αλγορίθμων εντοπισμού προσηλώσεων με χωρικά (αριστερά) και χωροχρονικά (δεξιά) κριτήρια αντίστοιχα (Goldberg & Kotval, 1999: Ίδια επεξεργασία).

Βασικός περιορισμός στον εντοπισμό μιας προσήλωσης είναι η ελάχιστη διάρκειά της, η οποία αντιστοιχεί στο διάστημα μεταξύ 100-150 ms (Viviani, 1990; Goldberg & Kotval, 1999; Duchowski, 2007). Ωστόσο, σε κάποιες μελέτες αναφέρεται και το όριο των 80 ms (Wass et al., 2013). Μια τυπική κίνηση προσήλωσης έχει διάρκεια μεταξύ 250-300 ms (Viviani, 1990). Κατά τη διάρκεια μιας προσήλωσης συμβαίνουν τουλάχιστον τρία διαφορετικά γεγονότα, η λειτουργία των οποίων δεν είναι απαραίτητα διαχωρίσιμη, δηλαδή δεν συμβαίνει αναγκαστικά το επόμενο μόνο όταν ολοκληρωθεί το προηγούμενο (Viviani, 1990; Goldberg & Kotval, 1999). Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια μιας προσήλωσης, η οπτική πληροφορία κωδικοποιείται ώστε να καταγραφεί η συνολική σκηνή (Loftus & Mackworth, 1978; Goldberg & Kotval, 1999), συλλέγονται πληροφορίες από το περιφερειακό οπτικό πεδίο με σκοπό να καθοριστούν οι επακόλουθες πληροφοριακές περιοχές και σχεδιάζεται η σακκαδική κίνηση που πρόκειται να ακολουθήσει. Κατά τη διάρκεια της παρατήρησης ενός συγκεκριμένου στόχου-αντικειμένου στην οπτική σκηνή, το εύρος της έκτασης μιας τυπικής οφθαλμικής κίνησης προσήλωσης αντιστοιχεί περίπου σε 1° του οπτικού τόξου (Blignaut, 2009).

Η απομόνωση των οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία που προκύπτουν από την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων και συντελούν στην ανάλυσή τους. Οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης είναι σε θέση να υποδείξουν κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία ανάγνωσης και τις γνωσιακές διεργασίες που συμβαίνουν όταν παρατηρείται ένα οπτικό ερέθισμα. Κατά τη σάρωση μιας οπτικής σκηνής, η ύπαρξη μεγάλης συχνότητας προσηλώσεων δηλώνει ότι το υποκείμενο ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για τη συγκεκριμένη σκηνή ή ότι η σκηνή (αντίστοιχα το αντικείμενο-στόχος) εμφανίζεται περισσότερο πολύπλοκη στην αποκωδικοποίησή της (Just & Carpenter, 1976; Jacob & Karn, 2003; Poole & Ball, 2005). Η μετάβαση μεταξύ των οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης κατά τη διάρκεια της οπτικής διαδικασίας πραγματοποιείται μέσω των σακκαδικών κινήσεων.

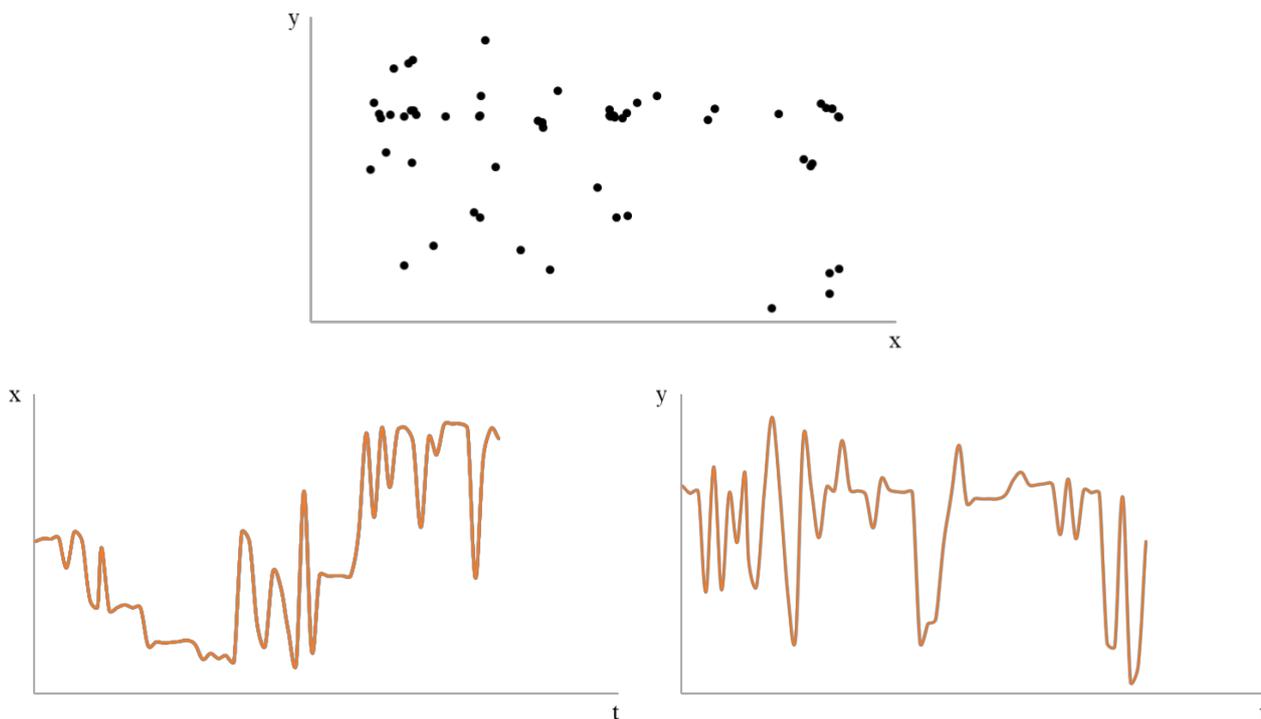
Μελετώντας, για παράδειγμα, τις θέσεις και τις αντίστοιχες διάρκειες των κινήσεων προσήλωσης κατά την ελεύθερη παρατήρηση (δηλαδή χωρίς την απαίτηση για εκπόνηση κάποιας συγκεκριμένης εργασίας χάρτη) ενός κλασικού στατικού χάρτη, μπορούμε να απαντήσουμε στο απλό ερώτημα σύγκρισης-κατανομής της

οπτικής προσοχής του παρατηρητή. Έτσι, πιο συγκεκριμένα, μπορεί να διαπιστωθεί αν η οπτική προσοχή ενός υποκειμένου κατανέμεται περισσότερο στο κύριο μέρος του χάρτη ή στα βοηθητικά στοιχεία του (όπως είναι ο τίτλος, το υπόμνημα κλπ.).

11.3.2 Σακκαδικές κινήσεις

Αναλύοντας τα δεδομένα της οφθαλμικής καταγραφής, εκτός από τις προσηλώσεις, βασικές οφθαλμικές κινήσεις είναι οι σακκαδικές. Οι συγκεκριμένες κινήσεις εκτελούνται με σκοπό τη μετάβαση από ένα σημείο συγκέντρωσης της προσοχής του βλέμματος (προσήλωσης) σε ένα άλλο. Το χρονικό εύρος εκτέλεσης μιας σακκαδικής κίνησης αντιστοιχεί στο διάστημα μεταξύ 10-100 ms (Duchowski, 2007). Το εύρος αυτό είναι στην ουσία μικρότερο από την αντίστοιχη διάρκεια μιας κίνησης προσήλωσης. Κατά την εκπόνηση μιας σακκαδικής κίνησης, δεν εκτελούνται διαδικασίες κωδικοποίησης. Συνεπώς, οι κινήσεις αυτές δεν μπορούν να δώσουν πληροφορίες σχετικά με την πολυπλοκότητα ή την «οπτική προεξοχή» αντικειμένων που αποτελούν την οπτική σκηνή (Poole & Ball, 2005). Ωστόσο, οι σακκαδικές κινήσεις «οπισθοδρόμησης» (Rayner & Pollatsek, 1989; Poole & Ball, 2005), οι οποίες στην πράξη δείχνουν αλλαγή στη «στρατηγική» και στην κατεύθυνση της οπτικής παρατήρησης, ενδέχεται να υποδείξουν στοιχεία που συνδέονται με γνωσιακή επεξεργασία.

Η μορφή τόσο των σακκαδικών κινήσεων όσο και των οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης είναι χαρακτηριστική κατά τη δημιουργία απεικονίσεων από τα πρωταρχικά δεδομένα της καταγραφής. Η ύπαρξη των βασικών οφθαλμικών κινήσεων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σάρωσης μιας οπτικής σκηνής γίνεται ευδιάκριτη στο διάγραμμα των δύο οριζοντιογραφικών συντεταγμένων (x,y) αλλά και κατά την απεικόνιση της μίας εκ των δύο διευθύνσεων (οριζόντια ή κατακόρυφη) σε συνάρτηση με τον χρόνο (x,t ή y,t αντίστοιχα) (Εικόνα 11.2).



Εικόνα 11.2 Αρχικά δεδομένα καταγραφής τα οποία απεικονίζονται σε διάγραμμα κατανομής οριζοντιογραφικών συντεταγμένων (x,y) (πάνω διάγραμμα) και σε διαγράμματα κατανομής της μίας εκ των δύο οριζοντιογραφικών συντεταγμένων συναρτήσει του χρόνου (x,t και y,t, αντίστοιχα- κάτω αριστερά και κάτω δεξιά διάγραμμα, αντίστοιχα).

11.3.3 Οπτικό ίχνος

Το οπτικό ίχνος αποτελεί το βασικό παράγωγο μέγεθος της οφθαλμικής καταγραφής, καθώς προκύπτει από τα δύο βασικά μεγέθη, τις προσηλώσεις και τις σακκαδικές κινήσεις. Η σύνθεση του οπτικού ίχνους γίνεται από τη διαδοχή των βασικών οφθαλμικών κινήσεων, δηλαδή, το οπτικό ίχνος ακολουθεί το πρότυπο προσήλωση-σακκαδική κίνηση-προσήλωση κ.ο.κ. Η απεικόνιση της μορφής του οπτικού ίχνους μπορεί να δώσει άμεσα την εικόνα της στρατηγικής σάρωσης μιας οπτικής σκηνής από ένα υποκείμενο. Κατά τη διαδικασία της αναζήτησης ενός στόχου σε μία επιφάνεια παρατήρησης, η μορφή του βέλτιστου οπτικού ίχνους αντιστοιχεί σε μία ευθεία γραμμή η οποία κατευθύνεται προς τον στόχο και αποτελείται από σχετικά μικρής διάρκειας προσήλωση στη θέση του στόχου (Goldberg & Kotval, 1999; Poole & Ball, 2005).

11.4 Παράγωγα μεγέθη καταγραφής

Η δημιουργία και η μελέτη παράγωγων μεγεθών της καταγραφής μπορούν να αξιοποιηθούν στην αξιολόγηση της χρηστικότητας οπτικών σκηνών, σε διαφόρων ειδών αναπαραστάσεις, π.χ. εικόνων, κειμένων, συμβόλων, αλλά και από συνδυασμούς των αντικειμένων αυτών, σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή. Μπορούμε να αναλογιστούμε την πληθώρα των διαφορετικών αντικειμένων που εμφανίζονται ως οπτικά ερεθίσματα, φέρνοντας στο μυαλό μας, για παράδειγμα, πόσα διαφορετικά αντικείμενα μπορεί να εμφανίζονται σε μια κοινή ιστοσελίδα που βρίσκεται στο Διαδίκτυο. Μια τέτοια αναπαράσταση μπορεί να είναι και ένας χάρτης. Η διαδικασία της αξιολόγησης διεπιφανειών, όπως για παράδειγμα ιστοσελίδων και περιβαλλόντων γραφικών λογισμικών εργαλείων και χαρτών, μελετάται εκτεταμένα στο επιστημονικό-γνωστικό αντικείμενο που σχετίζεται με την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον υπολογιστή.

Τα παράγωγα μεγέθη που προσδιορίζονται και μελετώνται είναι άμεσα συνδεδεμένα με τις προσηλώσεις, τις σακκαδικές κινήσεις αλλά και με το βασικό παράγωγο μέγεθος που αναφέρεται στο οπτικό ίχνος.

11.4.1 Μεγέθη που προκύπτουν από προσηλώσεις

Η μοντελοποίηση των αρχικών καταγραφών σε προσηλώσεις και σακκαδικές κινήσεις παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης των επιμέρους διακριτών μεγεθών. Συγκεκριμένα, με την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων σε μία οπτική σκηνή και την απομόνωση των προσηλώσεων που συμβαίνουν σ' αυτήν, μπορεί να υπολογιστούν διαφορετικά μετρητικά στοιχεία. Για παράδειγμα, ο συνολικός αριθμός των προσηλώσεων μπορεί να υποδεικνύει στοιχεία σχετικά με την αποδοτικότητα της οπτικής αναζήτησης. Σε μια θεωρητικά βέλτιστη σχεδιαστικά επιφάνεια, μεγαλύτερος αριθμός προσηλώσεων υποδεικνύει λιγότερο αποδοτική διαδικασία αναζήτησης (Goldberg & Kotval, 1999).

Η συγκέντρωση προσηλώσεων, οι οποίες συμβαίνουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή μιας επιφάνειας, δηλώνει ότι τα στοιχεία που απεικονίζονται στην περιοχή αυτή είναι άξια οπτικής προσοχής ή ότι η περιοχή αυτή είναι ενδεχομένως σημαντικότερη από μια άλλη με λιγότερες προσηλώσεις (Jacob & Karn, 2003; Poole et al., 2004). Στην περίπτωση που οι περιοχές ενδιαφέροντος αποτελούνται μόνο από κείμενο, υπολογίζοντας το πηλίκo του μέσου αριθμού προσηλώσεων ανά περιοχή ενδιαφέροντος προς τον μέσο αριθμό των λέξεων που υπάρχουν στο συγκεκριμένο κείμενο, αποφεύγεται η σύγχυση με τις περιπτώσεις στις οποίες, κατά την παρατήρηση του αντικειμένου, συμβαίνουν περισσότερες προσηλώσεις λόγω δυσκολίας κατανόησής του (Poole et al., 2004). Αντίστοιχοι υπολογισμοί μπορούν να υλοποιηθούν στην περίπτωση χωρικών απεικονίσεων που αναφέρονται σε συγκεκριμένες περιοχές, κάνοντας αναγωγή των αντίστοιχων μεγεθών ανάλογα με τις περιοχές ενδιαφέροντος.

Ένα βασικό μέγεθος που συνοδεύει κάθε προσήλωση μετά τον εντοπισμό της από τα αρχικά δεδομένα μέσω διαφόρων αλγορίθμων, όπως αναφέρεται παραπάνω, είναι η διάρκειά της. Υποδεικνύεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μέση διάρκεια της προσήλωσης, τόσο η εξαγωγή πληροφορίας από τα απεικονιζόμενα στοιχεία της οπτικής σκηνής πραγματοποιείται δυσκολότερα (Jacob & Karn, 2003) ή ότι τα στοιχεία αυτά προσελκύουν περισσότερο την προσοχή του βλέμματος του παρατηρητή (Just & Carpenter, 1976). Επιπροσθέτως, το σύνολο της διάρκειας των προσηλώσεων σε μια περιοχή ενδιαφέροντος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση της κατανομής της οπτικής προσοχής μεταξύ των αντικειμένων στόχων της οπτικής σκηνής (Poole & Ball, 2005).

Συγκρίνοντας τις προσηλώσεις που συμβαίνουν πάνω σε μια οπτική σκηνή κατά τη διαδικασία της οπτικής αναζήτησης, σε σχέση με τους οπτικούς στόχους της σκηνής, μπορούμε να υπολογίσουμε κάποια βοηθητικά μεγέθη, τα οποία είναι σε θέση να μας υποδείξουν επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες και την αποδοτικότητα των στόχων αυτών. Σε μία χωρική απεικόνιση, για παράδειγμα, τον ρόλο των στόχων μπορούν να διαδραματίζουν χαρτογραφικά σύμβολα, τα οποία δημιουργούνται μέσω της επιλογής συγκεκριμένων οπτικών μεταβλητών. Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την πρώτη προσήλωση στον στόχο τόσο εμφανίζει «καλύτερες» ιδιότητες προσοχής ο συγκεκριμένος στόχος (Byrne et al., 1999). Όταν μετά την προσήλωση στον στόχο της οπτικής σκηνής, συμβαίνουν επιπλέον προσηλώσεις, ο στόχος αυτός στερείται νοήματος ή «ορατότητας» από το υποκείμενο (Goldberg & Kotval, 1999). Επιπροσθέτως, υπολογίζοντας το μέγεθος των προσηλώσεων στον στόχο μπορούμε να εξάγουμε πληροφορίες σχετικά με την αποδοτικότητα της οπτικής διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα, το μέγεθος αυτό υπολογίζεται από τον λόγο των προσηλώσεων στον στόχο σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των προσηλώσεων. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του λόγου αυτού, τόσο μικρότερο είναι το επίπεδο αποδοτικότητας στην αναζήτηση (Goldberg & Kotval, 1999).

Κατά την εκτέλεση μιας πειραματικής διαδικασίας οπτικής αναζήτησης, συγκρίνοντας τις προσηλώσεις που συμβαίνουν από το σύνολο των υποκειμένων της έρευνας σε συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος, μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τη σημαντικότητα των περιοχών αυτών στην οπτική σκηνή. Όσο το ποσοστό των υποκειμένων που προσηλώνουν σε μια περιοχή ενδιαφέροντος μειώνεται, η συγκεκριμένη περιοχή θα πρέπει να τονιστεί ή να αφαιρεθεί κατά τον σχεδιασμό (Albert, 2002). Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι τα παράγωγα αυτά μεγέθη μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα στον σχεδιασμό χωρικών απεικονίσεων, καθώς και στη σύγκριση διαφορετικών μορφών σχεδιασμού, οι οποίες, για παράδειγμα, αναφέρονται σε εναλλακτικές μεθόδους απεικονίσεων.

11.4.2 Μεγέθη που προκύπτουν από σακκαδικές κινήσεις

Οι σακκαδικές κινήσεις αναφέρονται στις μεταβάσεις που συμβαίνουν μεταξύ των προσηλώσεων. Ο υπολογισμός του παράγωγου μεγέθους του αριθμού των σακκαδικών κινήσεων χαρακτηρίζει το «εύρος» της διαδικασίας αναζήτησης. Ο μεγαλύτερος αριθμός των σακκαδικών κινήσεων υποδεικνύει περισσότερη αναζήτηση (Goldberg & Kotval, 1999). Επιπροσθέτως, ο υπολογισμός του πλάτους των σακκαδικών κινήσεων δηλώνει το ποσοστό της «περιεκτικότητας νοήματος» των κινήσεων αυτών. Συγκεκριμένα, μακρύτερες σε πλάτος σακκαδικές κινήσεις δηλώνουν ότι οι μεταβάσεις κατά μήκος της οπτικής σκηνής περιέχουν περισσότερους «νοηματικού υπαινιγμούς» σε σχέση με αντίστοιχα μικρότερες σε πλάτος (Goldberg et al., 2002). Την παρουσία λιγότερων «νοηματικών συνθημάτων» μπορεί να υποδηλώσει η εκτέλεση οπισθοδρομικών σακκαδικών κινήσεων κατά τη διάρκεια της αναζήτησης (Sibert et al., 2000). Η ύπαρξη οπισθοδρομικών σακκαδικών κινήσεων δηλώνει τη μη αντιστοιχία μεταξύ των προσδοκιών του υποκειμένου σε σχέση με τον σχεδιασμό της οπτικής σκηνής (Sibert & Jacob, 2000; Goldberg & Kotval, 1999).

Η διαφορά των διευθύνσεων μεταξύ των διαδοχικών σακκαδικών κινήσεων δηλώνει τη σειρά και την κατεύθυνση παρατήρησης των αντικειμένων της οπτικής σκηνής. Σακκαδικές κινήσεις με διαφορά διεύθυνσης μεγαλύτερη της ορθής γωνίας από τις προηγούμενες σακκαδικές, δηλώνουν γρήγορη αλλαγή κατεύθυνσης στην κίνηση του βλέμματος. Το γεγονός αυτό είναι δυνατόν να σημαίνει ότι ο στόχος κατά την παρατήρηση έχει αλλάξει ή ότι ο σχεδιασμός δεν ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του υποκειμένου που συμμετέχει στην αναζήτηση της οπτικής σκηνής (Cowen et al., 2002).

11.4.3 Μεγέθη που προκύπτουν από το οπτικό ίχνος

Κατά την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων ενός υποκειμένου, το οπτικό ίχνος είναι το βασικό παράγωγο μέγεθος το οποίο δίνει τη δυνατότητα της απόδοσης και της μελέτης του αποτελέσματος της γνωσιακής διαδικασίας που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της οπτικής παρατήρησης μιας σκηνής. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, το οπτικό ίχνος συντίθεται από την αλληλουχία προσηλώσεων και σακκαδικών κινήσεων, ενώ μας παρέχει τη δυνατότητα μελέτης και αξιολόγησης της διαδικασίας αναζήτησης μέσω διαφορετικών παράγωγων μεγεθών.

Από το πηλίκο του συνολικού αριθμού των προσηλώσεων προς τον αντίστοιχο των σακκαδικών κινήσεων μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται κατά τη

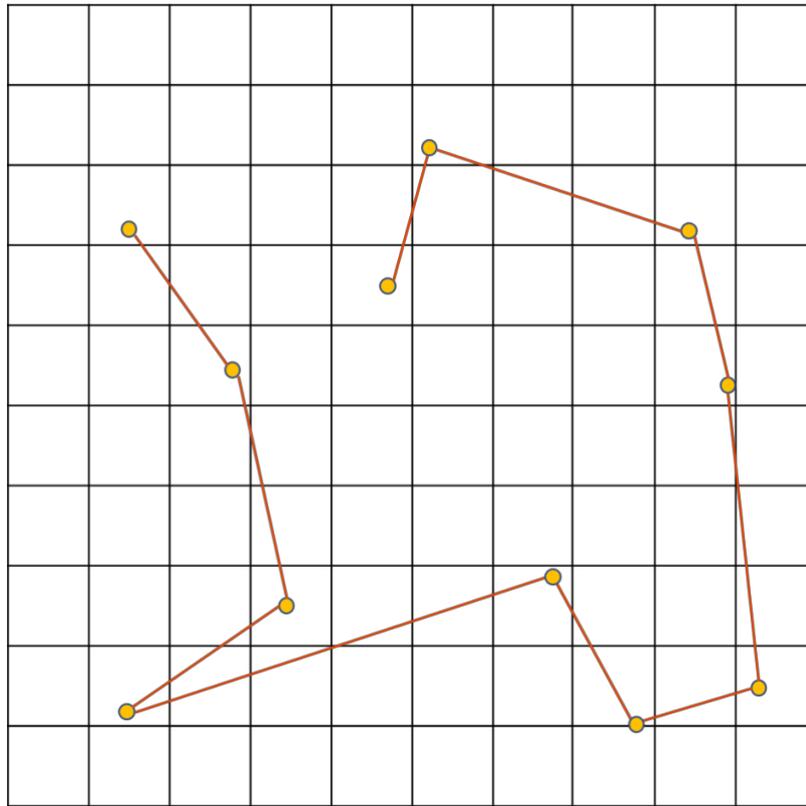
σάρωση μιας οπτικής σκηνής. Συγκεκριμένα, ο χρόνος που δαπανάται για την επεξεργασία των αντικειμένων μιας σκηνής αντιστοιχεί στον χρόνο των προσηλώσεων, ενώ αντίστοιχα ο χρόνος στον οποίο πραγματοποιούνται σακκαδικές κινήσεις αντιστοιχεί στον χρόνο αναζήτησης μεταξύ των αντικειμένων της οπτικής σκηνής. Μεγαλύτερες τιμές του εν λόγω πηλίκου υποδεικνύουν μεγαλύτερο ποσοστό επεξεργασίας ή μικρότερο ποσοστό αναζήτησης (Goldberg & Kotval, 1999).

Η διάρκεια του οπτικού ίχνους υπολογίζεται ως το γινόμενο του αριθμού των καταγραφών του ίχνους επί τον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών καταγραφών (Goldberg & Kotval, 1999). Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από τη συχνότητα δειγματοληψίας του συστήματος καταγραφής. Έτσι, αν έχουμε, για παράδειγμα, ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί σε συχνότητα 30Hz, η χρονική διαφορά μεταξύ των καταγραφών θα είναι ίση με 33.33 msec (αφού η συχνότητα (f) ισούται με το αντίστροφο της περιόδου δειγματοληψίας (T), $f=1/T$). Βέβαια, το μέγεθος της διάρκειας του οπτικού ίχνους μπορεί να υπολογιστεί ως το άθροισμα της διάρκειας των προσηλώσεων και των σακκαδικών κινήσεων. Η διάρκεια του οπτικού ίχνους σχετίζεται περισσότερο με την πολυπλοκότητα της γνωσιακής διεργασίας, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειας αντιστοιχεί στη διάρκεια των προσηλώσεων (Goldberg & Kotval, 1999). Οπτικά ίχνη μεγαλύτερης διάρκειας υποδεικνύουν λιγότερο αποδοτική αναζήτηση σε σχέση με αντίστοιχα μικρότερης διάρκειας (Goldberg & Kotval, 1999).

Ένα άλλο μέγεθος, το οποίο είναι σε θέση να υποδείξει πληροφορίες σχετικά με την αποδοτικότητα της διαδικασίας της οπτικής αναζήτησης είναι το μήκος του οπτικού ίχνους. Το παράγωγο αυτό μέγεθος υπολογίζεται ως το άθροισμα των αποστάσεων μεταξύ σημείων της καταγραφής ή ως το αντίστοιχο άθροισμα μεταξύ των προσηλώσεων (Goldberg & Kotval, 1999). Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του οπτικού ίχνους, τόσο λιγότερο αποδοτική εμφανίζεται η οπτική διαδικασία (Goldberg et al., 2002), γεγονός το οποίο φυσικά εξαρτάται από τον σχεδιασμό της οπτικής σκηνής.

Ο υπολογισμός της χωρικής πυκνότητας του οπτικού ίχνους αντιπροσωπεύει τη χωρική κατανομή των οφθαλμικών καταγραφών. Όσο οι προσηλώσεις του βλέμματος ενός υποκειμένου πραγματοποιούνται σε μια μικρή περιοχή της οπτικής σκηνής, η διαδικασία της αναζήτησης είναι περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με τις περιπτώσεις στις οποίες οι προσηλώσεις που συμβαίνουν είναι ομοιόμορφες (Cowen et al., 2002). Επιπλέον, μικρή χωρική πυκνότητα υποδεικνύει μια πιο άμεση διαδικασία αναζήτησης, ανεξάρτητα από τη χρονική σειρά που συμβαίνουν οι καταγραφές (Goldberg & Kotval, 1999). Πειράματα των Goldberg & Kotval (1999) έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της χρήσης μιας διεπιφάνειας με καλύτερο σχεδιασμό σε σχέση με μία άλλη, η χωρική πυκνότητα των καταγραφών που παράγονται είναι μικρότερη σε σχέση με τις αντίστοιχες σε μια διεπιφάνεια με πιο πρόχειρο σχεδιασμό. Χωρίζοντας την οπτική σκηνή σε έναν τετραγωνικό κλάβο, το μέγεθος της χωρικής πυκνότητας μπορεί να υπολογιστεί ως το πηλίκο του αριθμού των φατνίων στις οποίες υπάρχουν καταγραφές προς τον συνολικό αριθμό των φατνίων του κλάβου (Goldberg & Kotval, 1999). Στην Εικόνα 11.3 φαίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού της χωρικής πυκνότητας του οπτικού ίχνους της καταγραφής.

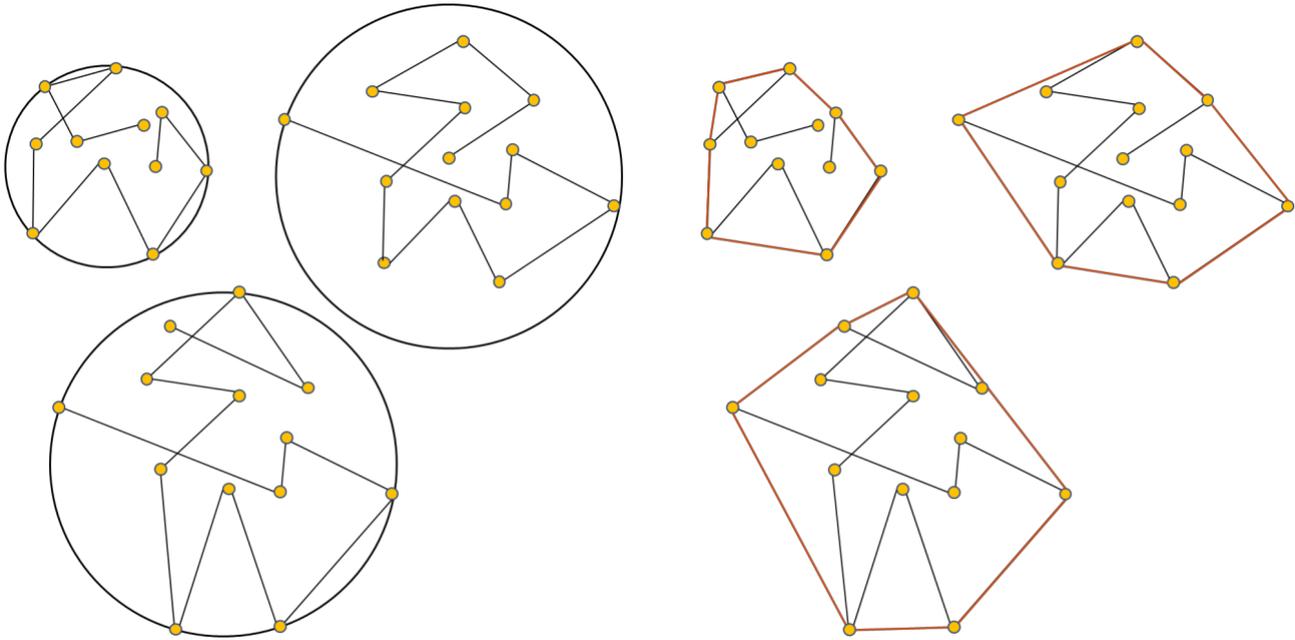
Χωρική Πυκνότητα Οπτικού Ίχνους



Χωρική Πυκνότητα = 11/100

Εικόνα 11.3 Υπολογισμός του μεγέθους της χωρικής πυκνότητας (Goldberg & Kotval, 1999: *Ίδια επεξεργασία*).

Από το οπτικό ίχνος που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της παρατήρησης, εκτός από το μέγεθος της χωρικής πυκνότητας, μπορούμε να υπολογίσουμε τη χωρική κάλυψη της καταγραφής, μέσω της κυρτής επιφάνειας που δημιουργείται. Το εμβαδόν της κυρτής επιφάνειας, μαζί με το μήκος του οπτικού ίχνους, οριοθετούν τη σάρωση στην οπτική σκηνή ή σε κάποια τοπική περιοχή (Goldberg & Kotval, 1999). Το εμβαδόν που καταλαμβάνεται από το σύνολο των καταγραφών της οπτικής σκηνής μπορεί να εκφραστεί από το εμβαδόν που προκύπτει χρησιμοποιώντας έναν κύκλο, ο οποίος να περιλαμβάνει όλες τις καταγραφές. Βέβαια, με τον τρόπο αυτό, το παράγωγο μέγεθος που θα προκύψει είναι πιθανόν να μην είναι τόσο αντιπροσωπευτικό σε σχέση με τη χωρική κάλυψη της περιοχής. Αυτό συμβαίνει καθώς οι καταγραφές είναι δυνατόν να μην είναι ομοιόμορφα κατανομημένες, αλλά να καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μέρος σε μια διεύθυνση. Για τον λόγο αυτό, το παράγωγο μέγεθος της χωρικής κάλυψης υπολογίζεται μέσω του εμβαδού της κυρτής επιφάνειας. Στην Εικόνα 11.4 γίνεται φανερό πως ο υπολογισμός μέσω κυρτής επιφάνειας είναι πιο αντιπροσωπευτικός για την εκτίμηση του μεγέθους της χωρικής κάλυψης.

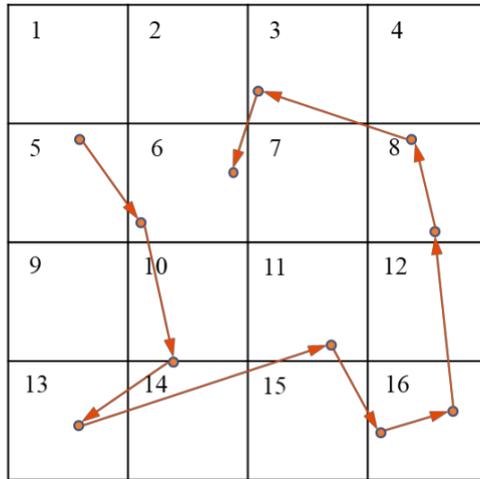


Χωρική Κάλυψη μέσω Περιγεγραμμένου Κύκλου

Χωρική Κάλυψη μέσω Κυρτής Επιφάνειας

Εικόνα 11.4 Σύγκριση διαφορετικών τρόπων υπολογισμού χωρικής κάλυψης (Goldberg & Kotval, 1999: *Ιδία επεξεργασία*). Γίνεται αντιληπτό πως ο υπολογισμός μέσω κυρτής επιφάνειας είναι πιο αντιπροσωπευτικός για την εκτίμηση του μεγέθους της χωρικής κάλυψης σε σχέση με τον υπολογισμό μέσω περιγεγραμμένου κύκλου.

Η μελέτη μιας οπτικής σκηνής περιλαμβάνει τη μελέτη της αποτελεσματικής ή μη λειτουργίας των επιμέρους περιοχών της. Η σειρά παρατήρησης των διαφορετικών περιοχών υποδεικνύει πολλές φορές τη σημασία που αυτές εμφανίζονται να έχουν για το υποκείμενο, σημασία που προκύπτει λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της (από «κάτω προς τα πάνω» παρατήρηση), τα οποία την κάνουν να «εξέχει» σε σχέση με τις υπόλοιπες, ή λόγω ιδιοτήτων οι οποίες ανακαλούν ένα μέρος των γνώσεων του υποκειμένου (από «πάνω προς τα κάτω» παρατήρηση). Το παράγωγο μέγεθος που προκύπτει από το οπτικό ίχνος και υποδεικνύει τις περιοχές μετάβασης στην οπτική σκηνή είναι ο πίνακας μετάβασης. Μέσω του πίνακα μετάβασης εκφράζεται η συχνότητα με την οποία συμβαίνουν οφθαλμικές μετακινήσεις μεταξύ προκαθορισμένων περιοχών ενδιαφέροντος (Ponsoda et al., 1995). Δύο διαφορετικά οπτικά ίχνη με την ίδια χωρική πυκνότητα, είναι δυνατόν να έχουν εντελώς διαφορετικές μεταβάσεις, ενώ το ένα μπορεί να είναι αποδοτικό και το άλλο να δηλώνει μεταβάσεις λόγω αβεβαιότητας του υποκειμένου (Hendrickson, 1989). Ο πίνακας μετάβασης, ουσιαστικά, αποτελεί μια αναπαράσταση σε πίνακα του αριθμού των μετακινήσεων από και προς προκαθορισμένες περιοχές (Goldberg & Kotval, 1999). Στην Εικόνα 11.5 φαίνεται ένα παράδειγμα δημιουργίας του πίνακα μετάβασης. Από τον πίνακα μετάβασης, υπολογίζοντας το πηλίκο του αριθμού των κελιών που είναι συμπληρωμένα προς τον συνολικό αριθμό τους, παίρνουμε την πυκνότητα του πίνακα μετάβασης. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα των μετακινήσεων, η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης είναι εξαντλητική, γεγονός το οποίο με τη σειρά του δηλώνει την ένδειξη ατελούς σχεδιασμού της σκηνής (Goldberg & Kotval, 1999). Αντίθετα, ένας αραιός πίνακας μετάβασης υποδεικνύει την ύπαρξη αποδοτικής αναζήτησης (Goldberg & Kotval, 1999).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3								1								
4																
5																
6			1			1										
7																
8																1
9																
10																
11													1			
12																
13														1		
14							1									
15																
16											1					

Πυκνότητα Μεταβάσεων = $9/256$ (~0,031)

Εικόνα 11.5 Δημιουργία του πίνακα μετάβασης (Goldberg & Kotval, 1999: Ίδια επεξεργασία). Η πυκνότητα μεταβάσεων υπολογίζεται ως το πηλίκο του αριθμού των συμπληρωμένων κελιών προς τον συνολικό αριθμό όλων των κελιών του πίνακα μετάβασης.

Κατά τη διάρκεια παρατήρησης μιας επιφάνειας, το οπτικό ίχνος που δημιουργείται ενδέχεται να έχει κάποια πιο «κανονική» μορφή. Εξετάζοντας την κανονικότητα του οπτικού ίχνους, «κυκλικά» πρότυπα αναζήτησης-ανάγνωσης της οπτικής σκηνής αποκλίνουν από μία φυσιολογική συμπεριφορά και υποδεικνύουν την ύπαρξη προβλημάτων, λόγω έλλειψης εξάσκησης του υποκειμένου ή λόγω μη αποτελεσματικού σχεδιασμού της επιφάνειας αναζήτησης (Goldberg & Kotval, 1999).

Στον σχεδιασμό μιας οπτικής σκηνής, πολλές φορές η διάταξη των αντικειμένων που την αποτελούν διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Υπολογίζοντας τη διεύθυνση με την οποία σαρώνεται μια οπτική σκηνή μπορούμε να διευκολυνθούμε ως προς την τοποθέτηση συγκεκριμένων αντικειμένων. Ταυτόχρονα, η διεύθυνση του οπτικού ίχνους μπορεί να καθορίσει τη στρατηγική αναζήτησης μεταξύ των στοιχείων της σκηνής (Altonen et al., 1998). Στον Πίνακα 11.1 παρουσιάζονται τα βασικά και παραγόμενα μεγέθη οφθαλμικής καταγραφής που αφορούν τις προσηλώσεις, στις σακκαδικές κινήσεις και στο οπτικό ίχνος.

Πίνακας 11.1 Βασικά και παραγόμενα μεγέθη οφθαλμικής καταγραφής και ταξινόμησή τους ανάλογα με το αν σχετίζονται με τις προσηλώσεις, τις σακκαδικές κινήσεις και με το οπτικό ίχνος.

Μεγέθη που σχετίζονται με προσηλώσεις	Μεγέθη που σχετίζονται με σακκαδικές κινήσεις	Μεγέθη που σχετίζονται με το οπτικό ίχνος
<ul style="list-style-type: none"> • διάρκεια • χρόνος αρχής/τέλους • συνολικός αριθμός • μέση διάρκεια • χρόνος για την πρώτη προσήλωση σε συγκεκριμένο στόχο • συντεταγμένες επαναλαμβανόμενων προσηλώσεων • συνολική διάρκεια προσηλώσεων οπτικής σκηνής 	<ul style="list-style-type: none"> • συνολικός αριθμός • προσηλώσεις αρχής/τέλους • διάρκεια • μήκος • γωνία διεύθυνσης 	<ul style="list-style-type: none"> • μήκος • διάρκεια • λόγος αριθμού σακκαδικών κινήσεων/προσηλώσεων • χωρική πυκνότητα • πίνακας μετάβασης • πυκνότητα μετάβασης

11.5 Άλλα μεγέθη οφθαλμικής καταγραφής

Εκτός από τα μεγέθη που αναφέρονται παραπάνω και προκύπτουν από τη χωρο-χρονική καταγραφή, υπάρχουν αντίστοιχα που εξάγονται από τα συστήματα καταγραφής και μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για τη μελέτη της διαδικασίας σάρωσης μιας οπτικής σκηνής. Τέτοιου είδους μεγέθη είναι ο βαθμός βλεφαρίσματος και το μέγεθος της κόρης. Για παράδειγμα, διαστολή της κόρης του υποκειμένου υποδεικνύει περισσότερη προσπάθεια (Marshall, 2000; Pomplun & Sunkara, 2003). Βέβαια, οι τιμές των μεγεθών αυτών μπορεί να εξαρτώνται και από διαφορετικούς παράγοντες μη σχετιζόμενους με τις γνωσιακές διαδικασίες. Για τον λόγο αυτό, δεν αξιοποιούνται εκτενώς στις μελέτες καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων (Poole & Ball, 2005).

11.6 Αλγόριθμοι εντοπισμού οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης

Το βασικότερο μέγεθος στην ανάλυση καταγραφών που προκύπτουν από οφθαλμικές κινήσεις είναι οι κινήσεις προσήλωσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, μια κίνηση προσήλωσης συμβαίνει τη χρονική περίοδο που οι οφθαλμοί παραμένουν σχετικά στάσιμοι (Poole & Ball, 2005). Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από διαφορετικά είδη μικρομετακινήσεων, όπως είναι τα τρέμουλα, οι κινήσεις διολίσθησης και οι μικροσακκαδικές κινήσεις (Martinez-Conde et al., 2004). Πρακτικά, για την ανάλυση των δεδομένων, θεωρείται ότι οι προσηλώσεις αποτελούν κινήσεις που συμβαίνουν σε διακριτά σημεία της οπτικής σκηνής, με περιορισμένη χωρική και χρονική διασπορά. Η διαδικασία εντοπισμού των προσηλώσεων μεταξύ πρωτοκόλλων οφθαλμικών καταγραφών μπορεί να έχει μεγάλη επίδραση σε αναλύσεις υψηλότερου επιπέδου (Salvucci & Goldberg, 2000). Το αποτέλεσμα του εντοπισμού των προσηλώσεων αποτελεί ένα σύνολο δεδομένων τα οποία «μοντελοποιούν» την καταγραφή σε ένα σύνολο σημείων προσήλωσης. Καθένα από τα σημεία αυτά συνοδεύεται από τον χρόνο έναρξής του και τη διάρκειά του (Salvucci, 2000).

Οι Salvucci & Goldberg (2000) προτείνουν μια θεμελιώδη ταξινόμηση των αλγορίθμων εντοπισμού προσηλώσεων, η οποία βασίζεται σε κριτήρια συνδεδεμένα τόσο με τη χωρική διασπορά των προσηλώσεων όσο και με τη χρονική τους διάσταση. Οι χωρικές ιδιότητες των προσηλώσεων εξαρτώνται από την ταχύτητα, τη διασπορά και το εμβαδόν, ενώ αντίστοιχα τα χρονικά χαρακτηριστικά από τη χρονική ευαισθησία και την τοπική προσαρμογή των αλγορίθμων. Καταλήγουν πως οι αλγόριθμοι που βασίζονται στη διασπορά των δεδομένων εμφανίζουν την ίδια αποτελεσματικότητα με αλγόριθμους που βασίζονται στην ταχύτητα, ενώ οι αλγόριθμοι που προκύπτουν με βάση το εμβαδόν έχουν περιορισμούς. Οι συγγραφείς τέλος αναφέρονται στη σημαντικότητα των αλγορίθμων εντοπισμού ως προς τη χρονική ευαισθησία και την τοπική τους προσαρμογή (Salvucci & Goldberg, 2000).

Αλγόριθμοι εντοπισμού προσηλώσεων που βασίζονται στη διασπορά (τύπου I-DT) ενσωματώνονται σε πολλά εμπορικά λογισμικά, συμπεριλαμβανομένων των ASL, SMI και Tobii Technology, ενώ άλλες πλατφόρμες λογισμικού, όπως το EyeLink, συνδυάζουν αλγόριθμους που βασίζονται στην ταχύτητα, με κριτήρια που σχετίζονται με την επιτάχυνση και τα κατώφλια κίνησης (Nyström & Holmqvist, 2010).

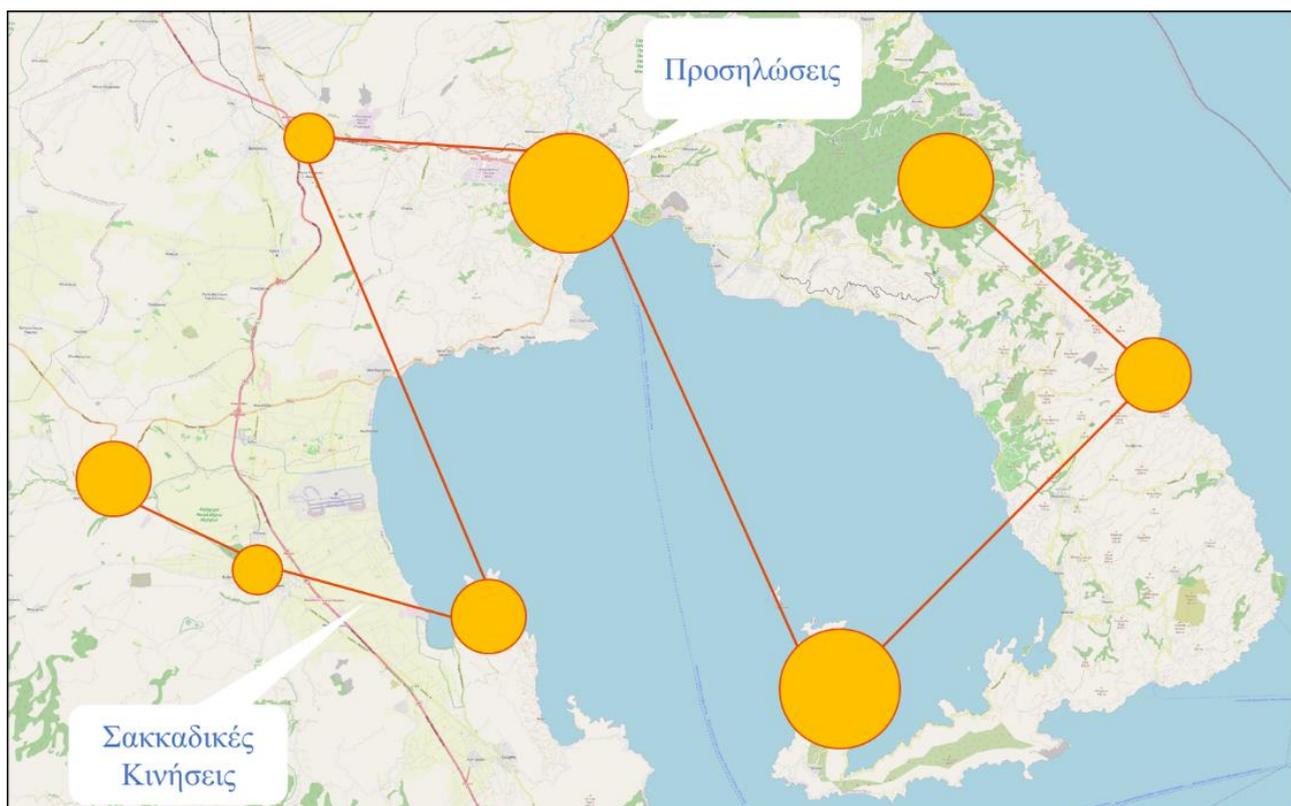
11.7 Μέθοδοι οπτικοποίησης οφθαλμικών καταγραφών

Τα δεδομένα που καταγράφονται με μεθόδους οφθαλμικών κινήσεων, ουσιαστικά μοντελοποιούνται σε ένα πρότυπο/πρωτόκολλο το οποίο υποδεικνύει τη διαδοχή προσηλώσεων και σακκαδικών κινήσεων. Η οπτικοποίηση των δεδομένων που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη πειραματική μέθοδο μπορεί να υποδείξει σημαντικά χαρακτηριστικά ως προς τις δομές των βασικών μεγεθών των προσηλώσεων και των σακκαδικών κινήσεων αλλά και του βασικού παράγωγου μεγέθους του οπτικού ίχνους (Blascheck et al., 2014). Αρκετές μελέτες (Blascheck et al., 2014; Raschke et al., 2014) συνοψίζουν διαφορετικές μεθόδους οπτικοποίησης δεδομένων που προκύπτουν από οφθαλμικές καταγραφές. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται στατικοί ή δυναμικοί τρόποι απόδοσης των δεδομένων (Burch et al., 2014), οι οποίοι συνδέονται με τη σειρά τους με στατικά ή κινούμενα οπτικά ερεθίσματα (Kurzahls & Weiskopf, 2013). Το στοιχείο αυτό είναι ιδιαίτερος σημαντικός στην περίπτωση των χωρικών απεικονίσεων, οι οποίες ενδέχεται να έχουν αντιστοίχως στατική ή δυναμική («κινούμενη») μορφή.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι βασικότερες μέθοδοι απόδοσης δεδομένων που προκύπτουν από καταγραφή των κινήσεων των οφθαλμών. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι εφαρμόζονται στις εκάστοτε οπτικές σκηνές που μελετώνται ή/και συνδυάζονται με άλλα στατιστικά στοιχεία που αφορούν τα μεγέθη της καταγραφής σε συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος των οπτικών ερεθισμάτων.

11.7.1 Οπτικοποίηση κέντρων και διαρκειών προσηλώσεων

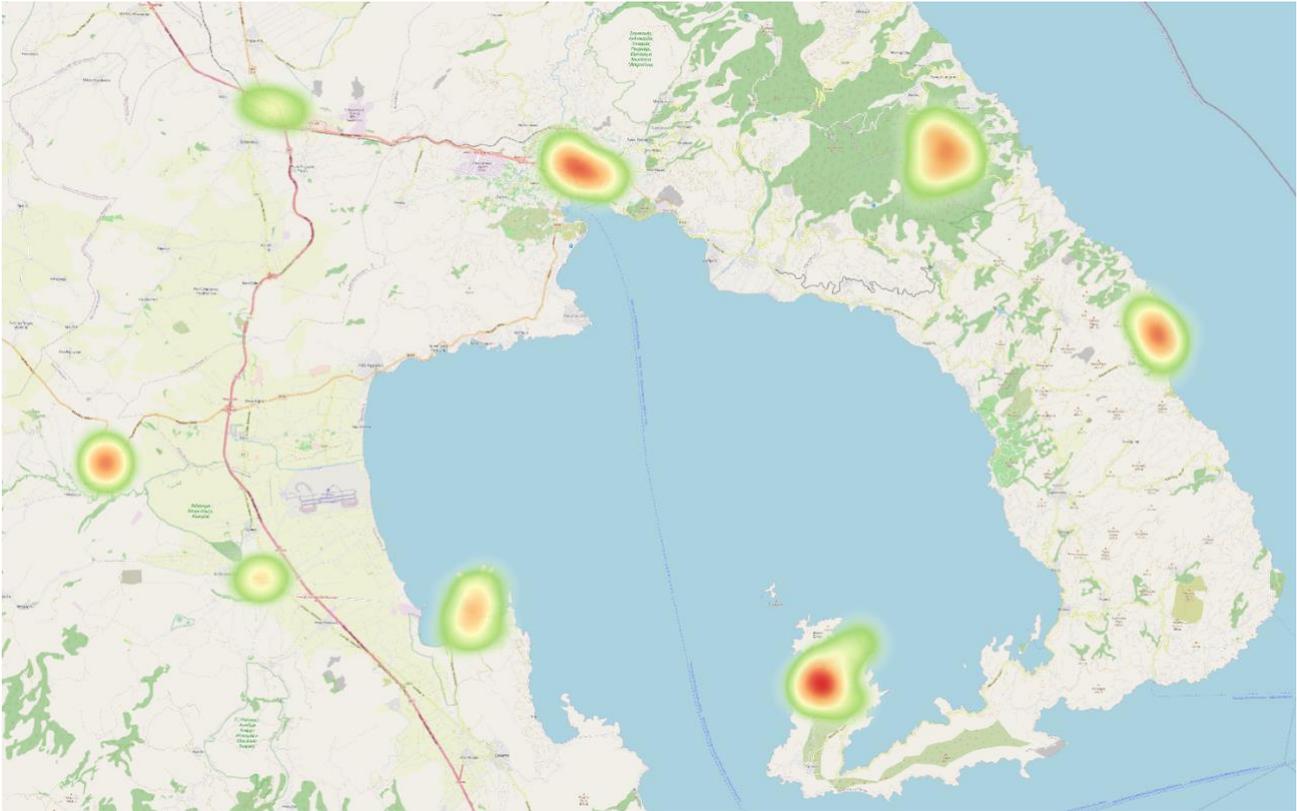
Με δεδομένο το μοντέλο της «αλληλουχίας» προσηλώσεων και σακκαδικών καταγραφών, η οπτικοποίηση των οφθαλμικών καταγραφών περιλαμβάνει συνήθως την απόδοση των προσηλώσεων μέσω σημειακών κυκλικών συμβόλων. Κάθε κυκλικό σύμβολο τοποθετείται στη θέση του κέντρου στο οποίο έχει συμβεί μία κίνηση προσήλωσης, ενώ το μέγεθος των συμβόλων μεταβάλλεται ανάλογα με τη διάρκεια των προσηλώσεων. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα των σημειακών κυκλικών συμβόλων, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια προσήλωσης που αναπαριστούν τα σύμβολα. Οι σακκαδικές κινήσεις απεικονίζονται ως ευθύγραμμα τμήματα τα οποία ενώνουν τις προσηλώσεις, υποδεικνύοντας τη σειρά με την οποία συμβαίνουν οι τελευταίες. Στην Εικόνα 11.6 φαίνεται ένα παράδειγμα απόδοσης των θέσεων και της διάρκειας των προσηλώσεων, καθώς και των σακκαδικών κινήσεων, μετά την ανάλυση των οφθαλμικών κινήσεων. Σημειώνεται ότι το μέγεθος του κυκλικού συμβόλου αποδίδει τη διάρκεια της εκάστοτε προσήλωσης, ενώ τα ευθύγραμμα τμήματα που ενώνουν τα κυκλικά σύμβολα αναπαριστούν τις σακκαδικές κινήσεις.



Εικόνα 11.6 Οπτικοποίηση κέντρων και διαρκειών προσηλώσεων της στρατηγικής σάρωσης ενός χάρτη (ως οπτικής σκηνής) σύμφωνα με το μοτίβο «προσήλωση-σακκαδική κίνηση-προσήλωση». Ο χάρτης που χρησιμοποιείται εδώ αποτελεί απόσπασμα του διαδικτυακού χαρτογραφικού υποβάθρου OSM (OpenStreetMap), διαθέσιμου στο: <https://www.openstreetmap.org>

11.7.2 Θερμικοί χάρτες

Οι θερμικοί χάρτες αποτελούν διδιάστατες γραφικές απεικονίσεις σημειακών οντοτήτων μέσω διαφορετικών αποχρώσεων ή και διαφορετικών εντάσεων μιας συγκεκριμένης απόχρωσης. Η αναπαράσταση των δεδομένων με τη βοήθεια θερμικών απεικονίσεων αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο, μέσω χρωματικών διαβαθμίσεων, συνοψίζει τα δεδομένα που θα γίνονταν δύσκολα αντιληπτά αν αναπαριστάνονταν αριθμητικά (Bojko, 2009). Με αυτόν τον τρόπο, η συγκεκριμένη μέθοδος οπτικοποίησης μπορεί να φανεί αρκετά χρήσιμη στην άμεση παρατήρηση συγκεκριμένων προτύπων ή τάσεων της κατανομής ενός συνόλου σημείων. Χρησιμοποιείται ευρέως στις μελέτες αξιολόγησης διεπιφανειών και ενσωματώνεται σε σύγχρονα λογισμικά εργαλεία συστημάτων καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων. Οι θερμικοί χάρτες που αφορούν δεδομένα οφθαλμικών κινήσεων, αρκετές φορές αναφέρονται στη βιβλιογραφία με τον όρο «θερμικοί χάρτες προσοχής» ή απλώς «χάρτες προσοχής» (Siirtola & Raiha, 2011; Bojko, 2009). Στην ανάλυση των οφθαλμικών κινήσεων, η χρήση των θερμικών χαρτών πραγματοποιείται με σκοπό την οπτικοποίηση του συνόλου των προσηλώσεων που συμβαίνουν σε μία οπτική σκηνή. Στην Εικόνα 11.7 απεικονίζεται θερμικός χάρτης για το ίδιο απόσπασμα χάρτη OSM της Εικόνας 11.7 και για τις αντίστοιχες προσηλώσεις. Στο σημείο αυτό σημειώνεται ότι, παραδοσιακά, οι χρωματισμοί που αξιοποιούνται στους θερμικούς χάρτες ακολουθούν (όπως και στο συγκεκριμένο παράδειγμα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 11.8) συνήθως τη σειρά των χρωμάτων βάσει του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Ωστόσο, αν το συγκεκριμένο πρόβλημα οπτικοποίησης το δούμε καθαρά από χαρτογραφική σκοπιά, θα έπρεπε να αξιοποιηθεί η οπτική μεταβλητή της έντασης για την απόδοση των αντίστοιχων ποσοτικών διαφορών (βλ. παρ. 4.1).



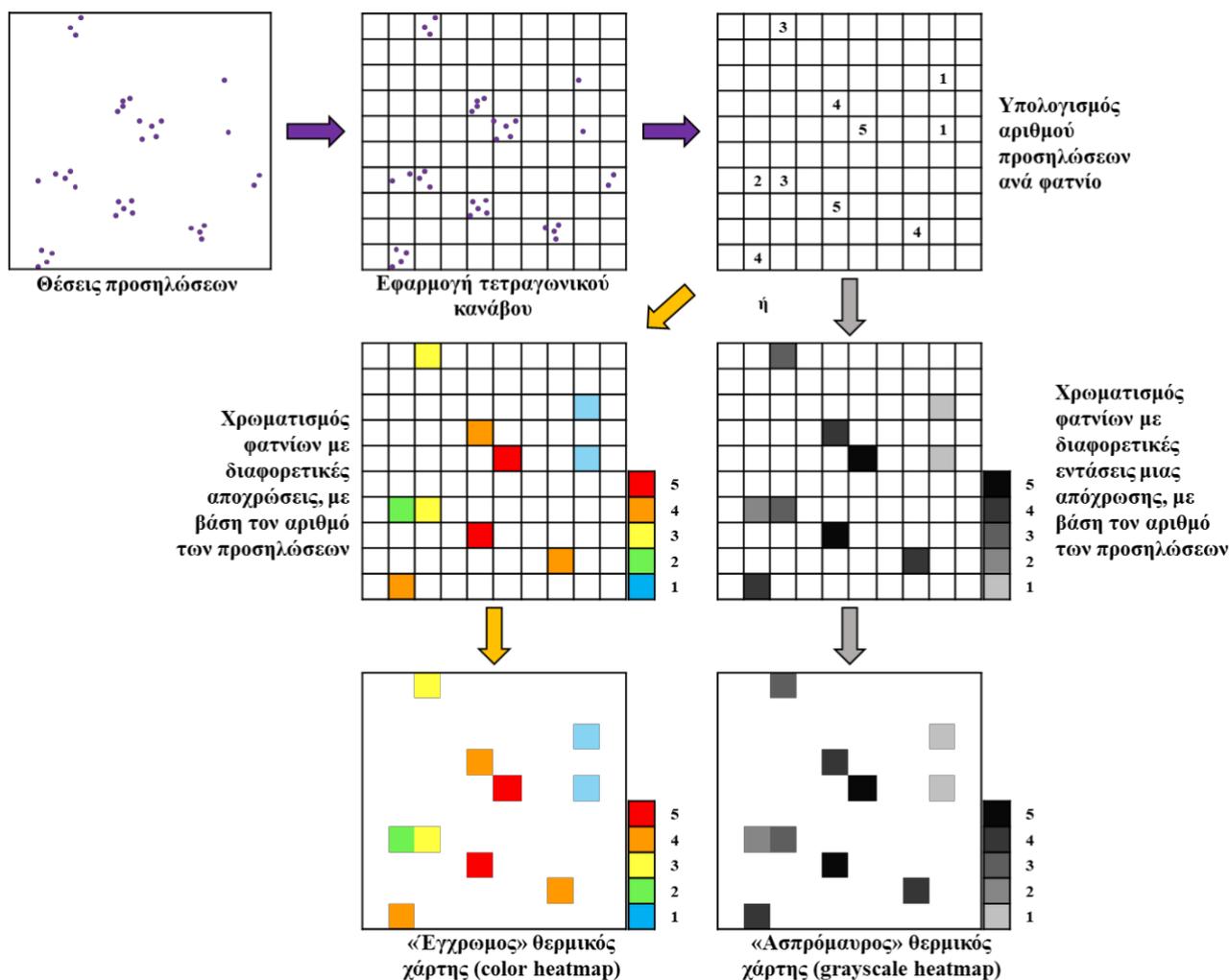
Εικόνα 11.7 Παράδειγμα θερμικού χάρτη για το ίδιο απόσπασμα χάρτη OSM της Εικόνας 11.7 και για τις αντίστοιχες προσηλώσεις.

Η δημιουργία ενός θερμικού χάρτη μπορεί να ολοκληρωθεί με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με την ιδιότητα των προσηλώσεων στην οποία αναφέρεται. Συγκεκριμένα, οι βασικές κατηγορίες θερμικών χαρτών στην περίπτωση της καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων είναι οι ακόλουθες:

- Θερμικός χάρτης «αριθμού προσηλώσεων». Στην περίπτωση αυτή, ο χάρτης που δημιουργείται δηλώνει τον αριθμό των προσηλώσεων που συμβαίνουν σε μια οπτική σκηνή. Σε αυτήν την κατηγορία θερμικού χάρτη, η διάρκεια των προσηλώσεων δεν λαμβάνεται υπόψη στη δημιουργία του.
- Θερμικός χάρτης «απόλυτης διάρκειας». Στην περίπτωση αυτή, ο θερμικός χάρτης σχετίζεται με την απόλυτη διάρκεια των προσηλώσεων που συμβαίνουν στην οπτική σκηνή, χωρίς να υπάρχει άμεση σύνδεση με τον αριθμό τους.
- Θερμικός χάρτης «σχετικής διάρκειας». Εδώ, το μέγεθος από το οποίο παράγεται ο θερμικός χάρτης είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη σχετική διάρκεια των προσηλώσεων, δηλαδή τη διάρκεια της εκάστοτε προσηλώσεως σε σχέση με το σύνολο της διάρκειας όλων των προσηλώσεων της οπτικής σκηνής.
- Θερμικός χάρτης «ποσοστού» συμμετεχόντων. Σε αυτόν τον τύπο θερμικού χάρτη, υποδεικνύεται το ποσοστό των συμμετεχόντων που προσηλώνεται στις διαφορετικές περιοχές της οπτικής σκηνής.

Γίνεται φανερό ότι η επιλογή του διαφορετικού τύπου θερμικού χάρτη είναι σημαντική και εξαρτάται άμεσα από την πειραματική διαδικασία και από τη φύση των εξεταζόμενων οπτικών ερεθισμάτων. Η δημιουργία μιας απεικόνισης αυτού του είδους λειτουργεί συμπληρωματικά σε μια διαδικασία ανάλυσης, με σκοπό την οπτικοποίηση των δεδομένων, και δεν έχει σχέση με την ανάλυσή τους (Bojko, 2009). Το γεγονός αυτό γίνεται κατανοητό αν αναλογιστεί κανείς ότι το αποτέλεσμα της οπτικοποίησης είναι άμεσα συνδεδεμένο με τα κριτήρια εντοπισμού των προσηλώσεων μέσα από τα στοιχεία της καταγραφής. Το τελικό αποτέλεσμα της απεικόνισης είναι δυνατόν να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του θερμικού χάρτη που επιλέγεται.

Για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε τη διαδικασία κατασκευής μιας απεικόνισης αυτού του είδους, ας εξετάσουμε την περίπτωση της δημιουργίας ενός θερμικού χάρτη από τον αριθμό των προσηλώσεων. Έστω ότι από τα χωροχρονικά δεδομένα της καταγραφής, εντοπίζονται οι θέσεις των σημείων προσήλωσης που συμβαίνουν σε μία οπτική σκηνή. Στην περίπτωση δημιουργίας του συγκεκριμένου τύπου θερμικού χάρτη, η διάρκεια των προσηλώσεων δεν επηρεάζει τη διαδικασία δημιουργίας του και έτσι μας ενδιαφέρει μόνο η θέση των σημείων προσήλωσης. Στη συνέχεια, τοποθετείται ένας τετραγωνικός κανάβος επί των θέσεων των προσηλώσεων. Το μέγεθος του φατνίου του τετραγωνικού κανάβου αποτελεί μία από τις βασικές παραμέτρους της διαδικασίας που επηρεάζουν την ακρίβεια της τελικής απεικόνισης. Η επιλογή του συγκεκριμένου μεγέθους πραγματοποιείται λαμβάνοντας κυρίως υπόψη την ακρίβεια με την οποία έχουν εντοπιστεί οι θέσεις των προσηλώσεων μετά την ανάλυση των καταγραφικών στοιχείων. Μετά την εφαρμογή του κανάβου, υπολογίζεται ο αριθμός των σημείων προσήλωσης που αντιστοιχούν σε κάθε φατνίο. Ανάλογα με τον αριθμό των σημείων που περιέχονται σε κάθε φατνίο, το τελευταίο χρωματίζεται με την αντίστοιχη απόχρωση ή ένταση μιας απόχρωσης. Τα στάδια δημιουργίας ενός θερμικού χάρτη αριθμού προσηλώσεων φαίνονται στην Εικόνα 11.8.

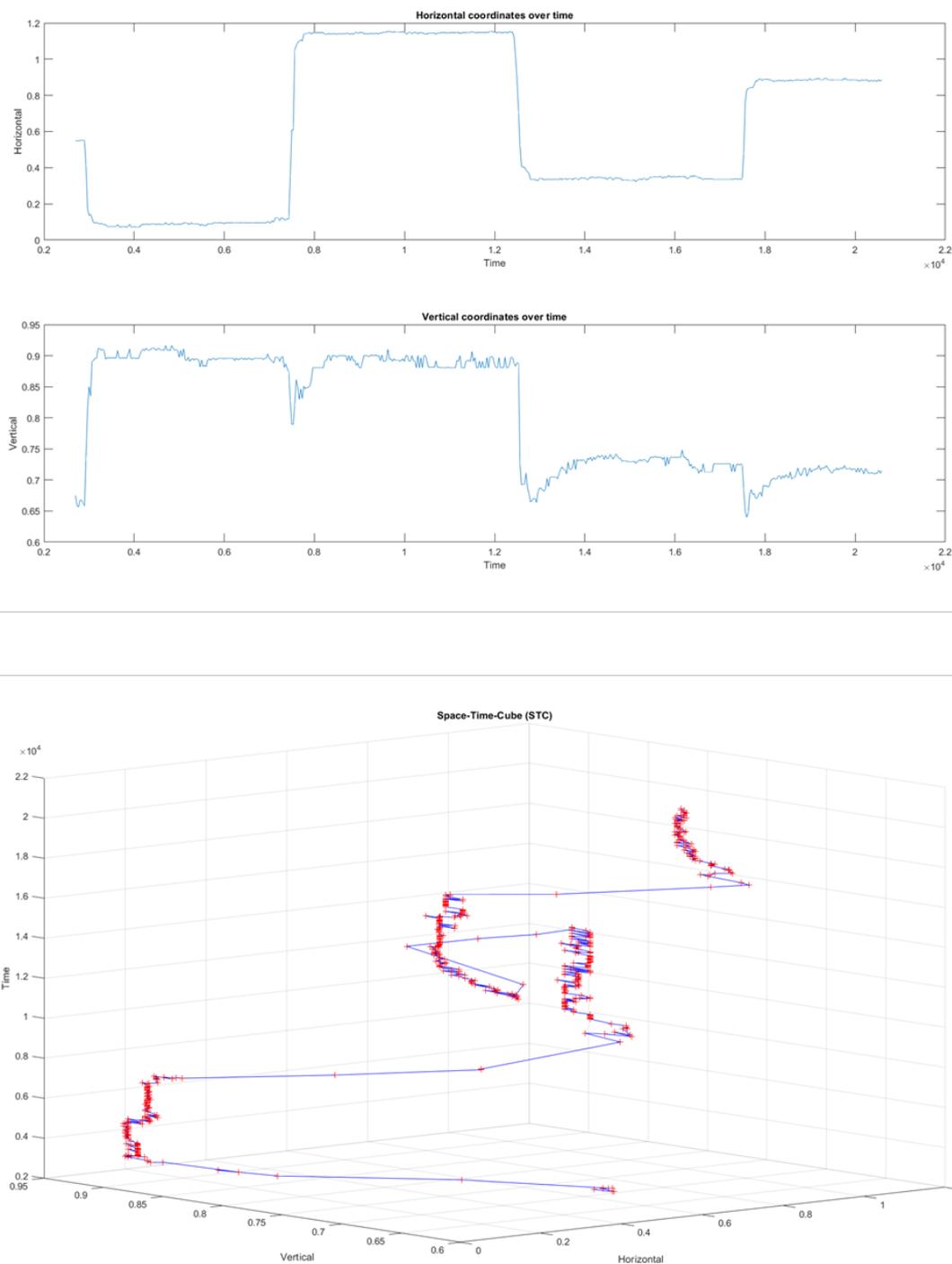


Εικόνα 11.8 Στάδια δημιουργίας θερμικού χάρτη αριθμού προσηλώσεων: Παράδειγμα.

Στις περισσότερες μελέτες, για τη δημιουργία του θερμικού χάρτη μιας οπτικής σκηνής τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αντιστοιχούν στις προσηλώσεις του συνόλου των υποκειμένων της έρευνας. Βέβαια, η κατασκευή της συγκεκριμένης απεικόνισης μπορεί να ολοκληρωθεί χρησιμοποιώντας τα πρωταρχικά δεδομένα της καταγραφής αντί των προσηλώσεων. Επιπλέον, ο θερμικός χάρτης είναι δυνατόν να μην αντιστοιχεί στο σύνολο των προσηλώσεων του δείγματος και να δημιουργείται μόνο από τα δεδομένα της καταγραφής του εκάστοτε παρατηρητή. Μ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να εξετάζεται η συμπεριφορά του κάθε υποκειμένου για τον έλεγχο της ύπαρξης ή της ομοιότητας προτύπων σάρωσης.

11.7.3 Κύβος χώρου-χρόνου

Οι μέθοδοι οπτικοποίησης των δεδομένων που προκύπτουν από την οφθαλμική καταγραφή και αναφέρονται στις παραπάνω παραγράφους παρέχουν τη δυνατότητα οπτικοποίησης της ατομικής ή της συλλογικής οπτικής συμπεριφοράς των υποκειμένων μιας πειραματικής έρευνας. Επιπροσθέτως, στην περίπτωση των θερμικών χαρτών παρέχεται η δυνατότητα απόδοσης της χωρικής συμπεριφοράς, με ταυτόχρονη υπόδειξη της τρίτης διάστασης, που σχετίζεται με το μέγεθος της διάρκειας των προσηλώσεων (είτε του απόλυτου μεγέθους ή κάποιου παράγωγου μεγέθους). Η τρίτη διάσταση μπορεί να υποδειχθεί και από την απεικόνιση του κύβου χώρου-χρόνου. Στη συγκεκριμένη απεικόνιση αξιοποιείται ένα σύστημα αξόνων τριών διαστάσεων, στο οποίο οι άξονες αντιστοιχούν στις χωρικές συντεταγμένες της καταγραφής και στη χρονική διάσταση. Στην απεικόνιση του κύβου χώρου-χρόνου αποδίδονται συνήθως τα δεδομένα που προκύπτουν από την οφθαλμική καταγραφή πριν την ανάλυσή τους στα βασικά μεγέθη των προσηλώσεων και των σακκαδικών κινήσεων. Η συγκεκριμένη μέθοδος απόδοσης μπορεί να υλοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο αξιολόγησης σε ψηφιακό περιβάλλον, το οποίο να παρέχει διευρυμένες δυνατότητες διαδραστικότητας στον χρήστη. Οι δυνατότητες αυτές είναι απαραίτητες στις περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται η σύγκριση των οπτικών ιχνών που προκύπτουν από διαφορετικά υποκείμενα μιας έρευνας. Στην Εικόνα 11.9 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα απόδοσης των οπτικών ιχνών των υποκειμένων μιας έρευνας, μέσω της απεικόνισης του κύβου του χώρου-χρόνου σε σύγκριση με την αντίστοιχη απόδοση του ίχνους σε διαστάσεις, σε ψηφιακό περιβάλλον.



Εικόνα 11.9 Απόδοση των οπτικών ιχνών των υποκειμένων μιας έρευνας σε δύο διαστάσεις (επάνω) και μέσω της απεικόνισης του κύβου του χώρου-χρόνου (κάτω) σε ψηφιακό περιβάλλον.

11.8 Εργαλεία λογισμικού για την ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων

Τα συστήματα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων καταγράφουν τη θέση του βλέμματος ενός υποκειμένου με συχνότητες δειγματοληψίας 25-2000 Hz (Anderson et al., 2010; Holmqvist et al., 2011). Έτσι, τα δεδομένα που παράγονται από το σήμα που καταγράφεται είναι αρκετά πυκνά. Για παράδειγμα, ο αριθμός των δεδομένων που προκύπτουν από ένα σύστημα το οποίο καταγράφει τις συντεταγμένες του βλέμματος για χρονική διάρκεια ενός λεπτού, με συχνότητα δειγματοληψίας 25 Hz αντιστοιχεί σε 1500 σημεία. Συνεπώς, η ανάλυση του

σήματος απαιτεί την αξιοποίηση κατάλληλου λογισμικού για την ανάλυση των δεδομένων στα βασικά και παράγωγα μεγέθη.

Έχει αναπτυχθεί ένα σύνολο από διαφορετικά εργαλεία λογισμικού για την ανάλυση των οφθαλμικών κινήσεων με εξειδικευμένες προσεγγίσεις, όπως είναι το eSeeTrack, το οποίο αξιοποιείται για τη μελέτη προτύπων των διαδοχικών θέσεων του βλέμματος (Tsang et al., 2010), ή όπως είναι το GazeTracker™ (Lankford, 2000), για την προσαρμογή σε υπάρχοντα εργαλεία ανάλυσης. Επιπροσθέτως, τα περισσότερα συστήματα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων συνοδεύονται από το αντίστοιχο λογισμικό, το οποίο αξιοποιείται τόσο για την καταγραφή όσο και για την ανάλυση του σήματος που καταγράφεται. Βέβαια, ενώ το εμπορικό λογισμικό που συνοδεύει τα συστήματα καταγραφής λειτουργεί για την ανάλυση και την καταγραφή, τις περισσότερες φορές δεν μπορεί να επεκταθεί ή να παραμετροποιηθεί με σκοπό την προσαρμογή του σε πολλές έρευνες (Gitelman, 2002). Έτσι η ανάπτυξη κατάλληλων εργαλείων ανοικτού κώδικα για την ανάλυση οφθαλμικών κινήσεων, όπως είναι το ILAB (Gitelman, 2002), το OGAMA (Voßkübler et al., 2008) και το GazeAlyze (Berger et al., 2012), μπορεί να βοηθήσει τους ερευνητές στη διερεύνηση διαφορετικών αλγορίθμων ή παραμέτρων που σχετίζονται με τη διαδικασία της οπτικής προσοχής. Σε πολλές μελέτες γίνεται διερεύνηση των κατάλληλων τιμών παραμέτρων που σχετίζονται με τη καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων (π.χ. Shic et al., 2008; Blignaut, 2009), όπως μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η αναζήτηση ενός κατωφλίου για τον εντοπισμό κινήσεων προσήλωσης.

Στον Πίνακα 11.2 παρατίθενται κάποια παραδείγματα ελεύθερα διαθέσιμων λογισμικών εργαλείων, κατάλληλων για την ανάλυση καταγραφών οφθαλμικής κίνησης.

Πίνακας 11.2 Παραδείγματα λογισμικών εργαλείων που διανέμονται ελεύθερα και είναι κατάλληλα για ανάλυση καταγραφών οφθαλμικών κινήσεων.

Λογισμικό ανάλυσης	Δημιουργοί λογισμικού	Έτος δημοσίευσης
ILAB	Gitelman	2002
Eyelink Toolbox	Cornelissen et al.	2002
iComp	Heminghous & Duchowski	2006
openEyes	Li et al.	2006
eyePatterns	West et al.	2006
ASTEF	Camilli et al.	2008
iComponent	Spakov & Miniotas	2008
OGAMA	Voßkübler et al.	2008
ITU Gaze Tracker	San Agustin et al.	2010
GazeAlyze	Berger et al.	2012
EHCA Toolbox	Schwab et al.	2012
GazeParser	Sogo	2013
EyeMMV toolbox	Krassanakis et al.	2014
LandRate toolbox	Krassanakis et al.	2018

Βιβλιογραφία

- Albert, W. (2002). Do web users actually look at ads? A case study of banner ads and eye-tracking technology. *Proceedings of the Eleventh Annual Conference of the Usability Professionals' Association*.
- Altonen, A., Hyrskykari, A., & Raiha, K. (1998). 101 Spots, or how do users read menus?, *Proceedings of CHI'98 Human Factors in Computing Systems*, 132- 139.
- Andersson, R., Nyström, M., & Holmqvist, K. (2010). Sampling frequency and eye- tracking measures: how speed affects durations, latencies, and more. *Journal of Eye Movement Research*, 3(3), 6, 1-12.
- Baluja S., & Pommerleau, D. (1994). *Non-Intrusive Gaze Tracking using Artificial Neural Networks*, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA.
- Berger, C., Winkels, M., Lischke, A., & Hoppner, J. (2012). GazeAlyze: a MATLAB toolbox for the analysis of eye movement data. *Behavior Research Methods*, 44, 404-419.
- Blascheck, T., Kurzhals, K., Raschke, M., Burch, M., Weiskopf, D., & Ertl, T. (2014). State-of-the-Art of Visualization for Eye Tracking Data. *Proceedings of the Eurographics Conference on Visualization (EuroVis), Swansea, Wales, United Kingdom*.
- Blignaut, P. (2009). Fixation identification: the optimum threshold for a dispersion algorithm. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(4), 881-895.
- Bojko, A. (2009). Informative or Misleading? Heatmaps Deconstructed. In J.A. Jacko (Ed.), *Human-Computer Interaction, HCII 2009, Part I, LNCS 5610*, Springer-Verlang, Berlin Heidelberg, 30-39.
- Burch, M., Beck, F., Raschke, M., Blascheck, T., & Weiskopf, D. (2014). A Dynamic Graph Visualization Perspective on Eye Movement Data. *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 151-158.
- Byrne, M. D., Anderson, J. R., Douglas, S., & Matessam M. (1999). Eye tracking the visual search of clickdown menus. *Proceedings of the CHI'02 Workshop on Psychological Computing*, ACM Press, NY.
- Camilli, M., Nacchia, R., Terenzi, M., & Di Nocera, F. (2008). ASTEF: A simple tool for examining fixations. *Behavior Research Methods*, 40(2), 373-382.
- Cornelissen, F. W., Peters, E. M., & Palmer, J. (2002). The Eyelink Toolbox: Eye tracking with MATLAB and the Psychophysics Toolbox. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34(4), 613-617.
- Cowen, L., Ball, L. J., & Delin, J. (2002). An eye-movement analysis of web-page usability, In X. Faulkner, J. Finlay & F. Detienne (Eds.), *People and Computer XVI-Memorable yet invisible: Proceedings of HCI 2002*, 317-335.
- Duchowski, A.T. (2007). *Eye Tracking Methodology: Theory & Practice* (2nd ed.). London: Springer-Verlag, 328 pp.
- Ehmke ,C., & Wilson, S. (2007). Identifying Web Usability Problems from Eye- Tracking Data. In *People and Computer XXI-HCI... but not as we know it: Proceedings of HCI 2007*. BCS Press, London.
- Glenstrup, A. J., & Engell-Nielsen, T. (1995). *Eye Controlled Media: Present and Future State*, University of Copenhagen.
- Gitelman, D. R. (2002). ILAB: A program for postexperimental eye movement analysis. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34(4), 605-612.
- Goldberg, J. H., & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 631-645.
- Goldberg, J. H., & Schryver, J. C. (1993). Eye-gaze determination of user intent at the computer interface. In J.M. Findlay, R. Walker & R.W. Kentridge (Eds.), *Eye Movement Research: Mechanisms, Processes and Applications*. North- Holland Press, Amsterdam, 491-502.

- Goldberg, J. H., Stimson, M. J., Lewenstein, M., Scott, N., & Wichansky, A. M. (2002). Eye tracking in web search tasks: Design implications. *Proceedings of the Eye tracking research and applications symposium (ETRA 2002)*. ACM Press, New York, 51-58.
- Heminghous, J., & Duchowski, A.T. (2006). iComp: A tool for scanpath visualization and comparison. *Proceedings of the 3rd Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization*. 152-152.
- Hendrickson, J.J. (1989). Performance, preference, and visual scan patterns on a menu-based system: Implications for interface design. *Proceedings of CHI'89 Human Factors in Computing Systems Conference*, 217-222.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford University Press, Oxford.
- Jacob, R. J. K., & Karn, K. S. (2003). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. In J. Hyona, R. Radach & H. Deubel (Eds.), *The Mind's Eyes: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movements* (pp. 573-605). Elsevier Science, Oxford.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixation and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.
- Krassanakis, V., Filippakopoulou, V., & Nakos, B. (2014). EyeMMV toolbox: An eye movement post-analysis tool based on a two-step spatial dispersion threshold for fixation identification. *Journal of Eye Movement Research*, 7(1).
- Krassanakis, V., Misthos, M. L., & Menegaki, M. (2018). LandRate toolbox: an adaptable tool for eye movement analysis and landscape rating. In P. Kiefer et al. (eds.): *Proceedings of the 3rd International Workshop on Eye Tracking for Spatial Research, Switzerland, Zurich*, pp. 40-45.
- Kurzahls, K., & Weiskopf, D. (2013). Space-time visual analytics of eye-tracking data for dynamic stimuli. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2129-2138.
- Lankford, C. (2000). GazeTrackerTM: Software designed to facilitate eye movement analysis. *Proceedings of the 2000 symposium on Eye Tracking research & applications*, 51-55.
- Li, D., Badcock, J., & Parkhurst, D. J. (2006). openEyes: a low-cost head-mounted eye-tracking solution. *Proceedings of the 2006 symposium on Eye Tracking research & applications*, 95-100.
- Loftus, R.G., & Mackworth, N.H. (1978). Cognitive determinants of fixation location during picture viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(4), 565-572.
- Marshall, S. (2000). *Method and apparatus for eye tracking and monitoring pupil dilation to evaluate cognitive activity*. U.S. Patent 6, 090, 051, July 2000.
- Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., & Hubel, D. H. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(3), 229- 240.
- Nyström, M., & Holmqvist, K. (2010). An adaptive algorithm for fixation, saccade, and glissade detection in eye tracking data. *Behavior Research Methods*, 42(1), 188-204.
- Pomplun, M., & Sunkara, S. (2003). Pupil dilation as an indicator of cognitive workload in Human-Computer Interaction. *Proceedings of HCI International 2003*, 3, 542-546.
- Ponsoda, V., Scott, D., & Findlay, J.M. (1995). A probability vector and transition matrix analysis of eye movements during visual search. *Acta Psychologica*, 88, 167-185.
- Poole, A., & Ball, L. J. (2005). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of human computer interaction* (pp. 211-219). Idea Group, Pennsylvania.
- Poole, A., Ball, L. J., & Phillips, P. (2004). In search of salience: A response time and eye movement analysis of bookmark recognition, In S. Fisher, P. Markopoulos, D. Moore, & R. Ruddle (Eds.), *People and Computers XVIII- design for Life: Proceedings of HCI 2004*, London.
- Raschke, M., Blascheck, T., & Burch, M. (2014). Visual Analysis of Eye Tracking Data. *Handbook of Human Centric Visualization*, 391-409.

- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of reading*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Salvucci, D. D. (2000). An interactive model-based environment for eye-movement protocol analysis and visualization. *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 57-63.
- Salvucci, D. D., & Goldberg, J. H. (2000). Identifying Fixations and Saccades in Eye- Tracking Protocols. *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 71-78.
- Scott, D., & Findlay, J. M. (1991). *Visual search, eye movements and display analysis*. IBM Ltd., Hursley, UK.
- San Agustin, J., Mollenbach, E., & Barret, M. (2010). Evaluation of a Low-Cost Open- source Gaze Tracker. *Proceedings of the 2010 symposium on Eye Tracking research & applications*, 77-80.
- Schwab, S., Würmle, O., & Altorfer, A. (2012). Analysis of eye and head coordination in a visual peripheral recognition task. *Journal of Eye Movement Research*, 5(2), 3, 1-9.
- Shic, F., Scassellati, B., & Chawarska, K. (2008). The Incomplete Fixation Measure, *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 111-114.
- Sibert, J. L., Gokturt, M., & lavine, R. A. (2000). The Reading Assistant: Eye gaze triggered auditory prompting for reading remediation". *Proceedings of the Thirteenth Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 101-107.
- Sibert, L. E., & Jacob, R. J. K. (2000). Evaluation of eye gaze interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI 2000)*, ACM Press, New York, 282-288.
- Siitrola, H., & Raiha, K. J. (2011). Using Gaze Data in Evaluating Interactive Visualizations, In Ebert et al. (Eds): *HCIV (INTERACT), LNCS 6431, IFIP International Federation for Information Processing 2011*, 127-141.
- Sogo, H. (2013). GazeParser: an open-source and multi platform library for low- cost eye tracking and analysis. *Behavior Research Methods*, 45(3), 684- 695.
- Spakov, O., & Miniotas, D. (2008). iComponent: software with flexible architecture for developing plug-in modules for eye trackers. *Information Technology and Control*, 37(1), 26-32.
- Tsang, H. Y., Tory, M., & Swindells, C. (2010). eSeeTrack-Visualizing Sequential Fixation Patters. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 16(6), 953-962.
- Viviani, P. (1990). Eye movements in visual search: Cognitive, perception, and motor control aspects, In E. Kowler (Ed.), *Eye movements and their role in visual and cognitive processes* (pp. 363-393). Elsevier Science, Amsterdam.
- Voßkübler, A., Nordmeier, V., Kuchinke, L., & Jacobs, A. M. (2008). OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer): Open-source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs. *Behavior Researcher Methods*, 40(4), 1150-1162.
- Wass, S.V., Smith, T.J., & Johnson, M.H. (2013). Parsing eye-tracking data of variable quality to provide accurate fixation duration estimates in infants and adults. *Behavior Research Methods*, 45, 229–250.
- West, J. M., Haake, A. R., Rozanski, P., & Karn, K. S. (2006). eyePatterns: Software for Identifying Patterns and Similarities Across Fixation Sequences. *Proceedings of the 2006 symposium on Eye Tracking research & applications*, 149-154.
- Zhu Z., & Ji, Q. (2005). Robust real-time eye detection and tracking under variable lighting conditions and various face orientations. *Computer Vision and Image Understanding*, 98(1), 124-154.

Το βιβλίο αυτό αναφέρεται στις χωρικές απεικονίσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται οι παραδοσιακοί στατικοί χάρτες, αλλά και οι σύγχρονες ψηφιακές μορφές απεικόνισης του χώρου, όπως είναι οι χάρτες κινούμενης εικόνας, οι διαδραστικοί χάρτες και οι χάρτες πολυμέσων, σε διαδικτυακό ή μη ψηφιακό περιβάλλον. Επιχειρείται μια διεπιστημονική προσέγγιση στην ανάλυση του τρόπου που λειτουργούν όλα αυτά τα μέσα απεικόνισης του γεωγραφικού χώρου. Έτσι, παρουσιάζονται οι θεωρητικές αρχές και τα τεχνολογικά μέσα που υποστηρίζουν τις μεθόδους δημιουργίας των χωρικών απεικονίσεων, τους τρόπους λειτουργίας τους και τις μεθόδους αξιολόγησής τους. Στο πλαίσιο της διεπιστημονικής προσέγγισης αναφέρονται οι βασικές αρχές της οπτικής αντίληψης και της γνωσιακής επεξεργασίας διδιάστατων αναπαραστάσεων, στις οποίες στηρίζεται η ανάλυση της ανάγνωσης και ερμηνείας των χαρτών. Στο ίδιο πλαίσιο, γίνεται μια περιληπτική αναφορά στις αρχές της σημειολογίας, οι οποίες και αποτελούν βασικό θεωρητικό εργαλείο για τη δημιουργία κανόνων στον χαρτογραφικό συμβολισμό και στην ανάλυση της ανάγνωσης και ερμηνείας των χωρικών απεικονίσεων.

Το παρόν σύγγραμμα δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του Έργου ΚΑΛΛΙΠΟΣ+	
Χρηματοδότης	Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Προγράμματα ΠΔΕ, ΕΠΑ 2020-2025
Φορέας υλοποίησης	ΕΛΚΕ ΕΜΠ
Φορέας λειτουργίας	ΣΕΑΒ/Παράρτημα ΕΜΠ/Μονάδα Εκδόσεων
Διάρκεια 2ης Φάσης	2020-2023
Σκοπός	Η δημιουργία ακαδημαϊκών ψηφιακών συγγραμμάτων ανοικτής πρόσβασης (περισσότερων από 700) <ul style="list-style-type: none">• Προπτυχιακών και μεταπτυχιακών εγχειριδίων• Μονογραφιών• Μεταφράσεων ανοικτών textbooks• Βιβλιογραφικών Οδηγών
Επιστημονικά Υπεύθυνος	Νικόλαος Μήτρου, Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ
ISBN: 978-618-5726-43-0	DOI: http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-160

Το παρόν σύγγραμμα χρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων του Υπουργείου Παιδείας,