



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
*Εργαστήριο Χαρτογραφίας*

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφος 15780. Τηλ.: 210 772732, Fax: 210 7722734

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ**

«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ  
ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ»

**ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΕΜΠ 'ΘΑΛΗΣ'**

ΑΘΗΝΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004

# ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΘΑΛΗΣ

## **ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

**1. ΤΙΤΛΟΣ:** Αξιολόγηση της επιλεκτικότητας των οπτικών μεταβλητών

### **2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΟΥ**

**2.1 Ονοματεπώνυμο:** Βασιλική Φιλίππακοπούλου

**2.2 Ιδιότητα:** Αναπλ. Καθηγήτρια

**2.3 Σχολή:** Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών

**2.4 Τομέας:** Τοπογραφίας

**2.5 Τηλέφωνο:** 210 772 2732

**2.6 Φαξ:** 210 772 2734

**2.7 e-mail:** bfilippa@survey.ntua.gr

### **3. ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ**

#### **A. ΜΕΛΗ ΔΕΠ**

B. Φιλίππακοπούλου Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

B. Νάκος Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

#### **B. ΜΕΛΗ ΕΜΠ**

E. ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ Δρ. Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχ.

Λ. ΣΤΑΜΟΥ Υ-Δρ. Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχ.

### **4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ –ΔΙΑΡΚΕΙΑ**

**4.1 Συνολικό κόστος έργου:** 4.000.000 δρχ. (11.738 Euro)

**4.2 Χρονική διάρκεια εκτέλεσης έργου:** 24 μήνες. Από 01/10/2002–30/09/2004

## Περίληψη

Σκοπός της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος είναι η διερεύνηση της αντιληπτικής ανταπόκρισης του αναγνώστη του χάρτη στις οπτικές μεταβλητές τις οποίες εισήγαγε ο Bertin και υιοθέτησαν οι χαρτογράφοι. Ο Bertin προσδιόρισε επτά οπτικές μεταβλητές και τέσσερις τύπους αντιληπτικής οργάνωσης που αυτές υποστηρίζουν, ωστόσο τις απόψεις του δεν τεκμηρίωσε πειραματικά.

Κατ' αρχήν, πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση των πρόσφατων θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων που προσεγγίζουν το θέμα της αντιληπτικότητας των οπτικών μεταβλητών από τη σκοπιά της ψυχολογίας και της νευροφυσιολογίας. Έγινε ανασκόπηση της προέκτασης των θεωρητικών και πρακτικών συμπερασμάτων των μελετών αυτών στη χαρτογραφία. Μελετώντας τις οπτικές μεταβλητές μέσα από τις προσεγγίσεις της ψυχολογίας, της νευροφυσιολογίας και της χαρτογραφίας προέκυψε το συμπέρασμα ότι ο διαχωρισμός της αντιληπτικής αντίδρασης που προκαλεί μια οπτική μεταβλητή (π.χ. σε επιλεκτική ή μη επιλεκτική, σε τάξης ή μη τάξης), έτσι όπως προτάθηκε από τον Bertin, είναι απόλυτος και ότι μεταξύ των δύο άκρων υπάρχει μια συνέχεια. Διαπιστώθηκε η ανάγκη διερεύνησης παραμέτρων της κάθε οπτικής μεταβλητής που επηρεάζουν την κατάταξη της αντιληπτικής αντίδρασης μέσα σε αυτή τη συνέχεια

Στη συνέχεια, διεξάχθηκαν σειρά πειραμάτων τα οποία αποσκοπούσαν στη διερεύνηση του επιπέδου αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζουν τέσσερις βασικές οπτικές μεταβλητές για τη χαρτογραφία: το σχήμα, η απόχρωση, η ένταση και το μέγεθος. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν μέσα από διαφορετικά πειράματα τα εξής:

- Η επιλεκτικότητα του σχήματος (μη επιλεκτικό σύμφωνα με τον Bertin) σε σχέση με το διαφορετικό βαθμό αφαίρεσης των χαρτογραφικών συμβόλων.
- Η επιλεκτικότητα της απόχρωσης (επιλεκτική σύμφωνα με τον Bertin) σε σχέση με την τιμή της, σε χαρτογραφικά σύμβολα διαφορετικών αποχρώσεων.
- Η επιλεκτικότητα της έντασης (επιλεκτική σύμφωνα με τον Bertin) σε σχέση με τους νόμους μεταβολής της.
- Η επιλεκτικότητα της έντασης σε σχέση με τον αριθμό των ομάδων έντασης.
- Η οργάνωση τάξης και η ποσοτική οργάνωση σε σχέση με τις οπτικές μεταβλητές του μεγέθους και της έντασης (το μέγεθος είναι ποσοτική και διατεταγμένη μεταβλητή, η ένταση διατεταγμένη σύμφωνα με τον Bertin).

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων επιβεβαίωσαν τη θέση ότι ο χαρακτηρισμός των οπτικών μεταβλητών από τον Bertin, σε σχέση με την αντιληπτική οργάνωση που υποστηρίζουν, είναι απόλυτος και ότι υπάρχει μια συνέχεια ανάμεσα στα δύο άκρα (υποστήριξης/μη υποστήριξης). Τόσο από τη θεωρητική προσέγγιση των οπτικών μεταβλητών μέσα από την ψυχολογία, τη νευροφυσιολογία και τη χαρτογραφία όσο και από τα πειράματα που διεξάχθηκαν, προσδιορίστηκαν παράμετροι των οπτικών μεταβλητών οι οποίοι επιδρούν στην αντιληπτική οργάνωση που υποστηρίζουν. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν βραχυπρόθεσμα να χρησιμοποιηθούν ως βάση για περισσότερη διερεύνηση του θέματος ώστε μακροπρόθεσμα να δημιουργηθούν χαρτογραφικοί κανόνες για τη χρήση των οπτικών μεταβλητών στο συμβολισμό που να στηρίζονται στις θεωρητικές αρχές της οπτικής αντίληψης και σε εμπειρικά δεδομένα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
<b>1. Προσέγγιση της θεωρίας της εικόνας του Bertin από ψυχολογική σκοπιά</b>	<b>1</b>
1.1 Επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης με βάση τον Bertin	2
<i>Συσχετιστική οργάνωση (Associative organization)</i>	2
<i>Επιλεκτική οργάνωση (Selective organization)</i>	2
<i>Οργάνωση τάξης (Ordered organization)</i>	2
<i>Ποσοτική οργάνωση (Quantitative organization)</i>	3
1.2 Κλίμακες ταξινόμησης με βάση τον Bertin	3
<i>Ποιοτική κλίμακα (ή ονομαστική)</i>	3
<i>Κλίμακα τάξης</i>	3
<i>Ποσοτική κλίμακα (ή διαστήματος και αναλογική)</i>	4
1.3 Αποτελεσματική οπτικοποίηση	5
<b>2. Θεωρίες για τις προ-προσοχής διαδικασίες ή αυτόματες διαδικασίες</b>	<b>6</b>
2.1 Η θεωρία της ενοποίησης των χαρακτηριστικών (Feature Integration Theory)	6
2.2 Η θεωρία των texton (Texton Theory)	9
2.3 Η θεωρία της ομοιότητας	10
2.4 Θεωρία καθοδηγούμενης αναζήτησης (Guided search theory)	11
<b>3. Βασικά χαρακτηριστικά (Basic Features)</b>	<b>13</b>
3.1 Προσανατολισμός	13
3.2 Καμπυλότητα	14
3.3 Μέγεθος, Χωρική Συχνότητα, Κλίμακα	14
3.4 Σχήμα	15
<i>Απολήξεις</i>	15
<i>Κλειστό</i>	16
<i>Τοπολογία</i>	16
<i>Διασταυρώσεις</i>	16
3.5 Αντικείμενα	17
3.6 Απόχρωση	19
<b>4. Η θεωρία του Marr για την όραση</b>	<b>20</b>

<i>Το πρωταρχικό σκίτσο</i>	20
<i>Το σκίτσο 2 ½ διαστάσεων</i>	21
<i>Το τρισδιάστατο μοντέλο της απεικόνισης</i>	22
<b>5. Βασικά χαρακτηριστικά και χαρτογραφία</b>	<b>23</b>
5.1 Χαρτογραφική έρευνα	23
<b>6. Πειράματα</b>	<b>25</b>
6.1 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας του σχήματος	25
<i>Σκοπός</i>	25
<i>Υλικό, δείγμα, πείραμα</i>	26
<i>Αποτελέσματα, Συμπεράσματα</i>	27
6.2 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της απόχρωσης	29
<i>Σκοπός</i>	29
<i>Υλικό, δείγμα, πείραμα</i>	29
<i>Αποτελέσματα, Συμπεράσματα</i>	30
6.3 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της έντασης	31
<i>Σκοπός</i>	31
<i>Υλικό, δείγμα, πείραμα</i>	32
<i>Αποτελέσματα, Συμπεράσματα</i>	34
6.4 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της έντασης σε σχέση με τον αριθμό των ομάδων έντασης	35
<i>Σκοπός</i>	35
<i>Υλικό, δείγμα, πείραμα</i>	35
<i>Αποτελέσματα, Συμπεράσματα</i>	37
6.5 Διερεύνηση των μεταβλητών που επιτρέπουν την οργάνωση τάξης και την ποσοτική οργάνωση	38
6.5.1. Πείραμα Α'	39
<i>Σκοπός</i>	39
<i>Υλικό, δείγμα, πείραμα</i>	39
<i>Αποτελέσματα, Συμπεράσματα</i>	40
6.5.2. Πείραμα Β'	41

Σκοπός	41
Υλικό, δείγμα, πείραμα	41
Αποτελέσματα, Συμπεράσματα	42
<b>7. Γενικά συμπεράσματα</b>	<b>44</b>
<b>8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα</b>	<b>45</b>
<b>9. Δημοσιεύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος</b>	<b>46</b>
Αναφορές	48

## Εισαγωγή

Η κατανόηση του πώς ο αναγνώστης του χάρτη ανταποκρίνεται στις οπτικές μεταβλητές απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση από διαφορετικές γνωστικές περιοχές και περιλαμβάνει θέματα όπως η οπτική αντίληψη, η φυσιολογία της όρασης, η εφαρμογή της σημειολογίας στο σχεδιασμό χαρτογραφικών συμβόλων, η ανάπτυξη και εφαρμογή των γνωσιακών σχημάτων στα διάφορα επίπεδα ανάγνωσης του χάρτη.

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε οι θέσεις του Bertin, για τους τύπους αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζουν οι οπτικές μεταβλητές, προσεγγίστηκαν από τη σκοπιά της ψυχολογίας, της φυσιολογίας της όρασης και της χαρτογραφίας. Οι ενότητες που ακολουθούν περιλαμβάνουν τα εξής:

- Σύντομη περιγραφή των θέσεων του Bertin για την άμεση ανταπόκριση του αναγνώστη στις οπτικές μεταβλητές και σύνδεση των θέσεων του με την ψυχολογία.
- Παράθεση των θεωριών της ψυχολογίας για τις προ-προσοχής ή αυτόματες διαδικασίες που σχετίζονται με τις άμεσες αντιληπτικές αντιδράσεις.
- Ανάλυση των θεωριών της ψυχολογίας για τα βασικά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται «αυτόματα» από το οπτικό σύστημα και συνδέονται με τις οπτικές μεταβλητές.
- Περιγραφή του υπολογιστικού μοντέλου της όρασης του Marr με έμφαση στο ρόλο των διαφόρων απόψεων του σχήματος.
- Ανάλυση της χαρτογραφικής έρευνας που αφορά την αντιληπτική αντίδραση στις οπτικές μεταβλητές.
- Περιγραφή σειράς πειραμάτων τα οποία αποσκοπούν στη διερεύνηση της οπτικής οργάνωσης που στηρίζουν οι οπτικές μεταβλητές της απόχρωσης, του σχήματος, της έντασης και του μεγέθους. Δίνονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα.
- Συνοπτικά συμπεράσματα.
- Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.
- Δημοσιεύσεις.

### 1. Προσέγγιση της θεωρίας της εικόνας του Bertin από ψυχολογική σκοπιά

Η θεωρία της εικόνας (Image theory) του Bertin(1967/1983) χαρακτηρίστηκε ως μια ανεπίσημη θεωρία για την αντίληψη σε σχέση με την οπτικοποίηση των δεδομένων (Green 1998). Η θεωρία αυτή θεωρείται ότι συνδέει ιδανικά την έρευνα που αφορά την οπτικοποίηση με βασικά θέματα που αφορούν την αντίληψη, την ψυχοφυσική και τη φυσιολογία. Ο Bertin ενδιαφερόταν ιδιαίτερος για τη δημιουργία «καλής» οπτικοποίησης πολυδιάστατων δεδομένων. Διατύπωσε μια θεωρία για την αντίληψη γραφικών η οποία δε βασιζόταν σε συστηματικές εμπειρικές παρατηρήσεις, ωστόσο, είχε επιστημονική δομή: Ανέλυε την οπτικοποίηση σε πρωταρχικές συνιστώσες (primary components) και προσδιόριζε τις διαδικασίες συνδυασμού τους έτσι ώστε να δημιουργηθούν καλές οπτικοποιήσεις (Green 1998).

Η πιο κάτω ανάλυση επικεντρώνεται στις απόψεις τους Bertin για τις οπτικές μεταβλητές. Με βάση τον Bertin υπάρχουν δύο λειτουργικά διαφορετικές κατηγορίες οπτικών μεταβλητών: οι επίπεδες (planar) και οι αμφιβληστροειδείς (retinal). Οι

επίπεδες αφορούν τη θέση και οι αμφιβληστροειδείς είναι: το μέγεθος, η απόχρωση, το σχήμα, ο προσανατολισμός, η υφή και η ένταση.

Βασική προϋπόθεση για επιτυχή οπτικοποίηση δεδομένων σύμφωνα με τον Bertin είναι η επιλογή οπτικών μεταβλητών που να έχουν το κατάλληλο «μήκος» και «επίπεδο οργάνωσης». Το μήκος αναφέρεται στον αριθμό κατηγοριών ή βημάτων (για παράδειγμα διακριτών διαφορών απόχρωσης, έντασης κλπ). Εάν ο αριθμός των κατηγοριών των δεδομένων υπερβαίνει τον αριθμό των διακριτών βημάτων της οπτικής μεταβλητής, τότε τα δεδομένα δεν μπορούν να γίνουν σωστά αντιληπτά. Το επίπεδο αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζει μια οπτική μεταβλητή προσδιορίζει τον τύπο της κλίμακας των δεδομένων τον οποίο η μεταβλητή μπορεί να απεικονίσει. Οι κλίμακες ταξινόμησης των δεδομένων είναι: *ποιοτική, τάξης και ποσοτική* και περιγράφονται στη συνέχεια με βάση τον Bertin. Τα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης που διακρίνει ο Bertin είναι η *συσχετιστική, η επιλεκτική, η τάξης* και η *ποσοτική* και περιγράφονται στη συνέχεια.

### **1.1 Επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης με βάση τον Bertin**

#### ***Συσχετιστική οργάνωση (Associative organization)***

Η συσχετιστική αντίληψη αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο οργάνωσης και επιτρέπει την άμεση ομαδοποίηση όλων των στοιχείων μιας μεταβλητής ανεξάρτητα από τις διαφορές στις τιμές. Το σχήμα ανήκει στην κατηγορία των *συσχετιστικών μεταβλητών* γιατί επιτρέπει στο υποκείμενο να ομαδοποιεί αυτόματα στοιχεία διαφορετικού σχήματος. Αντίθετα, η ένταση δεν αποτελεί συσχετιστική μεταβλητή γιατί το υποκείμενο δεν μπορεί να αγνοήσει εύκολα διαφορές και να ομαδοποιήσει στοιχεία διαφορετικής έντασης. Ο Bertin αναφέρει ότι οι οπτικές μεταβλητές του επιπέδου (θέση), της υφής, της απόχρωσης, του προσανατολισμού (για σημειακά και γραμμικά σύμβολα) και του σχήματος είναι συσχετιστικές ενώ το μέγεθος και η ένταση δεν είναι.

#### ***Επιλεκτική οργάνωση (Selective organization)***

Η επιλεκτική οργάνωση επιτρέπει την άμεση ομαδοποίηση στοιχείων που έχουν την ίδια τιμή οπτικής μεταβλητής. *Επιλεκτική μεταβλητή* είναι αυτή που επιτρέπει την άμεση απομόνωση – ομαδοποίηση όλων των στοιχείων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία (της συγκεκριμένης μεταβλητής). Τα στοιχεία αυτά δημιουργούν «μια οικογένεια», για παράδειγμα την οικογένεια των κόκκινων σημείων και καθιστούν άμεση την απάντηση στο ερώτημα «Που βρίσκεται μια κατηγορία;». Σε σχέση με το χάρτη ο Bertin ενδιαφέρεται κατά πόσο μια ομάδα αντικειμένων (τα σύμβολα του χάρτη), που κατανέμονται στην επιφάνεια του, μπορούν να σχηματίσουν μια οπτική ομάδα. Για τον Bertin η θέση, η απόχρωση, η ένταση, η υφή, το μέγεθος και ο προσανατολισμός (με εξαίρεση τα επιφανειακά σύμβολα) είναι επιλεκτικές μεταβλητές.

#### ***Οργάνωση τάξης (Ordered organization)***

Η οργάνωση τάξης επιτρέπει στα δεδομένα την ταξινόμηση τους κατά εύρος. Οι *διατεταγμένες μεταβλητές* που επιτρέπουν οργάνωση τάξης είναι: *επίπεδες διαστάσεις* (θέση), το μέγεθος, η ένταση και η υφή.



### **Ποσοτική οργάνωση (Quantitative organization)**

Το υψηλότερο επίπεδο οργάνωσης είναι το «ποσοτικό» το οποίο επιτρέπει την άμεση εξαγωγή αναλογιών χωρίς να χρειάζεται για παράδειγμα η σύγκριση με το υπόμνημα στην περίπτωση του χάρτη. Η αναλογία της τιμής της μεταβλητής ανταποκρίνεται στην αναλογία των τιμών του δεδομένων. Ενώ τα δεδομένα κλίμακας τάξης επιτρέπουν μια σχετική σύγκριση μεγεθών, οι ποσοτικές μεταβλητές υποστηρίζουν αντίληψη αναλογιών. Μόνο το μέγεθος και οι επίπεδες διαστάσεις είναι *ποσοτικές μεταβλητές*.

Ο Πίνακας 1 αναφέρει τα επίπεδα αντίληπτης οργάνωσης που υποστηρίζει κάθε οπτική μεταβλητή σύμφωνα με τον Bertin.

**Πίνακας 1.** Επίπεδα οργάνωσης που υποστηρίζουν οι οπτικές μεταβλητές με βάση τον Bertin

Αντίληπτη Οργάνωση	σχήμα	προσανατολισμός	απόχρωση	υφή	ένταση	μέγεθος	θέση
Συσχετιστική	●	●	●	○	○	○	●
Επιλεκτική	○	○	●	●	●	●	●
Τάξης	○	○	○	○	●	●	●
Ποσοτική	○	○	○	○	○	●	●



Από τα πιο πάνω προκύπτει ότι μόνο οι επίπεδες διαστάσεις (η θέση) υποστηρίζουν όλα τα επίπεδα οργάνωσης. Προκύπτει έτσι ότι οι χωρικές διαστάσεις έχουν ιδιαίτερο ρόλο στην οπτικοποίηση δεδομένων.

### **1.2 Κλίμακες ταξινόμησης με βάση τον Bertin**

#### **Ποιοτική κλίμακα (ή ονομαστική)**

Ένα χαρακτηριστικό (component) είναι ποιοτικό αν οι κατηγορίες του δεν μπορούν να διευθετηθούν ή ταξινομηθούν με ένα καθολικά αποδεκτό τρόπο. Μπορούν να δημιουργηθούν διαφορετικές ποιοτικές κατηγορίες ενός χαρακτηριστικού οι οποίες είναι ισοδύναμες ή ισαπέχουσες (equidistant) και μπορούν να προσεγγιστούν επιλεκτικά ή συσχετιστικά. Η επιλεκτική και συσχετιστική αντίληψη αναφέρονται μόνο στην ποιοτική κλίμακα ταξινόμησης.

#### **Κλίμακα τάξης**

Ένα χαρακτηριστικό ανήκει στην κλίμακα τάξης αν οι κατηγορίες του διευθετούνται με ένα μοναδικό και καθολικά αποδεκτό τρόπο και ισαπέχουν.

### **Ποσοτική κλίμακα (ή διαστήματος και αναλογική)**

Ένα χαρακτηριστικό ανήκει στην ποσοτική κλίμακα αν οι αποστάσεις των κατηγοριών του προσδιορίζονται με βάση μονάδα μέτρησης. Η περίπτωση της κλίμακας αυτής συναντάται όταν υπάρχουν μονάδες μέτρησης που οδηγούν σε συμπεράσματα του τύπου: αυτό είναι διπλάσιο, το μισό, τετραπλάσιο κλπ από το άλλο.

Ο Πίνακας 2 αναφέρει τις κλίμακες ταξινόμησης που υποστηρίζει κάθε μια από τις οπτικές μεταβλητές σύμφωνα με τον Bertin.

**Πίνακας 2.** Κλίμακες ταξινόμησης που υποστηρίζουν οι οπτικές μεταβλητές σύμφωνα με τον Bertin

	Ποσοτική	Τάξης	Ποιοτική
Θέση	Αποδεκτή	Αποδεκτή	Αποδεκτή
Μέγεθος	Αποδεκτή	Αποδεκτή	Μη αποδεκτή
Ένταση	Μη αποδεκτή	Αποδεκτή	Μη αποδεκτή
Υφή	Αποδεκτή	Αποδεκτή	Μη αποδεκτή
Απόχρωση	Μη αποδεκτή	Μη αποδεκτή	Αποδεκτή
Προσανατολισμός	Μη αποδεκτή	Αποδεκτή	Μη αποδεκτή
Σχήμα	Μη αποδεκτή	Μη αποδεκτή	Αποδεκτή

■ Αποδεκτή  
□ Μη αποδεκτή

Στην χαρτογραφία οι κλίμακες ταξινόμησης των δεδομένων χρησιμοποιούνται ευρέως (Robinson et al. 1995) και είναι σημαντική η διάκριση της ποσοτικής κλίμακας σε κλίμακα διαστήματος και αναλογική. Στο σημείο αυτό ο Bertin έχει υποστεί κριτική γιατί ενώ αναφέρει τους όρους αυτούς εντούτοις ο ορισμός που δίνει στην ποσοτική κλίμακα καλύπτει μόνο την αναλογική πτυχή της (Wang and Ormeling 1996). Η κλίμακα διαστήματος προσθέτει πληροφορίες σχετικά με την απόσταση μεταξύ των επιπέδων της ιεραρχίας. Για να χρησιμοποιηθεί η κλίμακα αυτή, πρέπει να οριστεί μια πρότυπη μονάδα που μπορεί να είναι αυθαίρετη και στις συνέχειες να εκφραστεί η απόσταση (διαφορά) βάσει αυτής της μονάδας. Ωστόσο χρειάζεται προσοχή ώστε να μην εξάγονται περισσότερα συμπεράσματα από ό,τι δικαιολογεί η μονάδα μέτρησης. Για παράδειγμα δεν στέκει ότι οι 40°F είναι θερμότεροι από τους 20°F και 0°F δεν δηλώνουν απουσία θερμοκρασίας. Η αναλογική κλίμακα συνιστά περαιτέρω βελτίωση της κλίμακας κατά διάστημα και το σημείο μηδέν δεν είναι αυθαίρετο αλλά υποδεικνύει την απουσία στοιχείου.

Με τη διάκριση της ποσοτικής κλίμακας σε κλίμακα διαστήματος και αναλογική γεννιέται το ερώτημα ποιες οπτικές μεταβλητές υποστηρίζουν αυτές τις κλίμακες. Εάν υποθέσουμε ότι το υποκείμενο πρέπει να εξάγει αναλογίες από μian οπτικοποίηση, για παράδειγμα να παρατηρήσει ότι μια τιμή είναι διπλάσια από μία άλλη, τότε το χαρακτηριστικό (component) θα πρέπει να απεικονιστεί από μια οπτική μεταβλητή που ο διπλασιασμός του φυσικού της μεγέθους θα έχει ως αποτέλεσμα να διπλασιαστεί και το μέγεθος που γίνεται αντιληπτό. Για παράδειγμα η ένταση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί γιατί ο διπλασιασμός της δεν έχει το ανάλογο αποτέλεσμα στην αντίληψη (εκλαμβάνεται ως αύξηση κατά 1,4 περίπου αντί διπλάσια). Οι Wang and Ormeling (1996) προτείνουν διορθώσεις της θεωρίας του Bertin. Η οπτική μεταβλητή του μεγέθους δημιουργεί αντιληπτική οργάνωση επιλεκτική, τάξης, και ποσοτική. Η χρησιμοποίηση του μεγέθους για δεδομένα της κλίμακας διαστήματος δεν ενδείκνυται γιατί δημιουργούν στον αναγνώστη του χάρτη αναλογικής κλίμακας

αντίληψη (ένα δηλαδή βήμα μεγαλύτερο στις κλίμακες ιεράρχησης), η οποία δε δικαιολογείται από τα δεδομένα (Wang and Ormeling 1996). Από τις επτά οπτικές μεταβλητές που προτείνει ο Bertin δεν προσδιορίζεται κάποια που να δημιουργεί επιλεκτική αντίληψη, τάξης και διαστήματος χωρίς να δημιουργεί αναλογική. Οι Wang and Ormeling (1996, σ.91) θεωρούν την ένταση ως υποψήφια μεταβλητή για απόδοση της κλίμακας διαστήματος και αναφέρουν ότι «πειράματα πρέπει να δείξουν εάν οι διαβαθμίσεις της έντασης του γκρι δεν μπορούν πράγματι να προκαλούν αντίληψη 'απόστασης' με την οποία τα δεδομένα κλίμακας διαστήματος μπορούν να ταιριάσουν.» Ο MacEachren (1994) που προσδιορίζει δώδεκα οπτικές μεταβλητές θεωρεί ότι η ένταση, ο κορεσμός, η απόχρωση (σειρά χρωμάτων στο φάσμα), η υφή και ο προσανατολισμός, θεωρούνται οριακά αποτελεσματικές οπτικές μεταβλητές για την απόδοση αριθμητικής κλίμακας.

### 1.3 Αποτελεσματική οπτικοποίηση

Ο Bertin δίνει έμφαση στη διαφορά μεταξύ της «χωρίς προσπάθεια» και «με προσπάθεια» οργάνωσης. Μια μεταβλητή επιτρέπει ένα επίπεδο οργάνωσης εάν το υποκείμενο (ο αναγνώστης του χάρτη) αντιλαμβάνεται το επίπεδο της οργάνωσης χωρίς λεπτομερή παρατήρηση. Δηλαδή η αντίληψη είναι άμεση και δεν είναι απαραίτητη η από σημείο σε σημείο παρατήρηση. Η «καλή» οπτικοποίηση θα πρέπει να επιτρέπει την εξαγωγή πληροφορίας με μια ματιά χωρίς την ανάγκη μετακίνησης των ματιών ή προσοχής. Η «αποτελεσματικότητα» της οπτικοποίησης σχετίζεται με το χρόνο που απαιτείται για να γίνει αντιληπτή η ζητούμενη πληροφορία. Χρησιμοποιεί τον όρο «εικόνα» (image) για να αναφερθεί στο τμήμα της οπτικοποίησης που «το μάτι μπορεί να απομονώσει κατά την διάρκεια μιας στιγμιαίας αντίληψης» και που επιτρέπει στον παρατηρητή «να παραβλέψει όλα τα υπόλοιπα στοιχεία». Η εικόνα αυτή περιορίζεται σε τρεις συνιστώσες στην περίπτωση διαγραμμάτων και σε δύο συνιστώσες στην περίπτωση χαρτών (οπτική μεταβλητή θέσης και μια μεταβλητή του αμφιβληστροειδούς).

Η θεωρία του Bertin βασίζεται σε δικές του παρατηρήσεις και όχι σε εμπειρικά δεδομένα. Δε βασίζεται σε έρευνες της ψυχολογίας ή της φυσιολογίας. Ο έλεγχος και η ερμηνεία κάποιων συμπεριφορών προβάλλονται στην εικόνα και όχι στον παρατηρητή. Αντίθετα, η ψυχολογία και φυσιολογία ερμηνεύουν την αντίληψη με βάση διαδικασίες που εκτελεί το υποκείμενο. Γνώση για τις διαδικασίες αυτές θα συμβάλει στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς του υποκειμένου σε διαφορετικές οπτικοποιήσεις. Οι απόψεις του Bertin για την επιλεκτική και συσχετιστική οργάνωση σχετίζονται με την οπτική έρευνα της προ-προσοχής αναζήτησης (pre-attentive search) και διαχωρισμού υφής (texture segmentation). Ο διαχωρισμός της αντίληψης σε στάδια προ-προσοχής και προσοχής (preattentive / attentive) από τους ψυχολόγους είναι ανάλογος με τη διάκριση που έκανε ο Bertin μεταξύ άμεσης και σημείο προς σημείο αντίληψης. Υπάρχουν αρκετές θεωρίες από πλευράς ψυχολόγων που επιχειρούν να εξηγήσουν γιατί κάποιες αναζητήσεις επιτυγχάνονται με διαδικασίες προ-προσοχής και κάποιες άλλες απαιτούν εστίαση της προσοχής. Η θεωρία της ενοποίησης χαρακτηριστικών της Triesman (Triesman and Gelade 1980) είχε τη μεγαλύτερη επίδραση και πάνω σε αυτήν στηρίχτηκαν στη συνέχεια άλλες θεωρίες όπως θα δούμε στην πιο κάτω ενότητα. Πέραν όμως από τις έρευνες των ψυχολόγων για την κατανόηση των επιπέδων αντιληπτικής οργάνωσης και της ενεργοποίησης τους από τις οπτικές μεταβλητές απαιτείται η κατανόηση της διαδικασίας της όρασης. Σε ενότητα που ακολουθεί περιγράφεται το υπολογιστικό

μοντέλο του Marr για την όραση με έμφαση στο ρόλο των απόψεων του σχήματος που είναι και η πιο σημαντική οπτική μεταβλητή για τη χαρτογραφία.

## **2. Θεωρίες για τις προ-προσοχής διαδικασίες ή αυτόματες διαδικασίες (preattentive processing)**

Έρευνες στη ψυχολογία και την όραση στην προσπάθεια ερμηνείας πως το οπτικό σύστημα του ανθρώπου αναλύει εικόνες, οδηγήθηκαν στις οπτικές ιδιότητες – χαρακτηριστικά - τις οποίες το οπτικό σύστημα επεξεργάζεται σε στάδιο που προηγείται της προσοχής (προ-προσοχής – pre-attentively). Τα χαρακτηριστικά αυτά εντοπίζονται «αυτόματα» από το οπτικό σύστημα και ο παρατηρητής δε χρειάζεται να εστιάσει την προσοχή του στην εικόνα για να αποφασίσει εάν υπάρχουν ή δεν υπάρχουν στοιχεία με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Ένα παράδειγμα αυτόματης επεξεργασίας είναι ο εντοπισμός «γεμάτου» κύκλου ανάμεσα σε κενούς κύκλους. Το αντικείμενο «στόχος» (target) χαρακτηρίζεται από την προ-προσοχής ή αυτόματη ιδιότητα (preattentive property) του «γεμάτου» την οποία δεν έχουν τα «περισπαστικά» (distractors) αντικείμενα. Ο παρατηρητής αυτομάτως, με μια ματιά, εντοπίζει αν ο στόχος υπάρχει ή δεν υπάρχει στην εικόνα, χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Πειράματα στη ψυχολογία ελέγχουν τις αυτόματες ιδιότητες με τις πιο κάτω διαδικασίες:

- Εντοπισμός στόχου: ο παρατηρητής επιχειρεί γρήγορα και με ακρίβεια να εντοπίσει την παρουσία ή την απουσία στόχου που έχει συγκεκριμένη προ-προσοχής ιδιότητα (preattentive property) ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία που δεν έχουν την ιδιότητα αυτή.
- Εντοπισμός ορίων: Ο παρατηρητής επιχειρεί γρήγορα και με ακρίβεια να εντοπίσει τα όρια (texture boundaries) μεταξύ δύο ομάδων στοιχείων. Τα στοιχεία κάθε ομάδας έχουν την ίδια προ-προσοχής ιδιότητα.
- Καταμέτρηση: Ο παρατηρητής επιχειρεί να μετρήσει ή να εκτιμήσει τον αριθμό των στοιχείων της εικόνας τα οποία έχουν συγκεκριμένη προ-προσοχής ιδιότητα.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι βασικές αρχές θεωριών που αφορούν την προ-προσοχής επεξεργασία οπτικής πληροφορίας με έμφαση στα βασικά χαρακτηριστικά.

### **2.1 Η θεωρία της ενοποίησης των χαρακτηριστικών (Feature Integration Theory)**

Η Triesman (1985) διερευνώντας την προ-προσοχής επεξεργασία οπτικών πληροφοριών:

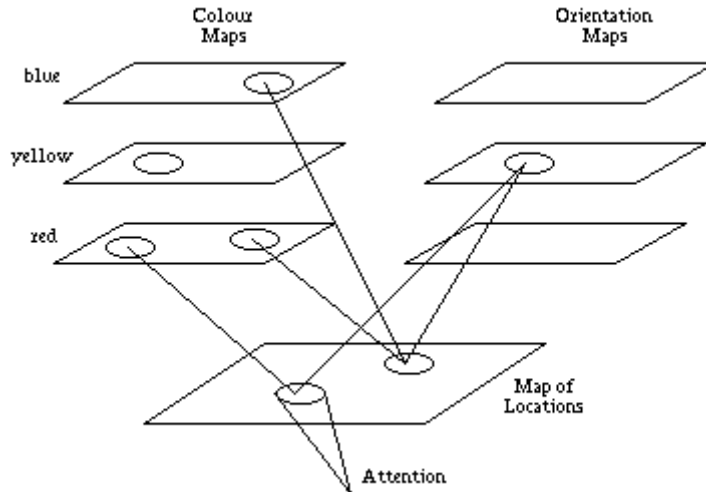
1. Επιχειρεί να προσδιορίσει τις ιδιότητες που εντοπίζονται αυτόματα. Ονομάζει τις ιδιότητες αυτές «χαρακτηριστικά προ-προσοχής» (preattentive features).

2. Διατυπώνει υποθέσεις για το πώς το ανθρώπινο οπτικό σύστημα επεξεργάζεται πληροφορίες στο στάδιο προ-προσοχής ή αυτόματα.

Η Triesman διενέργησε σειρές πειραμάτων χρησιμοποιώντας τον εντοπισμό στόχου και τον εντοπισμό ορίων για να ταξινομήσει τα χαρακτηριστικά προ-προσοχής. Για τον εντοπισμό στόχου, όπως αναφέρθηκε, ο παρατηρητής θα πρέπει να προσδιορίσει αν ο στόχος υπάρχει ή δεν υπάρχει μέσα σε μια εικόνα στην οποία υπάρχουν περισπαστικά στοιχεία. Κατά την πειραματική διαδικασία ο αριθμός των περισπαστικών στοιχείων μεταβάλλεται. Εάν ο χρόνος αναζήτησης του στόχου είναι σχετικά σταθερός και κάτω από κάποιο όριο, ανεξαρτήτως του αριθμού των περισπαστικών στοιχείων, τότε η αναζήτηση μπορεί να θεωρηθεί ότι έγινε αυτόματα. Στον εντοπισμό ορίων, όπως αναφέρθηκε, μια ομάδα αντικειμένων που έχουν ένα μοναδικό χαρακτηριστικό τοποθετούνται ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία και κατά την πειραματική διαδικασία εξετάζεται αν ο παρατηρητής μπορεί αυτόματα να εντοπίσει τα όρια των δύο ομάδων. Ο εντοπισμός θεωρείται αυτόματος και το χαρακτηριστικό που προσδιορίζει τα όρια ως προ-προσοχής χαρακτηριστικό, αν ο εντοπισμός του δε ξεπερνά κάποιο χρονικό όριο. Συνήθως, ως χρονικό όριο θεωρούνται τα 250msec, χρόνος αρκετός μόνο για «ένα κοίταγμα» της εικόνας. Το οπτικό σύστημα του ανθρώπου δεν έχει χρόνο να αποφασίσει την μετακίνηση της ματιάς σε άλλη θέση.

Μια βασική αρχή της θεωρίας ενοποίησης χαρακτηριστικών είναι ότι στο στάδιο της προ-προσοχής, τα χαρακτηριστικά κωδικοποιούνται «νωρίς, αυτόματα και παράλληλα στο οπτικό πεδίο», ενώ τα αντικείμενα που δομούνται από χαρακτηριστικά, αναγνωρίζονται σε κατοπινό στάδιο με διαδικασίες εστιασμένης προσοχής (Triesman and Gelade 1980, σ.98). Τα πιο κάτω χαρακτηριστικά μπορούν να εντοπιστούν αυτόματα σε προ-προσοχής στάδιο: το μήκος γραμμής, ο προσανατολισμός, η αντίθεση, η απόχρωση, η καμπυλότητα, το κλείσιμο (Triesman 1985, Triesman and Gormican 1988). Για κάποια από τα χαρακτηριστικά προ-προσοχής παρατηρείται το φαινόμενο της ασυμμετρίας (Triesman and Souther 1985). Για παράδειγμα, μια κεκλιμένη γραμμή ανάμεσα σε κατακόρυφες γραμμές μπορεί να εντοπιστεί αυτόματα. Αντιθέτως, μια κατακόρυφη γραμμή ανάμεσα σε κεκλιμένες δεν μπορεί να εντοπιστεί αυτόματα.

Η Triesman επεξηγώντας την αυτόματη ή προ-προσοχής επεξεργασία αναφέρει ότι η πολύ αρχική όραση (early vision) διαχωρίζει την εικόνα σε ομάδα χαρτών χαρακτηριστικών (feature maps) και σε ένα κύριο χάρτη θέσεων (Σχήμα 1). Κάθε χάρτης χαρακτηριστικού ενεργοποιείται ή ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Για κάθε ένα από τα βασικά χρώματα κόκκινο, κίτρινο και μπλε αντιστοιχεί ένας χάρτης, όπως επίσης και για τον προσανατολισμό, το σχήμα, την υφή και άλλα προ-προσοχής χαρακτηριστικά. Όταν το οπτικό σύστημα βλέπει για πρώτη φορά μία εικόνα, όλα τα χαρακτηριστικά κωδικοποιούνται αυτόματα στους αντίστοιχους χάρτες. Ο παρατηρητής μπορεί να ελέγξει αν υπάρχει ανταπόκριση-ενεργοποίηση σε συγκεκριμένο χάρτη και πιθανόν μπορεί να έχει ενδείξεις για το μέγεθος της ενεργοποίησης. Οι χάρτες χαρακτηριστικών δε δίνουν πληροφορίες για τη θέση, τη χωρική διάταξη ή τις σχέσεις με τις ενεργοποιήσεις άλλων χαρτών. Ο κύριος χάρτης θέσεων συγκρατεί πληροφορίες σχετικά με την ένταση ή τις ασυνέχειες σε χωρικές θέσεις. Η εστιασμένη προσοχή ενεργεί δια μέσω του βασικού χάρτη. Εξετάζοντας μία θέση, ο παρατηρητής αυτομάτως παίρνει πληροφορία σχετική με τα χαρακτηριστικά που βρίσκονται στη συγκεκριμένη θέση.



**Σχήμα 1.** Χάρτες χαρακτηριστικών και χάρτης θέσης

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο η Triesman επεξηγεί την επεξεργασία προ-προσοχής ή αυτόματη επεξεργασία. Εάν ο στόχος έχει ένα μόνο χαρακτηριστικό, τότε ο παρατηρητής μπορεί απλώς να προσεγγίσει το συγκεκριμένο χάρτη χαρακτηριστικού για να δει αν υπάρχει ενεργοποίηση. Οι χάρτες χαρακτηριστικών κωδικοποιούνται παράλληλα, και έτσι ο εντοπισμός του χαρακτηριστικού είναι σχεδόν αυτόματος.

Η συνδετικότητα (conjunction) είναι η περίπτωση κατά την οποία ο στόχος αποτελείται από δύο ή περισσότερα χαρακτηριστικά, κάθε ένα από τα οποία υπάρχει στα περισπαστικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, ο στόχος μπορεί να είναι ένας κόκκινος κύκλος και τα περισπαστικά αντικείμενα κόκκινα τετράγωνα και μπλε κύκλοι. Η Triesman υποστηρίζει ότι αντικείμενα τα οποία προκύπτουν από σύνδεση δύο χαρακτηριστικών δεν μπορούν να εντοπιστούν αυτόματα. Ο εντοπισμός δηλαδή του κόκκινου κύκλου ανάμεσα στα περισπαστικά στοιχεία του προηγούμενου παραδείγματος δεν μπορεί να γίνει αυτόματα. Ένας συνδετικός στόχος δεν μπορεί να εντοπιστεί προσεγγίζοντας ένα μόνο χάρτη χαρακτηριστικού. Η ενεργοποίηση σε συγκεκριμένο χάρτη χαρακτηριστικού μπορεί να προκληθεί από το στόχο ή από τα περισπαστικά στοιχεία που έχουν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Για να εντοπιστεί ο στόχος, ο παρατηρητής θα πρέπει να παρατηρήσει σειριακά τον κύριο χάρτη θέσεων, ψάχνοντας για το αντικείμενο με τα σωστά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία αυτή απαιτεί εστιασμένη προσοχή και σχετικά μεγάλη χρονική διάρκεια.

Αργότερα, η Triesman αναθεώρησε τη θέση της για αυστηρό διαχωρισμό ανάμεσα σε χαρακτηριστικά που εντοπίζονται παράλληλα και σειριακά (Triesman and Gormican 1988, Triesman 1991). Υποστήριξε ότι η παράλληλη και σειριακή επεξεργασία αποτελούν τα δύο άκρα του φάσματος. Το μέγεθος της διαφοράς ανάμεσα στο στόχο και τα περισπαστικά αντικείμενα για δεδομένο χαρακτηριστικό επηρεάζουν το χρόνο αναζήτησης. Για παράδειγμα, μια μεγάλη κατακόρυφη γραμμή μπορεί εύκολα να εντοπιστεί ανάμεσα σε μικρές κατακόρυφες γραμμές. Καθώς το μήκος του στόχου μικραίνει ο χρόνος αναζήτησης μεγαλώνει, αφού ο στόχος διακρίνεται πιο δύσκολα από τα περισπαστικά στοιχεία. Από κάποιο σημείο στόχος γίνεται μικρότερος από τα περισπαστικά στοιχεία. Καθώς ο στόχος μικραίνει ο χρόνος εντοπισμού μειώνεται γιατί μειώνεται και η ομοιότητα μεταξύ στόχου και περισπαστικών στοιχείων.

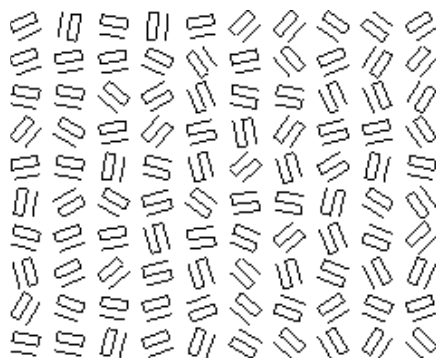
## 2.2 Η θεωρία των texton (Texton Theory)

Ο διαχωρισμός υφής (texture segregation) αναφέρεται στον αυτόματο προ-προσοχής εντοπισμό ομάδων ομοίων αντικειμένων και των ορίων που τις διαχωρίζουν. Η Triesman χρησιμοποίησε το διαχωρισμό υφής στα πειράματα της για τον προσδιορισμό ορίων. Ο Julesz διερεύνησε την αντίληψη υφής και τη σχέση της με την προ-προσοχής επεξεργασία (Julesz 1981, Julesz and Bergen 1983, Julesz 1984). Έρευνες με ζεύγη υφής που έχουν την ίδια δεύτερης – τάξης στατιστική (second-order statistics) έδειξαν ότι το σύστημα αυτόματης διάκρισης υφής δεν μπορεί να επεξεργαστεί σε γενικό επίπεδο τρίτης ή ανώτερης τάξης στατιστική και ότι η διάκριση είναι το αποτέλεσμα μερικών τοπικών, εμφανών χαρακτηριστικών τα οποία ονομάζονται textons. Τα textons, τα χαρακτηριστικά δηλαδή που εντοπίζει αρχικά το οπτικό σύστημα, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Επιμήκεις κηλίδες (elongated blobs) όπως π.χ. τμήματα γραμμών, ορθογώνια, ελλείψεις με συγκεκριμένες ιδιότητες όπως η απόχρωση, ο προσανατολισμός και το πάχος.
- Απολήξεις (άκρες γραμμών)
- Διασταυρώσεις γραμμών

Ο Julesz υποστηρίζει ότι μόνο διαφορές στα textons ή την πυκνότητα τους μπορούν να εντοπιστούν στο στάδιο προ – προσοχής. Πληροφορία για τη θέση γειτονικών textons δεν είναι διαθέσιμη χωρίς την εφαρμογή εστιασμένης προσοχής. Ο Julesz, όπως και η Triesman, υποστηρίζει ότι η προ-προσοχής αυτόματη διαδικασία συντελείται παράλληλα ενώ η εστιασμένη προσοχή σειριακά.

Οι υποθέσεις του Julesz (1981) επαληθεύονται σε πείραμα στο οποίο δεν ήταν δυνατή η διάκριση των ορίων δύο ομάδων τυχαία προσανατολισμένων αντικειμένων παρά τις διαφορές στο σχήμα των δύο αντικειμένων «S» και «10» όταν εξετάζονται μεμονωμένα (Σχήμα 2). Παρόλο που τα δύο αντικείμενα είναι πολύ διαφορετικά, εντούτοις στην ουσία είναι τα ίδια textons. Και τα δύο είναι κηλίδες του ίδιου ύψους και πλάτους. Και τα δύο είναι δομημένα από τον ίδιο αριθμό ευθυγράμμων τμημάτων και έχουν δύο απολήξεις. Σε ανάλογο πείραμα ήταν δυνατός ο διαχωρισμός δύο περιοχών με τυχαία προσανατολισμένα «X» και «L», παρά το γεγονός ότι οι δύο περιοχές έχουν την ίδια κατανομή τυχαία προσανατολισμένων ευθύγραμμων τμημάτων (Bergen and Julesz, 1983). Η δυνατότητα αυτή σύμφωνα με τους ερευνητές οφείλεται στη διαφορετική πυκνότητα χαρακτηριστικών όπως οι απολήξεις, οι γωνίες και οι διασταυρώσεις στις δύο περιοχές.



**Σχήμα 2.** Διαχωρισμός υφής

### 2.3 Η θεωρία της ομοιότητας

Οι Quinlan και Humphreys (1987) διερεύνησαν τις συνδυαστικές αναζητήσεις εστιάζοντας στα εξής θέματα:

1. Κατά πόσον ο χρόνος αναζήτησης εξαρτάται από τον αριθμό των στοιχείων πληροφορίας που απαιτείται για αναγνώριση του στόχου.
2. Κατά πόσον ο χρόνος αναζήτησης εξαρτάται από το πόσο εύκολα ο στόχος μπορεί να διακριθεί από τα περισπαστικά στοιχεία, ανεξαρτήτως της παρουσίας μοναδικού προ-προσοχής χαρακτηριστικού.

Οι Quinlan και Humphreys (1987) δεν υποστηρίζουν τον απόλυτο διαχωρισμό ανάμεσα σε σειριακές και παράλληλες διαδικασίες αναζήτησης. Διαπίστωσαν επίσης ότι η θεωρία ολοκλήρωσης χαρακτηριστικών της Triesman δεν μπορούσε να εξηγήσει πολλά από τα αποτελέσματα ερευνών και ανέπτυξαν τη δική τους θεωρία για την αυτόματη, προ-προσοχής επεξεργασία οπτικών πληροφοριών. Πρέπει ωστόσο να επισημανθεί ότι σε μετέπειτα δουλειά της και η Triesman (1988) εγείρει το θέμα πόσο εύκολα μπορεί να διακριθεί ο στόχος από τα περισπαστικά στοιχεία.

Σύμφωνα με τη θεωρία της ομοιότητας η ικανότητα αναζήτησης εξαρτάται από το είδος της εργασίας που πρέπει να εκτελεστεί και από τα χαρακτηριστικά της οπτικής εικόνας (Duncan and Humphreys 1989, Muller et al. 1990). Ο χρόνος αναζήτησης εξαρτάται από δύο παράγοντες:

1. την ομοιότητα στόχων – μη στόχων (T-N) (Target – Non target) και
2. την ομοιότητα των μη στόχων μεταξύ τους (N-N).

Οι δύο αυτοί παράγοντες επηρεάζουν το χρόνο αναζήτησης ως εξής:

- Καθώς η ομοιότητα T-N αυξάνει, η αποτελεσματικότητα της αναζήτησης μειώνεται και ο χρόνος αναζήτησης αυξάνει.
- Καθώς η ομοιότητα N-N μειώνεται, η αποτελεσματικότητα της αναζήτησης μειώνεται και ο χρόνος αναζήτησης αυξάνει.
- Η ομοιότητα T-N και N-N σχετίζονται. Η μείωση της ομοιότητας N-N έχει μικρή επίδραση αν η ομοιότητα T-N είναι μικρή. Η αύξηση της ομοιότητας T-N έχει μικρή επίδραση αν η ομοιότητα N-N είναι μεγάλη.

Οι Duncan και Humphreys (1989) διατυπώνουν μια θεωρία τριών βημάτων για την οπτική επιλογή:

- Το οπτικό πεδίο διαχωρίζεται σε δομικά στοιχεία. Διακριτά δομικά στοιχεία έχουν κάποιες κοινές ιδιότητες (π.χ. χωρική εγγύτητα, απόχρωση, σχήμα, κίνηση). Κάθε δομικό στοιχείο μπορεί να διαχωριστεί σε μικρότερα στοιχεία και δημιουργείται έτσι μια ιεραρχική αναπαράσταση του οπτικού πεδίου. Σε αυτή την ιεραρχία κάθε δομικό στοιχείο περιγράφεται από ιδιότητες (π.χ. χωρική θέση, απόχρωση, υφή, μέγεθος). Η διαδικασία του διαχωρισμού συντελείται παράλληλα.
- Η δυνατότητα προσπέλασης στην οπτική μνήμη μικρής διάρκειας είναι περιορισμένη και τα αποθέματα μνήμης που μπορούν να καταναμηθούν στα δομικά στοιχεία είναι περιορισμένα. Όταν η όραση αναζητεί συγκεκριμένη πληροφορία τότε ένα πρότυπο της πληροφορίας αυτής -του στόχου- είναι διαθέσιμο. Κάθε δομικό στοιχείο συγκρίνεται με αυτό το πρότυπο. Όσο καλύτερη



είναι η αντιστοιχία, τόσο μεγαλύτερο απόθεμα διατίθεται στο δεδομένο δομικό στοιχείο σε σχέση με άλλα δομικά στοιχεία με φτωχότερη αντιστοιχία. Επειδή τα στοιχεία ομαδοποιούνται ιεραρχικά, φτωχότερη αντιστοιχία μεταξύ προτύπου και δομικού στοιχείου επιτρέπει την απόρριψη άλλων στοιχείων που είναι ισχυρά ομαδοποιημένα με το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο.

- Δομικά στοιχεία που συγκεντρώνουν μεγαλύτερο απόθεμα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα προσπέλασης στην οπτική μνήμη μικρής διάρκειας. Έτσι, εμφανίζονται πρώτα στην οπτική μνήμη μικρής διάρκειας δομικά στοιχεία που έχουν τη μεγαλύτερη αντιστοιχία με το πρότυπο αναζήτησης.

Με βάση τα πιο πάνω μπορεί να εξηγηθεί πως η ομοιότητα T-N και N-N επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της αναζήτησης. Αυξημένη ομοιότητα T-N έχει σαν αποτέλεσμα περισσότερα δομικά στοιχεία να ταιριάζουν με το πρότυπο. Μειωμένη ομοιότητα N-N έχει σαν αποτέλεσμα να μην μπορούμε να απορρίψουμε αποτελεσματικά μεγάλο αριθμό ισχυρά ομαδοποιημένων δομικών στοιχείων, έτσι ο χρόνος κατανομής αποθεμάτων και ο χρόνος αναζήτησης αυξάνουν.

## 2.4 Θεωρία καθοδηγούμενης αναζήτησης (Guided search theory)

Ο Wolfe επανεξέτασε τη θεωρία της Triesman για την οπτική αναζήτηση και διατύπωσε τη θεωρία «καθοδηγούμενης αναζήτησης»- «guided search» (Wolfe and Cave 1989, Wolfe et al. 1989, Wolfe 1994). Σύμφωνα με αυτήν, κατά την οπτική αναζήτηση δομείται χάρτης ενεργοποίησης που βασίζεται τόσο σε διαδικασίες από κάτω προς τα πάνω όσο και σε διαδικασίες από πάνω προς τα κάτω. Η προσοχή οδηγείται σε περιοχές του χάρτη μεγάλης ενεργοποίησης οι οποίες αναπαριστούν περιοχές της οπτικής εικόνας με τη μεγαλύτερη επίδραση από το συνδυασμό των διαδικασιών από κάτω προς τα πάνω και από πάνω προς τα κάτω.

Ο Wolfe, όπως και η Triesman, αναφέρει ότι η αρχική όραση διαχωρίζει την εικόνα σε διακριτούς χάρτες χαρακτηριστικών. Για κάθε τύπο χαρακτηριστικού δημιουργείται ένας χάρτης (π.χ. ένας χάρτης για την απόχρωση, ένας για τον προσανατολισμό κλπ). Σε κάθε χάρτη το χαρακτηριστικό φιλτράρεται σε κατηγορίες. Για παράδειγμα, στο χάρτη της απόχρωσης μπορεί να υπάρχουν αναπαραστάσεις για το κόκκινο, το κίτρινο, το πράσινο και το μπλε. Σε σχέση με τον προσανατολισμό, υπάρχουν ενδείξεις ότι κατηγοριοποιείται σε μεγάλης κλίσης, μικρής κλίσης, δεξιάς ή αριστερής κλίσης (Wolfe et al. 1992).

Η ενεργοποίηση από κάτω προς τα πάνω δεν εξαρτάται από το τι είναι γνωστό ή αναμενόμενο για το στόχο. Ακόμη και άγνωστος στόχος μπορεί να ξεπροβάλλει (pop-out) από την εικόνα. Η θεωρία κατευθυνόμενης αναζήτησης υπολογίζει την ενεργοποίηση για συγκεκριμένη θέση και συγκεκριμένη διάσταση ως το άθροισμα των διαφορών μεταξύ της τιμής της διάστασης στη θέση αυτή και των τιμών στις υπόλοιπες θέσεις. Για παράδειγμα αν στην οπτική σκηνή ο στόχος είναι ένα μαύρο κατακόρυφο ορθογώνιο και τα περισπαστικά αντικείμενα είναι μαύρα οριζόντια ορθογώνια ίδιου μεγέθους τότε συμβαίνουν τα εξής: Η από κάτω προς τα πάνω ενεργοποίηση θα είναι μηδενική σε όλες τις θέσεις για τις διαστάσεις της απόχρωσης, του σχήματος και του μεγέθους. Η κάτω-πάνω ενεργοποίηση για τον προσανατολισμό θα είναι διαφορετική του μηδενός σε κάθε θέση γιατί η θέση του στόχου (κατακόρυφος) είναι διαφορετική από τη θέση των περισπαστικών αντικειμένων (οριζόντια). Η διαφορά μεταξύ της θέσης του στόχου και των

υπολοίπων θέσεων είναι μεγάλη και έτσι αθροιστικά οι διαφορές θα έχουν ως αποτέλεσμα υψηλό επίπεδο ενεργοποίησης. Κάθε περισπαστικό αντικείμενο διαφέρει ως προς τον στόχο αλλά όχι ως προς τα υπόλοιπα περισπαστικά αντικείμενα και επομένως, αθροιστικά οι διαφορές θα επιφέρουν μικρή ενεργοποίηση. Έτσι στο χάρτη του προσανατολισμού θα υπάρχει μια μεγάλη αντίθεση και ο στόχος θα «ξεπροβάλει».

Σε περίπτωση που έχουμε μια συνδετική αναζήτηση, για παράδειγμα ο στόχος είναι ένα μαύρο κατακόρυφο ορθογώνιο και τα περισπαστικά αντικείμενα είναι λευκά κατακόρυφα ορθογώνια και μαύρα οριζόντια ορθογώνια, τότε συμβαίνουν τα εξής: Όλες οι θέσεις είναι είτε μαύρες είτε κατακόρυφες. Παρόλο που υπάρχει κάποια κάτω-πάνω ενεργοποίηση για όλες τις θέσεις στους χάρτες χρώματος και χάρτες προσανατολισμού, η θέση του στόχου δεν παρουσιάζει αντίθεση με τις θέσεις των περισπαστικών αντικειμένων. Η κάτω-πάνω ενεργοποίηση στους χάρτες μεγέθους και σχήματος είναι μηδενική επειδή όλες οι θέσεις έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος.

Η πάνω-κάτω διαδικασία ενισχύει την αναζήτηση χαρακτηριστικού αλλά είναι πιο κρίσιμη στις συνδετικές αναζητήσεις. Η πάνω-κάτω ενεργοποίηση βασίζεται στη γνώση του υποκειμένου-παρατηρητή για το στόχο. Για κάθε διάσταση, η ενεργοποίηση σε μια θέση απλώς βασίζεται στην ομοιότητα μεταξύ της τιμής του χαρακτηριστικού στη θέση αυτή και στην τιμή του χαρακτηριστικού του στόχου. Θέσεις που έχουν το ίδιο χρώμα με το στόχο έχουν υψηλό επίπεδο ενεργοποίησης και θέσεις με διαφορετικό χρώμα έχουν χαμηλότερο επίπεδο ενεργοποίησης που εξαρτάται από την ομοιότητα του χρώματος της θέσης με του χρώματος του στόχου. Το επίπεδο της ενεργοποίησης πάνω-κάτω για τον προσανατολισμό και το μέγεθος ακολουθεί την ίδια λογική και βασίζεται στην ομοιότητα μεταξύ του προσανατολισμού ή του μεγέθους της θέσης με τον προσανατολισμό ή το μέγεθος του στόχου. Στο παράδειγμα αναζήτησης χαρακτηριστικού που αναφέρθηκε πιο πάνω η πάνω-κάτω ενεργοποίηση χρώματος είναι μεγάλη σε όλες τις θέσεις γιατί όλες οι θέσεις έχουν το χρώμα του στόχου. Ο χάρτης προσανατολισμού παρουσιάζει υψηλή ενεργοποίηση μόνο στη θέση του στόχου αφού είναι η μόνη θέση που ταιριάζει με τον προσανατολισμό του στόχου. Σε σχέση με πάνω-κάτω ενεργοποίηση στο παράδειγμα της συνδετικής αναζήτησης, ο χάρτης χρώματος έχει υψηλή ενεργοποίηση στη θέση του στόχου αλλά και άλλων θέσεων με μαύρο χρώμα, ενώ οι υπόλοιπες θέσεις έχουν χαμηλή ενεργοποίηση. Ο χάρτης προσανατολισμού ακολουθεί την ίδια λογική. Ωστόσο μόνο ο στόχος ενεργοποιείται σε υψηλό επίπεδο και στους δύο χάρτες χρώματος και προσανατολισμού.

Σύμφωνα με την θεωρία κατευθυνόμενης αναζήτησης, καμία απόφαση δεν παίρνεται κατά τη διάρκεια της προ-προσοχής παράλληλης διαδικασίας. Μόνο στη σειριακή επεξεργασία παίρνονται αποφάσεις για αποδοχή ή απόρριψη πιθανών θέσεων στόχου. Ωστόσο, πληροφορία από το στάδιο παράλληλης επεξεργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κατευθύνει την προσοχή στις πιο πιθανές θέσεις. Συγκρίσεις γίνονται μεταξύ του στόχου και των πιθανών θέσεων για αποδοχή ή απόρριψη. Για αναζήτηση στόχου ή συνδετικής αναζήτησης στην οποία παρατηρείται το φαινόμενο «pop-out» ο πιο πιθανός υποψήφιος και ο πρώτος που θα εξεταστεί θα είναι ο στόχος. Για τις περισσότερες συνδετικές αναζητήσεις ο οπτικός «θόρυβος» δεν επιτρέπει στο στόχο να είναι περισσότερο ενεργοποιημένος από τα περισπαστικά αντικείμενα. Έτσι μπορεί να προηγηθεί η εξέταση άλλων αντικειμένων πριν από το στόχο. Παρόλο που

η πληροφορία που προέρχεται από την παράλληλη επεξεργασία είναι ατελής, εντούτοις βελτιώνει την αναζήτηση στόχου σε σχέση με μια τυχαία αναζήτηση.

Η θεωρία του Wolfe μπορεί να εξηγήσει την «παράλληλη» οπτική αναζήτηση αφού τα στοιχεία του στόχου δημιουργούν τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση ανεξαρτήτως του αριθμού των περισπαστικών στοιχείων. Σαν αποτέλεσμα ο στόχος ξεπροβάλλει (pop-out) από την εικόνα ανεξαρτήτως του αριθμού των περισπαστικών αντικειμένων. Μπορεί επίσης να εξηγήσει τη θεωρία της ομοιότητας των Duncan και Humphrey. Μικρή ομοιότητα N-N έχει ως αποτέλεσμα τα περισπαστικά στοιχεία να προκαλούν μεγαλύτερη ενεργοποίηση από κάτω προς τα πάνω, αφού διαφέρουν από τα γειτονικά τους. Μεγάλη ομοιότητα T-N έχει σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη ενεργοποίηση από κάτω προς τα πάνω των στοιχείων του στόχου. Επίσης, καθοδηγούμενη από τον παρατηρητή, από πάνω προς τα κάτω ενεργοποίηση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αποτελεσματική αναζήτηση συνδετικών στόχων.

### **3. Βασικά χαρακτηριστικά (Basic Features)**

Όπως αναφέρει ο Wolfe (1998) την περίοδο που επικρατούσε η άποψη του απόλυτου διαχωρισμού σε παράλληλη και σειριακή αναζήτηση μια ιδιότητα χαρακτηριζόταν ως βασικό χαρακτηριστικό εάν υποστήριζε «παράλληλη» οπτική αναζήτηση και πιο συγκεκριμένα, η κλίση χρόνου αντίδρασης επί τον αριθμό των περισπαστικών στοιχείων ήταν κοντά στο μηδέν. Ωστόσο, ο ορισμός αυτός δεν μπορούσε να ισχύσει στην περίπτωση των συνδετικών αναζητήσεων. Στη συνέχεια θεωρήθηκε ως βασικό ένα χαρακτηριστικό που υποστηρίζει αυτόματο, προ-προσοχής διαχωρισμό υφής (texture segmentation). Για παράδειγμα, μια περιοχή με πράσινα σημεία αυτομάτως διαχωρίζεται από μια περιοχή με κόκκινα σημεία. Ωστόσο, όπως αναφέρει ο Wolfe (1998) διαπιστώθηκαν περιπτώσεις όπου ένα ερέθισμα προκαλούσε αυτόματο διαχωρισμό υφής αλλά όχι αποτελεσματική αναζήτηση και το αντίθετο. Καταλήγει τέλος ότι ένα ερέθισμα που υποστηρίζει και τις δύο διαδικασίες θα ήταν πιο ασφαλές να το περιλάβουμε στον κατάλογο των βασικών χαρακτηριστικών.

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται αποτελέσματα ερευνών που συνηγορούν ή όχι στο να θεωρηθεί ένα χαρακτηριστικό ως βασικό στην οπτική αναζήτηση. Για κάποια χαρακτηριστικά υπάρχει μια σχετικά ομοφωνία ως προς το αν είναι βασικά ενώ για άλλα εκφράζονται διαφορετικές απόψεις. Η ενότητα αυτή περιορίζεται στα βασικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις οπτικές μεταβλητές που αναφέρει ο Bertin.

#### **3.1 Προσανατολισμός**

Ο προσανατολισμός θεωρείται ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά στην οπτική αναζήτηση. Με βάση εμπειρικό κανόνα τα υποκείμενα μπορούν να διακρίνουν γραμμές που διαφέρουν 1 με 2 βαθμούς στον προσανατολισμό. Ωστόσο, απαιτούνται διαφορές μέχρι 15 βαθμούς για να είναι αποτελεσματική η οπτική αναζήτηση (με κλίσεις κοντά στο μηδέν msec/item).

Όταν στην οπτική σκηνή υπάρχουν στοιχεία με διαφορετικούς προσανατολισμούς, ένας παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της οπτικής αναζήτησης είναι η ταξινομική κατάσταση των στοιχείων. Οι προσανατολισμοί φαίνεται ότι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε «μεγάλης κλίσης- απότομος», «μικρής κλίσης -

ρηγός», «αριστερής κλίσης», «δεξιάς κλίσης» (Wolfe et al. 1992). Η αναζήτηση στόχου που ανήκει σε μοναδική κατηγορία είναι πιο εύκολη παρά όταν η κατηγορία δεν είναι μοναδική. Για παράδειγμα, αναζήτηση στόχου με κλίση 10 βαθμών ανάμεσα σε «περισπαστικά» στοιχεία με κλίση +/- 50 βαθμών είναι σχετικά αποτελεσματική. Θεωρώντας ότι η κατακόρυφος έχει μηδενική κλίση, ο στόχος με κλίση 10 βαθμούς είναι το μοναδικό στοιχείο μεγάλης κλίσης της οπτικής σκηνής. Η αναζήτηση του ίδιου στόχου ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία +70 και -30 βαθμών είναι λιγότερο αποτελεσματική. Τα στοιχεία με κλίση +30 βαθμοί έχουν μεγάλη κλίση όπως και ο στόχος. Επίσης, τα στοιχεία με κλίση +70 έχουν δεξιά κλίση όπως και ο στόχος (Wolfe and Friedman-Hill 1992).

Σε έρευνες που αφορούν τον προσανατολισμό έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο της ασυμμετρίας. Για παράδειγμα, είναι δυσκολότερο να εντοπιστεί ένας κατακόρυφος στόχος ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία με κλίση 20 βαθμών ως προς την κατακόρυφο παρά να εντοπιστεί ένας στόχος με κλίση 20 βαθμών ανάμεσα σε κατακόρυφα στοιχεία (Triesman and Souther 1985, Wolfe and Friedman-Hill 1992). Η Triesman αναφέρει ότι είναι πιο εύκολο να εντοπίσεις την απόκλιση ανάμεσα σε κανονικά ερεθίσματα παρά το αντίθετο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση κανονική θεωρείται η περίπτωση των κατακόρυφων στοιχείων.

Η συμμετρία μεταξύ στόχου και περισπαστικών στοιχείων δυσχεραίνει τον εντοπισμό στόχου με κλίση 50 βαθμών ανάμεσα σε στοιχεία με κλίση -50 βαθμών. Πιο εύκολη είναι η αναζήτηση στόχου με κλίση 50 βαθμών ανάμεσα σε στοιχεία με κλίση -10 βαθμών παρόλο που η διαφορά στις γωνίες είναι μικρότερη (Wolfe and Friedman-Hill 1992).

### **3.2 Καμπυλότητα**

Υπάρχουν ενδείξεις που δικαιολογούν την παραπέρα διερεύνηση κατά πόσο η καμπυλότητα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό. Οι Triesman και Gormican (1988) βρήκαν ότι καμπύλες γραμμές εντοπίζονται με παράλληλη επεξεργασία ανάμεσα σε ευθείες. Επιπλέον, διαπίστωσαν ασυμμετρία. Όταν ο στόχος είναι ευθεία και τα περισπαστικά στοιχεία καμπύλες, η αναζήτηση είναι λιγότερο αποτελεσματική. Αυτό σημαίνει ότι η καμπυλότητα αποτελεί χαρακτηριστικό που η παρουσία του είναι πιο εύκολο να εντοπιστεί παρά η απουσία του. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι αντιλαμβανόμαστε κατηγορίες καμπυλότητας (Foster and Cook 1989). Η έρευνα, ωστόσο, για την προ-προσοχής επεξεργασία της καμπυλότητας είναι περιορισμένη.

### **3.3 Μέγεθος, Χωρική Συχνότητα, Κλίμακα**

Σύμφωνα με τους ψυχολόγους υπάρχουν τρεις πτυχές του μεγέθους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση με τη διερεύνηση της οπτικής αναζήτησης (Wolfe 1998):

- 1) Ο στόχος έχει διαφορετικές διαστάσεις ως προς τα περισπαστικά στοιχεία (π.χ. αναζήτηση ενός μεγάλου στόχου ανάμεσα σε μικρότερα στοιχεία).
- 2) Ο στόχος έχει τις ίδιες διαστάσεις με τα περισπαστικά στοιχεία αλλά διαφορετική χωρική συχνότητα (π.χ. αναζήτηση περιοχής με 3 κύκλους ανά βαθμό ανάμεσα σε 6 κύκλους ανά βαθμό).
- 3) Τα στοιχεία περιέχουν διαφορετικά στοιχεία σε διαφορετικές κλίμακες (π.χ. ψηφία συνθέτουν ένα μεγαλύτερο ψηφίο).

Συνοψίζοντας τη σχετική βιβλιογραφία ο Wolfe (1998) συμπεραίνει ότι εάν οι διαφορές στο μέγεθος είναι επαρκείς, είναι δυνατός ο εντοπισμός στόχου συγκεκριμένου μεγέθους ανάμεσα από περισπαστικά στοιχεία διαφορετικού μεγέθους. Στην έρευνα για τις ασυμμετρίες οι Triesman και Gormican (1988) διαπίστωσαν ότι είναι δυσκολότερος ο εντοπισμός μικρού στοιχείου ανάμεσα σε μεγάλα παρά το αντίθετο. Επίσης, η αναζήτηση στοιχείου μεσαίου μεγέθους ανάμεσα σε μικρότερα και μεγαλύτερα μεγέθη είναι αναποτελεσματική εκτός και εάν οι διαφορές είναι πολύ μεγάλες (Triesman and Gelade 1988).

Η χωρική συχνότητα και το μέγεθος πιθανόν να αποτελούν το ίδιο βασικό χαρακτηριστικό. Η χωρική συχνότητα συμπεριφέρεται σαν βασικό χαρακτηριστικό σε απλές περιπτώσεις αναζήτησης και σε συνδυαστικές αναζητήσεις (conjunction searches). Όπως και στην περίπτωση του μεγέθους, στόχος μεσαίας χωρικής συχνότητας είναι δύσκολο να εντοπιστεί ανάμεσα σε στοιχεία χαμηλής και υψηλής χωρικής συχνότητας (Wolfe 1998).

Η κλίμακα είναι ιδιότητα του ερεθίσματος η οποία σχετίζεται με το μέγεθος αλλά πιθανόν δεν είναι ταυτόσημη με αυτό. Φαίνεται ότι μπορούμε να εξετάζουμε οπτικές σκηνές σε διαφορετική κλίμακα, δηλαδή, η κλίμακα αναζήτησης μεταβάλλεται. Ο Navon (1977) αναφέρει ότι η επεξεργασία ενός ερεθίσματος ξεκινά από το ολικό επίπεδο και καταλήγει στο τοπικό. Ωστόσο, αποτελέσματα νεότερων ερευνών δεν ανταποκρίνονται στην άποψη αυτή. Για παράδειγμα, οι Kinchla και Wolfe (1979), έδειξαν ότι παρατηρητές ανταποκρίνονταν πιο γρήγορα στα γράμματα που συνέθεταν ένα μεγαλύτερο αν αυτό ήταν κάπως μεγάλο.

### **3.4 Σχήμα**

Το σχήμα είναι το πιο προβληματικό βασικό στοιχείο. Υπάρχουν ενδείξεις για διάφορα χαρακτηριστικά του σχήματος ότι είναι βασικά στοιχεία, όπως οι απολήξεις, οι διασταυρώσεις, το κλειστό σχήμα.

#### **Απολήξεις**

Οι περισσότερες ενδείξεις αφορούν τις απολήξεις. Στην έρευνα για τις ασυμμετρίες η Triesman και Gormican (1988) διαπίστωσαν ότι τα υποκείμενα εντόπιζαν πιο αποτελεσματικά το στόχο «C» ανάμεσα σε στοιχεία «O». Οι ερευνητές θεωρούν ότι οι απολήξεις του «C» λειτούργησαν ως βασικό χαρακτηριστικό. Ωστόσο, ο Chen (1982) αναφέρει ότι το «O» ανήκει σε διαφορετική κατηγορία λόγω των τοπολογικών χαρακτηριστικών του (έχει «τρύπα»).

Ο Julesz χρησιμοποίησε γράμματα με διαφορετικό αριθμό απολήξεων, «E» και «S». Υποστήριξε ότι ο στόχος με περισσότερες απολήξεις μπορούσε να εντοπιστεί ανάμεσα στα στοιχεία με τις λιγότερες απολήξεις (Julesz 1984, Julesz and Bergen 1983). Ωστόσο, οι Cheal και Lyon (1992) αναφέρουν αντίθετη συμμετρία με αποτελεσματικότερη αναζήτηση όταν ο στόχος είναι το «S» (δύο απολήξεις) και τα περισπαστικά στοιχεία το «E» (τρεις απολήξεις).

Οι Taylor και Badcock (1988) αναφέρουν ότι απαιτείται σειριακή αναζήτηση για εντοπισμό στόχου με επτά απολήξεις ανάμεσα σε στοιχεία με δύο μόνο απολήξεις. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την άποψη ότι μονό η απλή παρουσία των

απολήξεων εντοπίζεται αυτόματα, προ-προσοχής. Ο Enns (1986) αναφέρει ότι η ικανότητα των απολήξεων να υποστηρίζουν διαχωρισμό υφής (texture segmentation) εξαρτάται από τα συγκεκριμένα στοιχεία της υφής. Εάν χρησιμοποιούνται επιμήκη στοιχεία η παρουσία ή η απουσία των απολήξεων είναι αναποτελεσματική.

Ο Julesz (1981) θεωρεί ότι οι απολήξεις είναι βασικά στοιχεία της προ-προσοχής οπτικής αντίληψης (textons). Διευκρινίζει ότι το προ-προσοχής οπτικό σύστημα δεν μπορεί να προσδιορίσει τη θέση των απολήξεων, αλλά μπορεί να μετρήσει τον αριθμό τους (ή την πυκνότητα τους) ή τα πρώτης-τάξης στατιστικά δεδομένα (first-order statistics). Η γωνία, το κλειστό σχήμα, και η συνδετικότητα (connectivity) μπορούν να περιγραφούν απλώς από τον αριθμό των απολήξεων. Τα όρια περιοχών με τυχαία προσανατολισμένα «S» και «10» δεν μπορούν να εντοπιστούν παρά τα διαφορετικά στοιχεία των δύο αντικειμένων ανοικτό/κλειστό, συνεδεδμένο/ασύνδετο και της διαφορετικής τους όψης. Ωστόσο ο αριθμός των γραμμών και των απολήξεων των δύο αντικειμένων είναι ίδιος (Julesz 1981).

### **Κλειστό**

Η προ-προσοχής επεξεργασία του κλειστού αφορά κυρίως το πώς το χαρακτηριστικό αυτό συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα άλλων αναζητήσεων παρά στην αποτελεσματική αναζήτηση του ίδιου του χαρακτηριστικού. Για παράδειγμα, η αναζήτηση παρενθέσεων που βλέπουν η μία την άλλη ανάμεσα σε παρενθέσεις που βλέπουν αντίθετα είναι πιο αποτελεσματική όταν οι παρενθέσεις αποτελούν μέρος του ίδιου αντικειμένου (Elder and Zucher 1993). Η αναζήτηση, ωστόσο, δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική και τα στοιχεία σχετικά με το αν το κλειστό είναι βασικό στοιχείο παραμένουν ασαφή.

### **Τοπολογία**

Ο Chen (1982) αναφέρει ότι η τοπολογική κατάσταση των αντικειμένων είναι διαθέσιμη για προ-προσοχής επεξεργασία. Για παράδειγμα, στόχοι με τρύπες μπορούν να εντοπιστούν αποτελεσματικά ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία χωρίς τρύπες. Χαρακτηριστικά όπως η σύνδεση, η σύγκλιση και το περιεχόμενο (η τελεία μέσα ή έξω από το σχήμα) δεν επέφεραν αποτελεσματική αναζήτηση (Triesman and Gormican 1988).

### **Διασταυρώσεις**

Υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις για το αν οι διασταυρώσεις αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά. Οι Julesz και Bergen (1983) χαρακτηρίζουν τις διασταυρώσεις ως βασικά χαρακτηριστικά ή textons. Ένα «+» εύκολα εντοπίζεται ανάμεσα σε «L» (Bergen and Julesz 1983). Τα δύο σχήματα «+» και «L» αποτελούνται από τις ίδιες οριζόντιες και κάθετες γραμμές. Επίσης μια περιοχή με «+» αμέσως διακρίνεται από μια περιοχή με «L» (Bergen and Julesz 1983). Ωστόσο, το «+» έχει τέσσερις απολήξεις ενώ το «L» μόνο δύο. Σε πρόσφατη έρευνα, στόχος με μία ή περισσότερες διασταυρώσεις δεν εντοπίστηκε ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία που δεν είχαν διασταυρώσεις (Wolfe and DiMase 2003). Οι Wolfe και DiMase υποστηρίζουν ότι οι διασταυρώσεις δε θα πρέπει να θεωρούνται ως βασικά στοιχεία που στηρίζουν την αποτελεσματική αναζήτηση στις οπτικές εικόνες.

### 3.5 Αντικείμενα

Οι Wolfe και Bennett (1997) μελέτησαν την αυτόματη απεικόνιση των αντικειμένων περιορίζοντας ωστόσο την μελέτη τους σε απλές μορφές δύο διαστάσεων. Με τον όρο σχήμα (shape) αναφέρονται στη μορφή του αντικειμένου στην ολότητα του. Με τον όρο μορφή (form) αναφέρονται στα τοπικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου, π.χ. απολήξεις, διασταυρώσεις.

Οι Wolfe και Bennett (1997) κατέληξαν σε τρία βασικά συμπεράσματα σε σχέση με την αυτόματη αναπαράσταση των αντικειμένων:

- Το οπτικό ερέθισμα χωρίζεται αυτόματα σε αντικείμενα. Τα αντικείμενα της προ-προσοχής επεξεργασίας πιθανόν να μην είναι τα ίδια με τα αντικείμενα που εντοπίζονται με την προσοχή, ωστόσο, κάποιες οντότητες που μοιάζουν με αντικείμενα δημιουργούνται αυτόματα.
- Τα αντικείμενα προ-προσοχής επεξεργασίας αποτελούνται από τοπικά χαρακτηριστικά, χαρακτηριστικά μορφής. Αυτά τα χαρακτηριστικά δεν συνδέονται μεταξύ τους. Πριν η προσοχή οδηγηθεί σε αυτά, η σχέση τους δεν είναι προσδιορισμένη.
- Τα αντικείμενα αυτόματης επεξεργασίας δεν έχουν σχήμα. Ενώ διαπιστώθηκε προ-προσοχής επεξεργασία μορφών (forms), η έρευνα των Wolfe και Bennett (1997) έδειξε ότι δεν παράγεται αυτόματα πληροφορία για το γενικό σχήμα του αντικειμένου.

Το αρχείο αντικειμένου αναφέρθηκε αρχικά από τους Kahneman και Treisman (1984) ως νοητική αναφορά που δημιουργείται όταν η προσοχή φθάνει σε μία θέση και συνδέει τα χαρακτηριστικά. Οι Wolfe και Bennett (1997) τροποποιώντας την ορολογία περιγράφουν τα αυτόματα αρχεία αντικειμένων ως χαλαρές συλλογές βασικών χαρακτηριστικών. Αυτόματα, τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου συλλέγονται στο αρχείο αντικειμένου. Έτσι, αυτόματα γνωρίζουμε ότι το αντικείμενο έχει τα χαρακτηριστικά «κόκκινο» και «κατακόρυφο» χωρίς ωστόσο να γνωρίζουμε ποιο μέρος του αντικειμένου είναι κόκκινο και κατακόρυφο. Ο ρόλος της προσοχής είναι να ανοίξει το αρχείο και να συνδέσει κατάλληλα τα χαρακτηριστικά.

Για τη διερεύνηση του περιεχομένου των προ-προσοχής αρχείων αντικειμένων οι Wolfe και Bennett (1997) διεξήγαγαν μία σειρά από πειράματα. Τα υποκείμενα αναζητούσαν συνδέσεις (conjunctions) χρώματος και σχήματος που περιέχονταν σε αντικείμενα. Για παράδειγμα, τα υποκείμενα αναζητούσαν το στόχο «συν» («+») που αποτελούταν από πράσινο κάθετο τμήμα και κόκκινο οριζόντιο τμήμα ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία ίδιου σχήματος με κόκκινο κάθετο τμήμα και πράσινο οριζόντιο. Η αναζήτηση ήταν αναποτελεσματική. Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι το προ-προσοχής αρχείο στόχου και το προ-προσοχής αρχείο περισπαστικών στοιχείων έχουν το ίδιο περιεχόμενο που αποτελείται από μη συνδεδεμένα χαρακτηριστικά. Το «συν» αυτόματα αναπαριστάται ως «κόκκινο», «πράσινο», «οριζόντιο» και «κάθετο» Όταν τα αντικείμενα αποσυντέθηκαν και είχαν ένα μόνο χρώμα ή προσανατολισμό τότε η αναζήτηση έγινε πολύ πιο αποτελεσματική.

Οι Wolfe και Bennett (1997) διενέργησαν σειρά πειραμάτων για να εξετάσουν αν είναι δυνατή η αποτελεσματική αναζήτηση στόχου που έχει τα ίδια χαρακτηριστικά

μορφής (form features) με τα περισπαστικά στοιχεία αλλά διαφέρει ως προς το γενικό σχήμα (shape). Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιώντας τα ίδια χαρακτηριστικά φόρμας δημιούργησαν διάφορα σχήματα. Προέκυψε ότι η αναζήτηση στόχου μεταξύ αντικειμένων με τα ίδια χαρακτηριστικά μορφής και διαφορετικό γενικό σχήμα ήταν αναποτελεσματική. Στην πρώτη παραλλαγή του πειράματος ο στόχος και τα περισπαστικά στοιχεία αποτελούνταν από τα ίδια χαρακτηριστικά μορφής αλλά ο στόχος είχε επιπλέον ένα χαρακτηριστικό φόρμας, την ορθή γωνία. Η ορθή γωνία δε λειτούργησε ως βασικό χαρακτηριστικό και δεν υπήρξαν ενδείξεις για αυτόματη επεξεργασία του στόχου. Στη δεύτερη παραλλαγή του πειράματος προστέθηκε στην περιφέρεια του στόχου ένας κύκλος. Η αλλαγή στην τοπολογία του στόχου επίσης δε συνετέλεσε στην αυτόματη επεξεργασία.

Διατυπώθηκαν απόψεις ότι μέσα από τις οντότητες με τις οποίες υπάρχει εξοικείωση μπορεί να «ξεπροβάλλει αυτόματα» (pop-out) μια ασυνήθιστη ή καινούργια οντότητα (Wang et al.1994). Στην έρευνα τους οι Wolfe και Bennett (1997) χρησιμοποίησαν στόχους και περισπαστικά στοιχεία που διαφέρουν τόσο ως έννοιες όσο και ως γενικό σχήμα. Τα υποκείμενα αναζητούσαν μία κότα ανάμεσα στα μέρη της και μέρη ανάμεσα σε κότες. Η αναζήτηση ήταν πολύ αναποτελεσματική και στις δύο περιπτώσεις. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι πιθανόν ένα καλύτερα σχεδιασμένο πουλί ή άλλα αναγνωρίσιμα αντικείμενα θα είχαν σαν αποτέλεσμα πιο αποτελεσματική αναζήτηση.

Οι Wolfe και Bennett (1997) εξέτασαν την επίδραση στην προ-προσοχής επεξεργασία του διαχωρισμού μακρόστενου αντικειμένου σε μέρη χρησιμοποιώντας καμπυλότητες. Αναφέρουν ότι τα αντικείμενα που δημιουργούνται προ-προσοχής μπορεί να είναι χωρίς σχήμα αλλά δεν είναι απολύτως και χωρίς δομή. «Το γενικό σχήμα ενός αντικειμένου δεν είναι διαθέσιμο προ-προσοχής... Η δομή του αντικειμένου μπορεί να κάνει τη διαφορά. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά πιο αποτελεσματική αναζήτηση μπορεί να είναι δυνατή για στόχο με δύο μέρη εάν τα περισπαστικά στοιχεία έχουν μόνο ένα μέρος... Διαφορετικά όμως συμπεράσματα μας υπενθυμίζουν ότι δεν πρέπει να είμαστε δογματικοί σε σχέση με την προ-προσοχής επεξεργασία του σχήματος. Είναι πιο ακριβές να πούμε ότι η αυτόματη επεξεργασία του σχήματος είναι κάπως περιορισμένη» (Wolfe and Bennett 1997, p.40).

Η συνδυαστική αναζήτηση αντικειμένου που περιείχε «κορόνα» και «ακμές» από αντικείμενα που περιείχαν μόνο ακμές ή μόνο κορόνα ήταν αναποτελεσματική (Wolfe and Bennett 1997). Στην ίδια έρευνα τα μεμονωμένα μέρη έχουν ιδιότητες που επιτρέπουν αποτελεσματική αναζήτηση. Ένας στόχος με μοναδικό χαρακτηριστικό (κορόνα ή ακμές) ήταν εύκολο να βρεθεί. Η σύνδεση όμως των δύο μερών ήταν δύσκολο να εντοπιστεί αν και δημιουργεί ένα σχήμα το οποίο διακρίνει το στόχο από τα περισπαστικά στοιχεία.

Οι Wolfe and Bennett (1997) έδειξαν ότι η αναζήτηση στόχου ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία είναι αναποτελεσματική εάν στόχος και περισπαστικά στοιχεία έχουν τα ίδια προ-προσοχής χαρακτηριστικά (preattentive features). Στην έρευνα τους χρησιμοποιήθηκαν δύο κατηγορίες αντικειμένων που αποτελούνταν από μια κλειστή καμπύλη και μια προεξοχή-καμπύλη. Στην μία κατηγορία η προεξοχή ήταν ενσωματωμένη στην κλειστή καμπύλη και τα αντικείμενα αποτελούνταν από ένα μόνο μέρος. Στην άλλη κατηγορία η προεξοχή δημιουργούσε απόληξη και τα



αντικείμενα αποτελούνταν από δύο μέρη (κλειστή καμπύλη και απόληξη). Η αναζήτηση στόχου της πρώτης κατηγορίας ανάμεσα σε αντικείμενα της δεύτερης ήταν αναποτελεσματική ενώ η αντίθετη αναζήτηση ήταν πιο αποτελεσματική, ωστόσο όχι τόσο όσο ήταν αναμενόμενο αφού η απόληξη θεωρείται βασικό χαρακτηριστικό. Πιθανόν όμως και η καμπύλη προεξοχή να λειτούργησε ως αμβλεία απόληξη. Πολύ αποτελεσματική ήταν η αναζήτηση στόχου της πρώτης κατηγορίας ανάμεσα σε ορθογώνια ιδίων διαστάσεων δείχνοντας έτσι ότι η καμπύλη προεξοχή (squiggle) λειτούργησε ως βασικό χαρακτηριστικό.

Από τα πειράματα των Wolfe και Bennett (1997) προέκυψε τελικά ότι ένας στόχος κάποιου σχήματος μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστεί ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία πολύ διαφορετικού σχήματος, εάν τα διαφορετικά σχήματα αποτελούνται από τα ίδια τα βασικά στοιχεία και χαρακτηριστικά. Δεν προέκυψε από τα πειράματα αυτά ότι πληροφορία σχετικά με το γενικό σχήμα των αντικειμένων είναι διαθέσιμη στην αρχική οπτική επεξεργασία. Ο Donnelly et al. (2000) υποστηρίζουν ότι τα αποτελέσματα των πειραμάτων των Wolfe και Bennett (1997) μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι χρησιμοποιούσαν ανομοιογενή περισπαστικά στοιχεία παρά στο ότι το γενικό σχήμα δεν επεξεργάζεται στο αρχικό στάδιο της όρασης. Οι ίδιοι υποστηρίζουν ότι η ομοιότητα του σχήματος παρά ή ομοιότητα των στοιχείων του περιγράμματος (contour) προσδιορίζει την αποτελεσματικότητα της αναζήτησης. Καταλήγουν ότι αφού η ομοιότητα του σχήματος επιδρά στην αναζήτηση, τότε τουλάχιστον κάποια πληροφορία για το σχήμα υπολογίζεται-επεξεργάζεται αρχικά, αλλά δεν είναι ξεκάθαρο ποιες πτυχές του σχήματος υπολογίζονται.

### 3.6 Απόχρωση

Η χρήση χρώματος στο στόχο θεωρείται ως ένας από τους καλύτερους τρόπους ώστε να ξεπροβάλλει (pop-out) από τα υπόλοιπα στοιχεία. Διαφορές στην απόχρωση υποστηρίζουν αποτελεσματικές οπτικές αναζητήσεις και άμεσο διαχωρισμό υψής (Wolfe 2002).

Οι Nagy και Sanchez (1990) σύγκριναν τις ελάχιστες διακριτές διαφορές (JND just noticeable differences) σε έγχρωμα ερεθίσματα με σκοπό να προσδιορίσουν τις διαφορές στην απόχρωση που υποστηρίζουν αποτελεσματική αναζήτηση. Από την έρευνα τους προέκυψε ότι μικρές διαφορές στην απόχρωση μεταξύ στόχου και περισπαστικών στοιχείων δεν μπορούσαν να υποστηρίξουν αποτελεσματική αναζήτηση. Οι μικρότερες διαφορές στην απόχρωση που μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματική αναζήτηση μπορούν να θεωρηθούν ως προ-προσοχής ελάχιστες διακριτές διαφορές (preattentive JND). Οι ελάχιστες διακριτές διαφορές στην απόχρωση (JND) δεν συμπίπτουν με της προ-προσοχής ελάχιστες διακριτές διαφορές (preattentive JND) (Nagy & Sanchez 1990). Υπάρχουν ζεύγη αποχρώσεων που είναι ευδιάκριτα ωστόσο δεν υποστηρίζουν αποτελεσματική αναζήτηση.

Η Treisman (1988) ανέφερε ότι η αναζήτηση ενός έγχρωμου στόχου (μπλε) παρεμποδιζόταν σημαντικά όταν τα περισπαστικά στοιχεία ήταν διαφόρων αποχρώσεων σε σχέση με την περίπτωση που ήταν όλα ίδιας απόχρωσης. Ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι όταν υπάρχουν περισσότερες από μία περισπαστικές αποχρώσεις, είναι δυνατή η αποτελεσματική αναζήτηση αλλά με περιορισμούς (Wolfe et al. 1990). Ο D'Zmura (1991) αναφέρει ότι η αποτελεσματική αναζήτηση είναι δυνατή στις

περιπτώσεις που ο στόχος και τα περισπαστικά στοιχεία διαχωρίζονται γραμμικά στο χρωματικό χώρο (linear separability).

Η Treisman αναφέρει τα πρωτότυπα χρώματα (prototypical colors) και ότι είναι πιο εύκολο να εντοπιστεί απόκλιση από ένα πρωτότυπο χρώμα, παρά το αντίθετο. Αναφέρει δηλαδή το φαινόμενο της ασυμμετρίας στην αναζήτηση (Treisman & Gormican 1988). Για παράδειγμα είναι πιο εύκολη η αναζήτηση ενός μοβ (magenta) στόχου ανάμεσα σε κόκκινα περισπαστικά στοιχεία παρά το αντίθετο. Μια άλλη ερμηνεία του αποτελέσματος αυτού είναι ότι οι στόχοι είναι πιο εύκολο να εντοπιστούν αν περιέχουν μοναδικά βασικά χαρακτηριστικά. Το μοβ περιλαμβάνει «μπλε» το οποίο μπορεί να εντοπιστεί ανάμεσα σε περισπαστικά στοιχεία που δεν είναι μπλε. Στην περίπτωση του κόκκινου στόχου δεν περιλαμβάνει μοναδικό βασικό χαρακτηριστικό γιατί και το μοβ περιλαμβάνει κόκκινο. Ο Wolfe (1994) αναφέρει τέσσερις βασικές αποχρώσεις οι οποίες επεξεργάζονται προ-προσοχής: κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε.

Σε σχέση με την αναζήτηση συνδέσεων δύο αποχρώσεων, η αναζήτηση «κόκκινου και κίτρινου» στόχου ήταν πολύ αναποτελεσματική όταν τα περισπαστικά στοιχεία ήταν «κόκκινα και μπλε» και «μπλε και κίτρινα» (Wolfe et al 1990). Ωστόσο αν ο στόχος είναι στο σύνολο κόκκινος με ένα μέρος κίτρινο, μπορεί να εντοπιστεί εύκολα ανάμεσα σε στοιχεία που είναι στο σύνολο κόκκινα με μπλε μέρη και μπλε στο σύνολο στοιχεία με κίτρινα μέρη (Wolfe et al., 1994). Τα ερεθίσματα αυτά δεν μπορούν να αναπαριστούνται προ-προσοχής ως «κόκκινα-κίτρινα-σύνολο-μέρος». Τα χρώματα πρέπει προ-προσοχής να συνδέονται με συγκεκριμένα μέρη των στοιχείων.

#### **4. Η θεωρία του Marr για την όραση**

Ο Marr (1982) ορίζει την όραση ως «τη διαδικασία ανακάλυψης του τι παρουσιάζεται στον κόσμο και πού αυτό υπάρχει». Βασιζόμενος στις πρόσφατες θεωρίες της φυσιολογίας εξετάζει την όραση ως σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών για την κατανόηση σχημάτων. Εντόπισε τρία επίπεδα ανάλυσης, κοινά για την εξήγηση κάθε συστήματος επεξεργασίας πληροφοριών, το υπολογιστικό, των αλγορίθμων και του υλικού εφαρμογής. Για την όραση θεωρεί ότι το πρώτο είναι θεμελιώδες. Διέκρινε τρία στάδια, τρεις συνδεδεμένες μονάδες, στις οποίες το διδιάστατο ερέθισμα στον αμφιβληστροειδή δίνει μια απεικόνιση τριών διαστάσεων της δομής και της οργάνωσης της σκηνής που παρατηρείται. Οι απεικονίσεις αυτές έχουν πρόσβαση μέσω νοητικών δηλώσεων στις εσωτερικές απεικονίσεις του εγκεφάλου και μπορούν να τις αναμορφώσουν (MacEachren, 1995).

##### **Το πρωταρχικό σκίτσο**

Για την αρχική όραση ο Marr (1982) αποδίδει σε τέσσερις παράγοντες την αλλαγή έντασης στην εικόνα: τη γεωμετρία, την ανάκλαση των ορατών επιφανειών, τη φωτεινότητα της σκηνής και το σημείο θέασης. Διατυπώνει έξι φυσικές υποθέσεις σχετικά με τη δομή τους και την ύπαρξη των επιφανειών, οι οποίες ισχύουν τροποποιημένες σε κάθε φάση της διαδικασίας. Στο πρώτο στάδιο σχηματίζεται το πρωταρχικό σκίτσο από τα σημεία αλλαγών της έντασης στην εικόνα του αμφιβληστροειδούς, τα οποία οργανώνονται χωρικά και σε κλίμακες λεπτομέρειας με σκοπό την απόδοση της δομής της απεικόνισης στην αναπαράσταση. Σε αυτό το στάδιο το σύστημα απλά αντιλαμβάνεται «άμορφα τμήματα επιφανειών» και

«τμήματα ακμών». Ο Magr (1982) θεωρεί τη διαδικασία ιεραρχημένη ώστε τα κυριότερα χαρακτηριστικά να ξεχωρίζουν από τις λεπτομέρειες και αντίστοιχα να αποθηκεύονται στη μνήμη σε κατηγορίες σχήματος και επιβεβαιώνει την επεξεργασία απόψεων του σχήματος από την πρώτη όραση.

Το πρωταρχικό σκίτσο σχηματίζεται με τρεις επιμέρους διαδικασίες. Αρχικά εντοπίζονται οι μηδενικές διασταυρώσεις, δηλαδή τα περιγράμματα που συνθέτουν οι θέσεις ίδιας αλλαγής έντασης στην εικόνα. Ο Magr εφαρμόζει ένα τελεστή ανεξάρτητο του προσανατολισμού σε ανεξάρτητες χωρικές κλίμακες. Ακολούθως σχηματίζεται το πρώτο πρωταρχικό σκίτσο με βάση την «υπόθεση της χωρικής σύμπτωσης», σύμφωνα με την οποία «αν ένα τμήμα μηδενικών διασταυρώσεων με ίδια θέση και προσανατολισμό είναι παρόν σε κοντινές κλίμακες λεπτομέρειας, αποδίδεται στο ίδιο φαινόμενο.» (Magr 1982). Κάποια από τα στοιχειώδη του δίνουν άμεσα τη φυσική πραγματικότητα. Αυτά είναι περιγραφητές των μηδενικών διασταυρώσεων: ακμές, απολήξεις, μάρκες και άμορφες μάζες -blobs- με συγκεκριμένο μέγεθος, προσανατολισμό και θέση.

Για να εξαχθεί η δομή των επιφανειών και το πλήρες πρωταρχικό σκίτσο, πρέπει να γίνουν αντιληπτές οι χωρικές σχέσεις των περιγραφητών (πυκνότητα, γραμμικότητα, παραλληλισμός κλπ) με βάση τις μέσες τιμές μεγέθους, έντασης και προσανατολισμού. Η χωρική οργάνωση απαιτεί διαδικασίες ομαδοποίησης και διάκρισης για τη δημιουργία δομών μεγαλύτερης κλίμακας, όπου τα ομαδοποιημένα στοιχεία αντιμετωπίζονται ως μονάδα και δίνουν τη γεωμετρία και τα όρια των ορατών επιφανειών.

Μόλις από το πρώτο στάδιο μεγάλο μέρος της πληροφορίας εξάγεται από την απεικόνιση και μάλιστα μόνο από τα εισερχόμενα για τη φωτεινότητα. Ο Magr δεν αναφέρεται σε άλλα είδη εισερχόμενης πληροφορίας, όπως το χρώμα. Οι Humphreys Bruce (1989) υποστηρίζουν την ύπαρξη ανεξάρτητων συστημάτων για το χρώμα και το σχήμα στην πρώτη όραση. Άρα, σύμφωνα με το μοντέλο του Magr όποια και να είναι η πρώτη επεξεργασία του σχήματος, τοπική ή ολική είναι ύψιστης σημασίας για τα επόμενα στάδια. Επισημαίνεται ότι η υπολογιστική θεωρία δίνει βάρος στις απόψεις του σχήματος που εξέτασαν οι ψυχολόγοι στην οπτική αναζήτηση και στη διάκριση υφής και ότι οι ιδιότητες τους ταυτίζονται με τα βασικά χαρακτηριστικά του σχήματος που περιγράφηκαν στις έρευνες των ψυχολόγων στην Ενότητα 3.4. Η συμφωνία των δύο επιστημών δείχνει τα σημεία που θα πρέπει από εδώ και πέρα να εστιάσουν οι χαρτογραφικές έρευνες. Παράλληλα, οι ομαδοποιήσεις από προσέγγιση και ομοιότητα οι οποίες δίνουν την πρώτη αναπαράσταση συνάδουν με την αντιληπτική οργάνωση της σκηνής που υποστηρίζουν οι ψυχολόγοι της σχολής Gestalt. Για τους χαρτογράφους ανακύπτει το ζήτημα των σημειακών συμβόλων και της πρόβλεψης της επεξεργασίας τους με βάση την πρόβλεψη των στοιχειωδών και των αντίστοιχων ομαδοποιήσεων που θα προκύψουν από συγκεκριμένα σύμβολα στην πρώτη όραση.

### **Το σκίτσο των 2 ½ διαστάσεων**

Σο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η εξαγωγή της δομής των επιφανειών, των ορίων και των τοπικών προσανατολισμών ως προς τον παρατηρητή με τη μορφή συνόλου διανυσματικών στοιχειωδών. Οι περιορισμοί-υποθέσεις μοιάζουν με αυτές του πρώτου σταδίου. Η ύπαρξη επιφανειών γίνεται αντιληπτή από τέσσερις πηγές: α) τη στερεοσκοπική παρατήρηση β) την κίνηση γ) τη βαθμωτή αλλαγή της υφής και δ)

τα περιγράμματα. Με δεδομένο ότι οι διαδικασίες ακόμα είναι παράλληλες, κάτι που υποστηρίζουν και τα «συνδετικά μοντέλα συμπεριφοράς» (Humphreys and Bruce 1989), όταν δεν υπάρχουν δεδομένα από κάποια πηγή αξιοποιούνται από τις υπόλοιπες.

Ο Marr δίνει ιδιαίτερη σημασία στην πληροφορία που δίνουν τα περιγράμματα προερχόμενα από ασυνέχειες επιφανειών, προσανατολισμού, ανάκλασης ή φωτισμού. Χαρακτηρίζει παράδοξο την εξαγωγή συμπερασμάτων από κλειστές καμπύλες και σιλουέτες όχι μόνο για οικεία αλλά και για άγνωστα σχήματα και το αποδίδει στην ύπαρξη σχετικού μηχανισμού που θέτει τους κατάλληλους περιορισμούς (Marr, 1982). Μία επιφάνεια προκύπτει από κλειστό περίγραμμα όταν αποτελείται από ένα ή περισσότερους γενικευμένους κώνους. Ο γενικευμένος κώνος προκύπτει από την κίνηση ενός επιφανειακού σχήματος κατά μήκος ενός άξονα στο χώρο και το μέγεθός του μπορεί να μεταβάλλεται κατά την κίνηση.

Σε αυτό το στάδιο επαληθεύονται οι απόψεις των ψυχολόγων για τη σημασία του «κλειστού» σχήματος στην αρχική του επεξεργασία και εξάγεται ότι τελικά τα διδιάστατα ερεθίσματα των πειραμάτων τους δεν είναι ασυνήθιστα, αλλά μερική περίπτωση των δυνατών πηγών της πρώτης απεικόνισης. Στα πειράματά τους και τους διδιάστατους στατικούς χάρτες η εισερχόμενη πληροφορία προέρχεται από τις δύο τελευταίες πηγές.

### **Το τρισδιάστατο μοντέλο της απεικόνισης**

Στο τελευταίο στάδιο δημιουργείται μια «δομική περιγραφή» η οποία πρέπει να είναι μοναδική, ανεξάρτητη του σημείου θέασης και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά με τις χωρικές σχέσεις τους, από τις οποίες κάποιες είναι αυστηρές και άλλες πιο ασαφείς. Στην αντίθετη περίπτωση θα χρειαζόταν να συγκριθεί με άπειρες υπάρχουσες απεικονίσεις της μνήμης. Οι Marr & Nishihara (1976) προτείνουν τη δημιουργία μιας αφαιρετικής περιγραφής με σύστημα αναφοράς ως προς τον επιμήκη ή/και συμμετρικό άξονα ενός σχήματος. Τα στοιχειώδη που την αποτελούν προέρχονται από τα πρώτα στάδια και περιέχουν πληροφορία για το μέγεθος και το σχήμα. Η περιγραφή αποτελείται από επιμέρους τμήματα στα οποία διαχωρίζεται το κλειστό σχήμα, τα οποία είναι γενικευμένοι κώνοι που διαχωρίζονται στις εσοχές των περιγραμμάτων. Τα μήκη και η διάταξη των κώνων ως προς τον κύριο άξονα του σχήματος είναι που οδηγούν στη διάκριση των κατηγοριών (Marr 1982). Κύριο προτέρημα του προτεινόμενου μοντέλου είναι η δυνατότητα κατασκευής ιεραρχικών περιγραφών, ως προς τη λεπτομέρεια και σε πολλές χωρικές κλίμακες (Humphrey and Bruce 1989). Οι υπάρχουσες αναπαραστάσεις στον εγκέφαλο είναι αντίστοιχα δομημένες ιεραρχικά, γεγονός που επιτρέπει τον εντοπισμό της κατηγορίας ενός αντικείμενου, χωρίς απαραίτητα να αναγνωρίζεται το ίδιο το αντικείμενο. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου υποστηρίχθηκε από πειράματα νοητικής κατηγοριοποίησης (Rosch 1978).

Σε αυτό το στάδιο η επεξεργασία είναι υψηλότερου επιπέδου. Η ενεργοποίησή της όμως δεν προέρχεται από πρόθεση, σκοπό παρατήρησης ή προσδοκίες αλλά από τα χαρακτηριστικά της οπτικής σκηνής. Το μέγεθος και η χωρική διάταξη των τμημάτων ενός κλειστού περιγράμματος καθορίζουν την επιτυχία της αναγνώρισης, αν και σε άλλες μελέτες υποστηρίζεται και ο ρόλος εσωτερικών χαρακτηριστικών. Ίσως οι «γενικευμένοι κώνοι» να είναι χαρακτηριστικά αναγνώρισης, αντίστοιχα με τα χαρακτηριστικά της οπτικής αναζήτησης των ψυχολόγων. Η επιτυχία της

ολοκλήρωσης της διαδικασίας εξαρτάται από τις υπάρχουσες αναπαραστάσεις. Δεδομένου ότι σε κάθε στάδιο του μοντέλου η εισερχόμενη πληροφορία προέρχεται από το/α προηγούμενο/α, τα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος και η αρχική τους επεξεργασία είναι πολύ σημαντικά. Ο Marr (1982) δεν ασχολείται με την οπτική αναζήτηση και τον άμεσο εντοπισμό, αλλά και στη δική του θεωρία το επιμήκες σχήμα, το μέγεθος, η θέση και ο προσανατολισμός των τμημάτων του κλειστού περιγράμματος έχουν σημασία.

## **5. Βασικά χαρακτηριστικά και χαρτογραφία**

Ο προσδιορισμός των βασικών χαρακτηριστικών είναι πολύ σημαντικός για τη χαρτογραφία. Ο άμεσος εντοπισμός ενός στόχου- συμβόλου και ο διαχωρισμός υφής – διαχωρισμός περιοχής ομάδας συμβόλου είναι διαδικασίες που σχετίζονται με την επιλεκτική οργάνωση όπως περιγράφηκε από τον Bertin.

Στην ανάλυση της βιβλιογραφίας που έγινε πιο πάνω προκύπτει ότι υπάρχουν ενδείξεις για το ποια χαρακτηριστικά μπορούν να θεωρηθούν ως βασικά ή το οπτικό σύστημα τα επεξεργάζεται αυτόματα πριν την εφαρμογή της προσοχής. Ωστόσο, οι ενδείξεις αυτές είναι πολλές φορές αντικρουόμενες.

Η περίπτωση του προσανατολισμού ως βασικού χαρακτηριστικού είναι ίσως η πιο ξεκάθαρη. Έχουν προσδιοριστεί οι κατηγορίες στις οποίες κατηγοριοποιούνται οι προσανατολισμοί, υπάρχουν αναφορές για το ποιές κλίσεις είναι πιο εύκολο να εντοπιστούν ανάμεσα σε άλλες. Ωστόσο, όλα αυτά σε σχέση με τη χαρτογραφία θα πρέπει να διερευνώνται σε πραγματικές συνθήκες σε σχέση με το θόρυβο που προκαλεί η υπόλοιπη πληροφορία του χάρτη.

Αποτελέσματα ερευνών που αναφέρουν π.χ. ότι ένα μεσαίο μέγεθος δύσκολα εντοπίζεται ανάμεσα στα μικρότερα και μεγαλύτερα εκτός αν οι διαφορές είναι μεγάλες, ή ότι οι καμπύλες εντοπίζονται αποτελεσματικά ανάμεσα σε ευθείες παρά το αντίθετο θα πρέπει να διερευνηθούν από τους χαρτογράφους.

Σε σχέση με το σχήμα και τα αντικείμενα γενικότερα οι ενδείξεις που έχουμε για το ποια χαρακτηριστικά είναι βασικά είναι πολλές φορές αντικρουόμενες. Ωστόσο, αξίζει να δούμε ποια χαρακτηριστικά του σχήματος (π.χ. απολήξεις, διασταυρώσεις κλπ) και κάτω από ποιες συνθήκες εντοπίζονται αυτόματα από το οπτικό σύστημα και τι εφαρμογές μπορεί να έχουν στο σχεδιασμό συμβόλων στο χάρτη. Απόψεις ότι η δομή των αντικειμένων είναι αυτή που κάνει τη διαφορά παρά το γενικότερο σχήμα στον άμεσο εντοπισμό τους πρέπει να διερευνηθούν στην περίπτωση των χαρτογραφικών συμβόλων ή κατά πόσο ένα καινούργιο σχήμα μπορεί να «ξεπροβάλει» ανάμεσα σε σχήματα με τα οποία υπάρχει εξοικείωση.

### **5.1 Χαρτογραφική έρευνα**

Μεγάλο μέρος της ερευνητικής δραστηριότητας που αναφέρεται στον εντοπισμό συμβόλων και στην ομαδοποίηση συμβόλων σε χάρτες αναλύεται από τον MacEachren (1995). Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά στις πρόσφατες χαρτογραφικές έρευνες με αντικείμενο τις ιδιότητες των οπτικών μεταβλητών που στηρίχτηκαν κυρίως στις πιο πάνω θεωρίες της οπτικής αναζήτησης.

Οι Bunch και Lloyd (2000) διερεύνησαν τη διαδικασία οπτικής αναζήτησης εντοπίζοντας όρια σε χωροπληθείς χάρτες. Ζητούσαν από τα υποκείμενα να εντοπίσουν την παρουσία ή την απουσία ενός προκαθορισμένου ορίου-στόχου. Το όριο αυτό προσδιοριζόταν από δύο διαφορετικές αποχρώσεις που κάλυπταν την επιφάνεια δύο γειτονικών πολυγώνων. Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαίωσαν τη θεωρία της ομοιότητας που αναφέρθηκε πιο πάνω των Duncan και Humphreys (1989). Υπήρχε σημαντική σχέση ανάμεσα στο χρόνο αντίδρασης και την ομοιότητα αποχρώσεων στόχου και αποχρώσεων μη στόχων (T-NT). Η αναζήτηση γινόταν πιο δύσκολη καθώς η ομοιότητα στόχου – μη στόχου αυξανόταν. Επίσης, ο χρόνος αναζήτησης αυξανόταν καθώς μεγάλωνε η διαφορά μεταξύ των μη στόχων. Συμπεράσματα εξάχθηκαν επίσης για τις δυνατότητες διαφορετικών αποχρώσεων να ξεπροβάλλουν (pop-out) από το χάρτη. Έχοντας μοναδικό χρώμα στις δύο πλευρές του ορίου, το σκούρο κίτρινο/ανοικτό κίτρινο μπορούσε να ξεπροβάλλει πιο εύκολα από το χάρτη. Όταν ο στόχος-όριο διέφερε ως προς την απόχρωση και την ένταση π.χ. σκούρο πράσινο/ανοικτό μπλε τότε η αναζήτηση ήταν δύσκολη.

Ο Lloyd (1997) με βάση τις θεωρίες των Cave και Wolfe (1990), Duncan και Humphreys (1989) και Treisman (1988) εξετάζει τις διαδικασίες οπτικής αναζήτησης κατά την ανάγνωση χάρτη. Τα υποκείμενα της έρευνας εκτελούν αναζητήσεις: ενός χαρακτηριστικού, πολλαπλών χαρακτηριστικών και συνδυαστικών χαρακτηριστικών. Διαπιστώνει ότι στόχος με μοναδικό χαρακτηριστικό ξεπροβάλλει (pop-out) από το χάρτη και η αποτελεσματικότητα της αναζήτησης είναι ανεξάρτητη του αριθμού των υπολοίπων συμβόλων του χάρτη. Η αποτελεσματικότητα της αναζήτησης συμβόλου σε ένα χάρτη δεν είναι η ίδια για όλες τις διαστάσεις. Αυτό επιβεβαιώνει τους Duncan και Humphreys (1989) που υποστήριζαν ότι η αναζήτηση δεν πρέπει να θεωρείται είτε ως παράλληλη είτε ως σειριακή. Η δυσκολία μιας αναζήτησης μπορεί να βρίσκεται ανάμεσα στα δύο άκρα και σχετίζεται με την αντίθεση που δημιουργείται ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των συμβόλων το χάρτη. Στην περίπτωση αναζήτησης συμβόλου με μοναδικό χαρακτηριστικό, η απόχρωση έχει ως αποτέλεσμα να ξεπροβάλλει (pop-out effect) και στις δύο περιπτώσεις θετικής ή αρνητικής ανταπόκρισης (υπάρχει ή δεν υπάρχει το σύμβολο στο χάρτη), ενώ το σχήμα, το μέγεθος και ιδιαίτερα ο προσανατολισμός δεν ξεπρόβαλλαν στις περιπτώσεις αρνητικής ανταπόκρισης. Οι πιο αποτελεσματικές αναζητήσεις αφορούσαν τις περιπτώσεις που ο στόχος διέφερε ως προς την απόχρωση και ένα δεύτερο χαρακτηριστικό σε σχέση με τα υπόλοιπα σύμβολα. Τέλος, προέκυψε ότι οι χωρικές αναζητήσεις συμβόλου σε χάρτη επηρεάζονται από τη χωρική θέση.

Η Nelson (Nelson and Gilmartin 1996, Nelson et al. 1997, Nelson 2000) σε σειρά ερευνών εξετάζει το θέμα του σχεδιασμού αποτελεσματικών πολυμεταβλητών συμβόλων. Στην έρευνα της για διαδικασίες οπτικής αναζήτησης σε χάρτη πολυμεταβλητών συμβόλων που χρησιμοποιούνται τα «πρόσωπα Chernoff» στηρίζεται στη θεωρία ολοκλήρωσης χαρακτηριστικών της Treisman και στη θεωρία καθοδηγούμενης αναζήτησης του Wolfe (Nelson et al 1997). Σκοπός της έρευνας ήταν η εξέταση της ακρίβειας και της αποτελεσματικότητας του εντοπισμού στόχων-συμβόλων που δομήθηκαν με συνδυασμούς διαφορετικών χαρακτηριστικών προσώπου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλες οι αναζητήσεις στηρίζονταν σε σειριακές διαδικασίες αν και οι αναζητήσεις χαρακτηριστικών (ο στόχος αποτελείτο από ένα μοναδικό χαρακτηριστικό) ήταν οι ευκολότερες. Ιεραρχικές σχέσεις μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα σύμβολα για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα

της αναζήτησης σε περιπτώσεις που ο στόχος είχε μόνον ένα χαρακτηριστικό (συσχετισμένη αναζήτηση). Σε πιο πρόσφατη έρευνα της η Nelson (2000) εξετάζει την επίδραση της αντιληπτικής ομαδοποίησης στο σχεδιασμό αποτελεσματικών διμεταβλητών συμβόλων. Η Shortridge (1982) σχεδόν δύο δεκαετίες πριν πρότεινε πιθανές εφαρμογές για τα πολυμεταβλητά σύμβολα στους χάρτες σύμφωνα με ενδείξεις από έρευνες της ψυχολογίας σχετικές με τη διάκριση των διαστάσεων (π.χ. των οπτικών μεταβλητών) σε δύο κατηγορίες. Οι δυο κατηγορίες διαστάσεων αφορούν τις ολοκληρωμένες διαστάσεις και τις διαχωρισμένες διαστάσεις. Μια ενδιάμεση κατηγορία αναγνωρίστηκε επίσης από τους ψυχολόγους και ονομάζεται «συμψηφισμού». Η Nelson (2000) διερευνώντας τα πιο πάνω σε χάρτες διαπίστωσε ότι οι περισσότεροι συνδυασμοί διαστάσεων συμβόλων είναι είτε διαχωριστικοί είτε παρουσιάζουν ενδείξεις για ασύμμετρη αλληλεπίδραση διαστάσεων.

## 6. Πειράματα

Στα πλαίσια του προγράμματος διεξάχθηκε σειρά πειραμάτων που αποσκοπούσαν στη διερεύνηση του επιπέδου αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζουν τέσσερις βασικές οπτικές μεταβλητές για τη χαρτογραφία: το σχήμα, η απόχρωση, η ένταση και το μέγεθος. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν μέσα από διαφορετικά πειράματα τα εξής:

- Η επιλεκτικότητα του σχήματος (μη επιλεκτικό σύμφωνα με τον Bertin) σε σχέση με το διαφορετικό βαθμό αφαιρετικότητας των χαρτογραφικών συμβόλων.
- Η επιλεκτικότητα της απόχρωσης (επιλεκτική σύμφωνα με τον Bertin) σε σχέση με την τιμή της, σε χαρτογραφικά σύμβολα διαφορετικών αποχρώσεων.
- Η επιλεκτικότητα της έντασης (επιλεκτική σύμφωνα με τον Bertin) σε σχέση με τους νόμους μεταβολής της.
- Η επιλεκτικότητα της έντασης σε σχέση με τον αριθμό των ομάδων έντασης.
- Η οργάνωση τάξης και η ποσοτική οργάνωση σε σχέση με τις οπτικές μεταβλητές του μεγέθους και της έντασης (το μέγεθος είναι ποσοτική και διατεταγμένη μεταβλητή, η ένταση διατεταγμένη σύμφωνα με τον Bertin).

### 6.1 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας του σχήματος

#### Σκοπός

Το σχήμα είναι οπτική μεταβλητή που αποδίδει ποιοτικά διαφοροποιούμενα φαινόμενα με απειρία επιλογών. Για να γίνεται αποτελεσματική χρήση της μεταβλητής αυτής είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της. Ο Green (1998) αμφισβήτησε την άποψη του Bertin, η οποία δεν στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, ότι το σχήμα δεν είναι καθόλου επιλεκτικό, επισημαίνοντας ότι τα απλά συμπαγή σχήματα στα οποία αναφέρεται ο Bertin χαρακτηρίζονται από την «ίδια χωρική συχνότητα». Από πρόσφατες έρευνες προέκυψαν ενδείξεις ότι κάποια χαρακτηριστικά του σχήματος επεξεργάζονται στο στάδιο προ-προσοχής από το οπτικό σύστημα, ωστόσο, ποια είναι τα χαρακτηριστικά αυτά δεν έγινε δυνατόν να προσδιοριστούν (Donnelly et al. 2000, Wolfe and Bennett 1997).

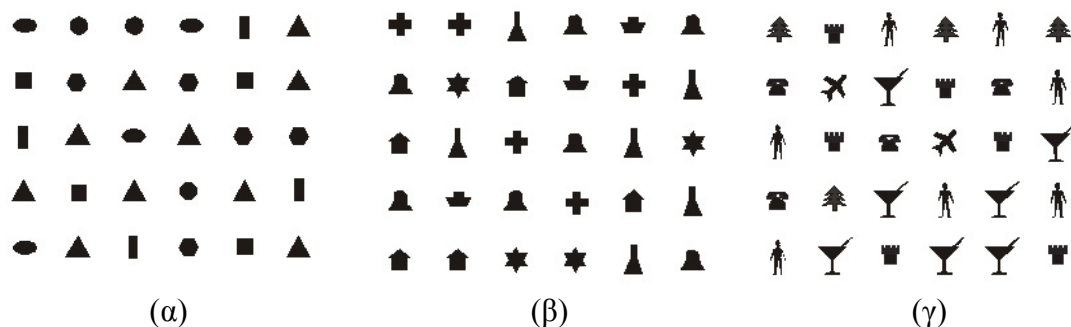
Σκοπός της έρευνας είναι η εξέταση

1. Κατά πόσο το σχήμα μπορεί να λειτουργήσει επιλεκτικά και κάποιο σχήμα να ξεπροβάλλει «pop-out» ή να ομαδοποιηθεί σε σχέση με άλλα σχήματα ίδιας πολυπλοκότητας.
2. Της επίδρασης της πολυπλοκότητας των συμβολών στην επιλεκτικότητα.

#### Υλικό, δείγμα, πείραμα

Το υλικό του πειράματος που περιγράφεται προέρχεται από διπλωματική εργασία που διεξάχθηκε στο εργαστήριο Χαρτογραφίας της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων ΕΜΠ (Πετροπούλου 2002).

Δημιουργήθηκαν τρεις εικόνες, που η κάθε μια τους περιλαμβάνει έξι διαφορετικά σχήματα ίδιου επιπέδου εικονικότητας. Τα δεκαοκτώ σχήματα είναι συμπαγή και έχουν το ίδιο εμβαδόν ( $19,5\text{mm}^2$ ) για να επιτυγχάνεται η ίδια οπτική αντίθεση με το λευκό φόντο. Η τελική επιλογή των συμβόλων προέκυψε ύστερα από δοκιμές και ελέγχους, με στόχο το σαφέστερο, κατά το δυνατό, διαχωρισμό των κατηγοριών. Συγκεκριμένα η πρώτη εικόνα (Εικόνα 1) περιλαμβάνει απλά, αφαιρετικά γεωμετρικά σχήματα: το τετράγωνο, ο κύκλος, το τρίγωνο, η μπάρα, η έλλειψη και το εξάγωνο (Σχήμα 3.α). Η δεύτερη εικόνα (Εικόνα 2) περιλαμβάνει πιο σύνθετα σχήματα με περισσότερες ακμές και απεικονίζουν αντικείμενα (Σχήμα 3.β). Η μορφή των αντικειμένων είναι αρκετά απλοποιημένη γιατί η δημιουργία τους στηρίχτηκε στη σύνθεση δύο το πολύ αφαιρετικών σχημάτων. Έτσι έχουμε το αστέρι έξι ακμών, από δύο ισόπλευρα τρίγωνα, το σπίτι, από ένα τετράγωνο και ένα τρίγωνο, το καράβι, από ένα ισοσκελές τραπέζιο και ένα ορθογώνιο, την καμπίνα, από διαπλάτυση του κάτω μέρους έλλειψης, ένα μπουκάλι, από ένα τρίγωνο και μια μπάρα και ένα σταυρό, από δύο κάθετα τεμνόμενες μπάρες. Η τρίτη εικόνα (Εικόνα 3) περιέχει έξι εικονογραφικά σύμβολα, με πολλές ακμές, τα οποία συναντώνται συχνά σε τουριστικούς χάρτες (Σχήμα 3.γ). Πρόκειται για τον πύργο, τον άνθρωπο, το δέντρο, το ποτήρι κοκτέιλ και το αεροπλάνο.



Σχήμα 3. (α) Απόσπασμα Εικόνας 1 (β) Απόσπασμα εικόνας 2  
(γ) Απόσπασμα Εικόνας 3

Οι τρεις εικόνες αρχικά κατασκευάστηκαν στο σχεδιαστικό περιβάλλον του λογισμικού CorelDRAW 9. Η κάθε κατηγορία συμβόλων τοποθετήθηκε σε κάρναβο που έχει περίπου το μέγεθος σελίδας A4 (210mmX297mm). Τα σχήματα σε κάθε αρχείο τοποθετήθηκαν με το κέντρο τους να συμπίπτει στις κορυφές του καννάβου οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 1,5 φορές τη μεγαλύτερη από τις οριζόντιες και κάθετες διαστάσεις όλων των συμβολών. Κάθε ένα από τα έξι σύμβολα εμφανίζεται έξι φορές σε τυχαίες θέσεις και έτσι έχουμε σε κάθε εικόνα 192 σύμβολα. Τα τελικά αρχεία



μετατράπηκαν στις αντίστοιχες εικόνες του Adobe Photoshop 6.0. από το CorelDRAW 9 έτσι ώστε να είναι η δυνατή η εισαγωγή τους στη σελίδα παρουσίασης του PowerPoint.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος οι εικόνες προβάλλονται στην οθόνη υπολογιστή και η εξέταση κάθε υποκειμένου είναι ξεχωριστή. Το μέγεθος κάθε προβαλλόμενου συμβόλου στην οθόνη, με δεδομένη τη συνήθη απόσταση που διατηρεί ο χρήστης από αυτήν, περίπου 40cm, καταλαμβάνει περίπου 45' από το οπτικό πεδίο. Σχετικά με το χρόνο θέασης της εικόνας επιλέχθηκε η προκαθορισμένης διάρκειας προβολή. Ο χρόνος προβολής κάθε εικόνας ορίστηκε στα 7sec, ύστερα από πιλοτικές εφαρμογές του πειράματος, στις οποίες δοκιμάστηκαν χρόνοι από 5 ως 15 sec. Οι εικόνες εμφανίζονται στην οθόνη μέσω του λογισμικού PowerPoint, το οποίο επιτρέπει τη συγκεκριμένη ρύθμιση.

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 90 άτομα. Εξετάστηκαν 30 άτομα για κάθε εικόνα. Τα υποκείμενα της έρευνας είναι φοιτητές της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ. Το πείραμα διεξάχθηκε σε μικρή αίθουσα της σχολής η οποία κατά τη διάρκεια του πειράματος παράμεινε σκοτεινή για να μην υπάρχουν εξωτερικές επιρροές στην παρατήρηση. Στην αίθουσα παρέμεναν ο εξεταστής και ο εξεταζόμενος. Ο εξεταστής έδινε οδηγίες για την εκτέλεση της διαδικασίας. Αρχικά, ο εξεταζόμενος καλούταν να ενεργοποιήσει το λογισμικό και να δει προσεκτικά την εικόνα. Ενημερωνόταν ακόμα ότι μετά ακολουθούσε η υποβολή ερώτησης, χωρίς αυτή να αποκαλύπτεται. Μετά την πάροδο των επτά δευτερολέπτων που είχε στη διάθεση του ο εξεταζόμενος να παρατηρήσει την εικόνα, εμφανιζόταν στην οθόνη η ερώτηση «Πόσα σχήματα θυμάσαι να είδες;». Οι απαντήσεις καταγράφονταν με σειρά προτεραιότητας σε ειδικό έντυπο.

#### *Αποτελέσματα, Συμπεράσματα*

Στον Πίνακα 3 δίνεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του αριθμού των συμβόλων που ανακάλεσαν οι ερωτηθέντες για κάθε μια από τις τρεις εικόνες (Εικόνα 1-3) με αφαιρετικά, σύνθετα και εικονογραφικά σύμβολα.

**Πίνακας 3.** Μέσος όρος των συμβόλων που ανακλήθηκαν σε κάθε εικόνα

Εικόνα 1		Εικόνα 2		Εικόνα 3	
Αφαιρετικά		Σύνθετα		Εικονογραφικά	
M.O.	T.A.	M.O.	T.A.	M.O.	T.A.
4.20	1.13	2.87	1.11	3.67	1.18

Στον Πίνακα 4 δίνεται για κάθε σύμβολο ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση (%) των απαντήσεων που ανέφεραν το συγκεκριμένο σύμβολο στην Εικόνα 1,2 και 3.

**Πίνακας 4.** Μέσος όρος (%) ανάκληση συμβόλου

Εικόνα 1 Αφαιρετικά	Εικόνα 2 Σύνθετα		Εικόνα 3 Εικονογραφικά					
	Σύμβολα	M.O.	T.A.	Σύμβολα	M.O.	T.A.		
Τετράγωνο	50	51	Καμπάνα	30	47	Τηλέφωνο	20	41
Εξάγωνο	60	50	Καράβι	30	47	Πύργος	53	51
Έλλειψη	67	48	Σπίτι	37	49	Ποτήρι	53	51
Μπάρα	73	45	Μπουκάλι	60	50	Αεροπλάνο	63	49
Τρίγωνο	83	38	Αστέρι	63	49	Δέντρο	80	41

Η μεγαλύτερη επιτυχία στην ανάκληση συμβόλων παρατηρήθηκε στην εικόνα με τα αφαιρετικά σύμβολα, στη συνέχεια στην εικόνα με τα εικονογραφικά. Η επίδοση στην εικόνα με τα σύνθετα σχήματα είναι σημαντικά μικρότερη από τις άλλες δύο εικόνες. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται να ενεργοποιούνται διαφορετικές διαδικασίες. Τα αφαιρετικά σύμβολα φαίνεται λόγω της απλότητας τους να συγκρατούνται ευκολότερα και ταχύτερα στη μνήμη μικρής διάρκειας. Στα εικονογραφικά σύμβολα, αφενός ενεργοποιούνται οι κάτω-πάνω διαδικασίες από τα χαρακτηριστικά της μορφής τους, αφετέρου η αναγνώριση τους οφείλεται στις νοητικές αναπαραστάσεις της μνήμης μακράς διάρκειας. Στα ενδιάμεσα σχήματα, η μνήμη μικρής διάρκειας δε συγκρατεί τη μορφή, ενώ λόγω της απλοποίησης τα υποκείμενα δυσκολεύονται μέσα στον περιορισμένο χρόνο να συνδέουν τα σχήματα με υπάρχουσες νοητικές αναπαραστάσεις.

Στην περίπτωση των αφαιρετικών συμβόλων, ο κύκλος παρά το γεγονός ότι δεν έχει ακμές, είναι το σχήμα με τις περισσότερες επιτυχίες και ακολουθούν το τρίγωνο και η μπάρα. Πιθανόν αυτό να οφείλεται στο ότι ο κύκλος είναι το πιο απλό και συνάμα συχνά συναντώμενο σχήμα, ενώ τα άλλα δύο σχήματα παρουσιάζουν πιο οξείες κορυφές από το εξάγωνο χαρακτηριστικό για το οποίο υπάρχουν ενδείξεις ότι ξεπροβάλλει από τα γύρω του (Magr 1982). Το τετράγωνο, αν και είναι πολύ γνωστό σχήμα με ακμές, ωστόσο σημείωσε το μικρότερο ποσοστό επιτυχίας πιθανόν λόγω της ομοιότητας του με την μπάρα. Γενικά φαίνεται ότι η απλότητα του σχήματος και η συνήθεια δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.

Στην περίπτωση των σύνθετων συμβόλων, ο σταυρός, το αστέρι και το μπουκάλι είναι τα τρία σύμβολα που δηλώθηκαν περισσότερο στις απαντήσεις. Η υπεροχή τους σε σχέση με το σπίτι, το καράβι και την καμπάνα είναι στατιστικώς σημαντική. Τα πρώτα τρία σύμβολα παρουσιάζουν πιο οξείες γωνίες, η οριζόντια διάσταση της μπουκάλας είναι δυσανάλογη ως προς την κατακόρυφη και επίσης το αστέρι και ο σταυρός είναι από τα σχήματα που συναντώνται συχνά.

Στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων, μόνο ένας από τους ερωτηθέντες δεν ανέφερε τον άνθρωπο. Στο σύμβολο αυτό η διαφορά στις διαστάσεις ύψους και πλάτους είναι μεγάλη. Η διαφορά αυτή φαίνεται να ενισχύει την επιλεκτικότητα και το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τη θέση του Magr (1982). Η μεγαλύτερη διάσταση λειτουργεί ως κύριο χαρακτηριστικό. Ο άνθρωπος, το δέντρο και το αεροπλάνο που αναφέρθηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι τα υπόλοιπα σχήματα χαρακτηρίζονται από την πιο πολύπλοκη μορφή. Το τηλέφωνο με το μικρότερο βαθμό επιτυχίας έχει καμπύλο περίγραμμα, δεν έχει ακμές, και ο λόγος πλάτους-ύψους είναι πολύ κοντά στη μονάδα. Είναι αξιοσημείωτο ότι και στην εικόνα με τα σύνθετα σύμβολα, η καμπάνα με το καμπύλο περίγραμμα σημείωσε το μικρότερο βαθμό επιτυχίας. Ο πύργος και το ποτήρι έχουν τα ίδια χαμηλά αποτελέσματα, παρά το ότι το πρώτο είναι πιο συμπαγές σχήμα και με λιγότερο ακανόνιστο περίγραμμα. Ενδέχεται σε αυτά τα σύμβολα να επηρέασε το μέγεθος των άμορφων επιφανειών και η αναλογία τους ως προς το κύριο σώμα του συμβόλου. Φαίνεται ότι στο υψηλότερο επίπεδο της εικονικότητας των συμβόλων, η αύξηση της πολυπλοκότητας ενισχύει την επιλεκτικότητα σε σχέση με τα απλούστερα σύμβολα.

Η θέση του Bertin (1983) ότι το σχήμα δεν είναι επιλεκτική μεταβλητή φαίνεται να είναι απόλυτη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επιλεκτικότητα του σχήματος φαίνεται να εξαρτάται από την εικονικότητα του που προσδιορίζει και τη χωρική συχνότητα του, θέση που αναφέρθηκε από τον Green (1998). Από το πείραμα αυτό προέκυψαν ενδείξεις ότι η πολυπλοκότητα του περιγράμματος, ο αριθμός των κορυφών του, οι σχετικές διαστάσεις του συμβόλου, οι άμορφες επιφάνειες και το εμβαδόν τους είναι παράγοντες που επιδρούν στο βαθμό επιλεκτικότητας. Θα πρέπει κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά να εξεταστεί ξεχωριστά τόσο σε σύμβολα σε ουδέτερο περιβάλλον όσο και σε χάρτη.

## 6.2 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της απόχρωσης

### Σκοπός

Η απόχρωση είναι επιλεκτική οπτική μεταβλητή σύμφωνα με το Bertin (1983). Ο Wolfe (2002) αναφέρει ότι διαφορές στην απόχρωση υποστηρίζουν αποτελεσματικές οπτικές αναζητήσεις και άμεσο διαχωρισμό υφής. Οι Triesman και Gormican (1988) αναφέρουν το φαινόμενο της ασυμμετρίας στην αναζήτηση χρωμάτων και την επίδραση του μοναδικού βασικού χαρακτηριστικού στην αναζήτηση.

Στην παρούσα έρευνα εξετάζονται:

- η σχετική επιλεκτικότητα συγκεκριμένων αποχρώσεων: κόκκινη, κίτρινη, πράσινη, μπλε, ιώδες, πορτοκαλί.
- η επίδραση στη σχετική επιλεκτικότητα των αποχρώσεων του φόντου: ώχρα, πράσινη, γκρι

### Υλικό, δείγμα, πείραμα

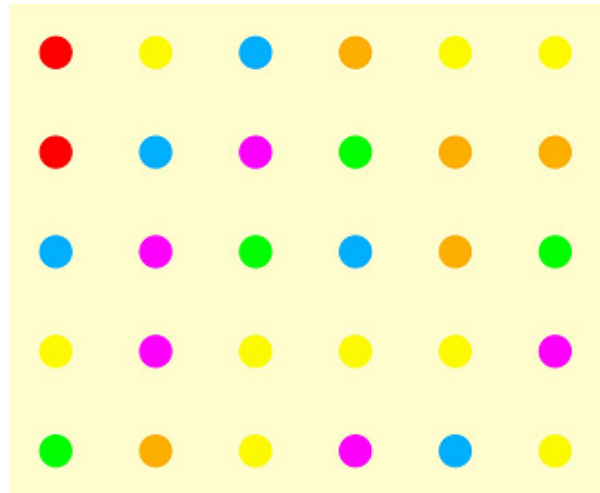
Το υλικό του πειράματος που περιγράφεται προέρχεται από διπλωματική εργασία που διεξάχθηκε στο εργαστήριο Χαρτογραφίας της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων ΕΜΠ (Ταρσούλη 2002).

Δημιουργήθηκαν τρεις εικόνες διαστάσεων 230X170mm που η κάθε μια τους περιλάμβανε έξι όμοιους κύκλους διαφορετικής απόχρωσης: κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε, ιώδες, πορτοκαλί. Κάθε εικόνα απεικονίζει συνολικά 192 κύκλους που τοποθετούνται στις κορυφές καννάβου με ισαποχή 15mm (32 κύκλοι για κάθε απόχρωση). Κάθε μια από τις εικόνες έχει φόντο διαφορετικής απόχρωσης: ώχρα, γκρι και πράσινη. Τόσο οι αποχρώσεις του φόντου όσο και των συμβόλων χρησιμοποιούνται ευρέως στη χαρτογραφία. Χρησιμοποιήθηκε επίσης ο κύκλος ως σχήμα του συμβόλου λόγω του ότι είναι ένα απλό γεωμετρικό σύμβολο με ευρεία χρήση στη χαρτογραφία τόσο στην απεικόνιση ποιοτικών δεδομένων όσο και ποσοτικών.

Για τη διαμόρφωση των χρωμάτων των συμβόλων και του φόντου χρησιμοποιήθηκε το σύστημα HSB (Hue, Saturation, Brightness /Απόχρωση, Κορεσμός, Ένταση) που δίνει τη δυνατότητα να διατηρούνται σταθερές οι τιμές της έντασης και του κορεσμού και να μεταβάλλεται η απόχρωση. Θεωρώντας ως μέση απόσταση ανάγνωσης από H/Y τα 40cm και ότι για να είναι εύκολα αντιληπτό ένα αντικείμενο από την κεντρική όραση πρέπει να δημιουργεί με το μάτι γωνία 30' προσδιορίστηκε η ελάχιστη

διάμετρος κύκλου 3.5mm (με βάση τον τύπο  $D/40=\pi \times 0,5/180$ ). Τελικά έγινε αποδεκτή η διάμετρος 5mm.

Οι εικόνες σχεδιάστηκαν στο λογισμικό CorelDRAW 9 έτσι ώστε να είναι δυνατή η εισαγωγή τους στη σελίδα παρουσίασης του PowerPoint. Κατά τη διάρκεια του πειράματος οι εικόνες προβάλλονταν σε οθόνη υπολογιστή και η εξέταση κάθε υποκειμένου ήταν ξεχωριστή. Ο χρόνος προβολής κάθε εικόνας ορίστηκε στα 7sec. Απόσπασμα της εικόνας με φόντο ώχρας φαίνεται στο Σχήμα 4.



**Εικόνα 4.** Απόσπασμα εικόνας

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 90 άτομα. Εξετάστηκαν 30 άτομα για κάθε εικόνα. Τα υποκείμενα της έρευνας ήταν φοιτητές της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ.

Το πείραμα διεξάχθηκε σε μικρή αίθουσα της σχολής η οποία κατά τη διάρκεια του πειράματος είχε χαμηλό φωτισμό. Η εξέταση ήταν ατομική. Ο εξεταστής έδινε οδηγίες για την εκτέλεση της διαδικασίας. Αρχικά, ο εξεταζόμενος καλούταν να ενεργοποιήσει το λογισμικό και να δει προσεκτικά την εικόνα. Ενημερωνόταν ακόμα ότι μετά ακολουθούσε η υποβολή ερώτησης, χωρίς αυτή να αποκαλύπτεται. Μετά την πάροδο των επτά δευτερολέπτων που είχε στη διάθεση του ο εξεταζόμενος να παρατηρήσει την εικόνα, εμφανιζόταν στην οθόνη η ερώτηση «Ποια χρώματα είδες;». Οι απαντήσεις καταγράφονταν με τη σειρά που αναφέρονταν σε ειδικό έντυπο.

#### ***Αποτελέσματα, Συμπεράσματα***

Ο Πίνακας 5 απεικονίζει το μέσο όρο των αποχρώσεων που αναφέρθηκαν ανά εικόνα με διαφορετική απόχρωση φόντου. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο μέσο όρο των αποχρώσεων που αναφέρθηκαν στα φόντα διαφορετικής απόχρωσης.

**Πίνακας 5.** Μέσος όρος αποχρώσεων που αναφέρθηκαν σε κάθε εικόνα

Εικόνα 1	Εικόνα 2	Εικόνα 3
Ωχρα	Γκρι	Πράσινο

M.O.	T.A.	M.O.	T.A.	M.O.	T.A.
4.53	0.94	4.50	0.90	4.43	0.77

Στον Πίνακα 6 απεικονίζονται η συχνότητα και η % συχνότητα των ατόμων που παρατήρησαν την κάθε μία από τις έξι αποχρώσεις στις Εικόνες 1, 2 και 3 με φόντο ώχρα, γκρι και πράσινο αντιστοίχως.

**Πίνακας 6.** Συχνότητες παρατήρησης των αποχρώσεων ανά φόντο

Εικόνα		Κόκκινο	Κίτρινο	Πράσινο	Μπλε	Ιώδες	Πορτοκαλί
1 (ώχρα)	F	28	22	26	26	21	13
	f(%)	93.3	73.3	86.7	86.7	70.0	43.3
2 (γκρι)	F	28	29	24	21	18	15
	f(%)	93.3	96.7	80.0	70.0	60.0	50.0
3 (πράσινο)	F	24	27	30	24	15	13
	f(%)	80.0	90.0	100	80.0	50.0	43.3
Σύνολο	F	80	78	80	71	54	41
	f(%)	88.9	86.7	88.9	78.9	60.0	45.6

Οι αποχρώσεις κόκκινο, κίτρινο, πράσινο και μπλε αναφέρθηκαν στατιστικώς σημαντικά περισσότερες φορές από τις αποχρώσεις ιώδες και πορτοκαλί σε όλα τα χρωματικά υπόβαθρα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ενδείξεις για το μεγαλύτερο βαθμό επιλεκτικότητας των τεσσάρων αυτών αποχρώσεων. Η κόκκινη, πράσινη και μπλε απόχρωση ταξινομούνται στις βασικές ή γνήσιες αποχρώσεις οι οποίες δεν αποτελούν μείγματα άλλων χρωμάτων. Αν και το κίτρινο είναι αποτέλεσμα της πρόσθεσης πράσινου και κόκκινου χρώματος εντούτοις σύμφωνα με τη θεωρία του Hering ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το κίτρινο ως βασικό χρώμα. Ο Wolfe (1994) επίσης αναφέρει ότι το κόκκινο, κίτρινο, πράσινο και μπλε είναι βασικές αποχρώσεις που επεξεργάζονται προ-προσοχής. Οι αποχρώσεις με το μικρότερο βαθμό επιτυχίας το ιώδες και το πορτοκαλί είναι σύνθετες ή μη γνήσιες αποχρώσεις, δηλαδή αποτελούν μείγματα βασικών αποχρώσεων (ιώδες: μπλε και κόκκινο, πορτοκαλί: κίτρινο και κόκκινο). Σύμφωνα με τους Triesman and Gormican (1988) θα ήταν πιο αποτελεσματική η αναζήτηση των σύνθετων αποχρώσεων αν στα υπόλοιπα περιστασιακά στοιχεία δεν υπήρχε μια από τις αποχρώσεις που τα συνθέτουν οπότε θα είχαν ένα μοναδικό χαρακτηριστικό. Μεταξύ των βασικών αποχρώσεων κόκκινο, κίτρινο, πράσινο και μπλε δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό που είχαν αναφερθεί και στις τρεις εικόνες με διαφορετικά φόντα. Η πράσινη απόχρωση αναφέρθηκε στατιστικώς σημαντικά περισσότερες φορές στο πράσινο υπόβαθρο από ότι στα άλλα δύο. Η κίτρινη απόχρωση αναφέρθηκε στατιστικώς σημαντικά περισσότερες φορές στο γκρι υπόβαθρο από ότι στην ώχρα.

### 6.3 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της έντασης

#### Σκοπός

Η ένταση είναι η οπτική μεταβλητή που χρησιμοποιείται κυρίως στους χωροπληθείς χάρτες για τον συμβολισμό παράγωγων ποσοτικών δεδομένων. Η Mersey (1990) εξετάζοντας τις λειτουργίες της άμεσης απόκτησης πληροφορίας, οι οποίες στηρίζονται στις αποτελεσματικές αναζητήσεις, από χωροπληθείς χάρτες διαπίστωσε ότι η αποτελεσματικότητα του χάρτη μειώνεται καθώς ο αριθμός των τάξεων δεδομένων αυξάνεται και όταν η χρωματική σειρά γίνεται πιο διατεταγμένη (hue-

value series). Αντίθετα οι σειρές αποχρώσεων (hue series) αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικές. Η ένταση χαρακτηρίζεται από τον Bertin (1983) ως επιλεκτική οπτική μεταβλητή, ωστόσο γεννιούνται διάφορα ερωτήματα: Ποιες διαφορές στην ένταση ενισχύουν την επιλεκτικότητα; Πως λειτουργεί ο συνδυασμός έντασης και κορεσμού στην επιλεκτικότητα; Λειτουργεί η ένταση το ίδιο επιλεκτικά για διαφορετικά χρώματα; Πως επιδρά ο αριθμός των διαφορετικών εντάσεων σε ένα χάρτη ως προς την άμεση απόκτηση πληροφορίας;

Διεξάχθηκε έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση του συνδυασμού των δύο διαστάσεων του χρώματος, έντασης και κορεσμού, για την παραγωγή εντάσεων σε ένα ψηφιακό χωροπληθή χάρτη. Εξετάστηκαν νόμοι μεταβολής έντασης – κορεσμού, η επίδραση της απόχρωσης και του αριθμού των τάξεων των δεδομένων.

### ***Υλικό, δείγμα, πείραμα***

Το υλικό του πειράματος που περιγράφεται προέρχεται από διπλωματική εργασία που διεξάχθηκε στο εργαστήριο Χαρτογραφίας της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων ΕΜΠ (Μαρκούτη 2003).

Σχεδιάστηκαν χωροπληθείς χάρτες και συντάχθηκαν ερωτηματολόγια. Οι χάρτες απεικόνιζαν την κατανομή πληθυσμού φανταστικής περιοχής. Για το συμβολισμό των χαρτών χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός των οπτικών μεταβλητών της έντασης και του κορεσμού. Διαμορφώθηκαν πέντε νόμοι μεταβολής της έντασης και του κορεσμού για συμβολισμό τριών και πέντε τάξεων δεδομένων.

Η διαμόρφωση των νόμων έγινε μετά από δοκιμές σε ηλεκτρονικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας το μοντέλο HSB (Hue, Saturation, Value – Απόχρωση, Κορεσμός, Έντασης).

Οι νόμοι μεταβολής έντασης-κορεσμού είναι οι εξής:

- ***Χάρτες τριών τάξεων δεδομένων***

1. Γραμμικός νόμος  $E_v = K_v + 60 - v \cdot 50$

Όπου E: ένταση, K: κορεσμός

Τα σύνολα τιμών των τριών μεταβλητών είναι:  $v = \{0, \dots, k-1 / \text{όπου } k=3 \text{ ο αριθμός των τάξεων}\}$

$K = \{30, 60, 90\}$  και  $E = \{90, 70, 50\}$  (K: βήμα=30)

2. Εκθετικός νόμος  $E_v = K_v^{1,28 - 0,23 \cdot v}$

Τα σύνολα τιμών για τον νόμο αυτών αντίστοιχα είναι:  $v = \{0, \dots, k-1 / \text{όπου } k=3\}$ ,  $K = \{35, 65, 95\}$  και  $E = \{95, 80, 42\}$  (K: βήμα=30)

- ***Χάρτες πέντε τάξεων δεδομένων***

1. Γραμμικός νόμος  $E_v = K_v + 70 - v \cdot 30$

Όπου E: ένταση, K: κορεσμός

Τα σύνολα τιμών των παραπάνω μεταβλητών είναι:  $v = \{0, \dots, k-1 / \text{όπου } k=5 \text{ ο αριθμός των τάξεων}\}$ ,

$K = \{25, 40, 55, 70, 85\}$ ,  $E = \{95, 80, 65, 50, 35\}$  (K: βήμα=15)

2. Εκθετικός νόμος α'  $E_v = K_v^{1,53+0,02 \cdot v^2 - 0,27 \cdot v}$

Τα σύνολα τιμών αντίστοιχα είναι:  $v \in \{0, \dots, \kappa-1\}$  / όπου  $\kappa=5$  }  $K = \{20, 35, 50, 65, 80\}$ ,  
 $E = \{98, 95, 66, 43, 29\}$  (K: βήμα=15)

3. Εκθετικός νόμος β'

Ο δεύτερος εκθετικός νόμος είναι μικτός

$$E_v = K_v^{1,78 + 0,13 \cdot v^2 - 0,61 \cdot v} \text{ για } v = \{0, 1, 2\} \quad E_v = K_v^{1,46 - 0,19 \cdot v} \text{ για } v = \{2, 3, 4\}$$

Τα σύνολα τιμών είναι αντίστοιχα:

$K = \{13, 33, 53, 73, 93\}$ ,  $E = \{96, 94, 73, 46, 24\}$  (K: βήμα=20)

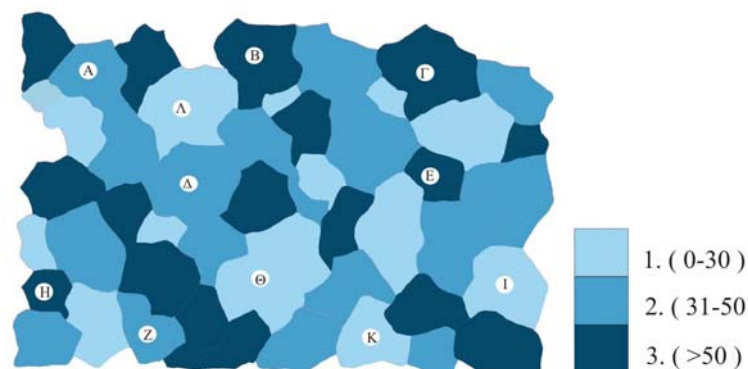
Με βάση τις τιμές απόχρωσης, έντασης και κορεσμού κάθε ένα από τα πολύγωνα του χωροπληθή χάρτη πήρε μια τιμή έντασης Δίπλα σε κάθε χάρτη σχεδιάστηκε υπόμνημα στο οποίο κάθε ένταση στο χάρτη αντιστοιχεί σε μια τάξη δεδομένων (τρεις ή πέντε σε κάθε χάρτη). Σε πολύγωνα των χαρτών δόθηκαν ονόματα για να αποτελέσουν το αντικείμενο αναφοράς των ερωτήσεων που τέθηκαν στα υποκείμενα της έρευνας. Τα κριτήρια στα οποία βασίστηκε η επιλογή των πολυγώνων – περιοχών ήταν: Α) Η μελέτη της επιλεκτικής προσοχής των χρηστών μέσω ερωτήσεων σύγκρισης, ταξινόμησης και αναγνώρισης γειτονικών αλλά και πιο απομακρυσμένων περιοχών Β) Διερεύνηση προβλημάτων που οφείλονται στη στιγμιαία αντίθεση των χρωμάτων.

Η διερεύνηση των νόμων μεταβολής κορεσμού πραγματοποιήθηκε τελικά σε οκτώ χάρτες. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν ως προς την αντίληψη:

- Ο γραμμικός και εκθετικός νόμος σε χάρτες τριών τάξεων με μπλε απόχρωση (Σχήμα 5).
- Ο γραμμικός και δύο εκθετικού νόμοι μεταβολής (α' και β') σε χάρτες πέντε τάξεων με μπλε απόχρωση.
- Ο εκθετικός β' νόμος μεταβολής για τρεις επιπλέον του μπλε αποχρώσεις: πράσινη, κόκκινη και καφέ.

Στα ερωτηματολόγια υπήρχαν τρεις τύποι ερωτήσεων που αφορούσαν:

- Σύγκριση απεικονιζόμενων περιοχών: Από ζεύγη πολυγώνων προσδιορισμός αυτού με τη μεγαλύτερη πυκνότητα.
- Ταξινόμηση πυκνότητας πληθυσμού με βάση το υπόμνημα (ο προσδιορισμός της κατηγορίας που ανήκει το πολύγωνο).
- Αναγνώριση περιοχών μιας συγκεκριμένης κατηγορίας.



Σχήμα 5. Χάρτης τριών τάξεων με εφαρμογή του γραμμικού νόμου

Τα δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 250 φοιτητές της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ το οποίο χωρίστηκε σε οκτώ ομάδες που αντιστοιχούν στους οκτώ χάρτες.

Στον κάθε εξεταζόμενο δινόταν ερωτηματολόγιο. Αρχικά ο εξεταζόμενος διάβαζε τις οδηγίες. Οι χάρτες προβάλλονταν στο Power Point. Ανάλογα με την ομάδα που άνηκε ο εξεταζόμενος έβλεπε στην οθόνη του υπολογιστή τον αντίστοιχο χάρτη και απαντούσε συγχρόνως τις ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο. Ο χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου ήταν 4 λεπτά, χρόνος που προέκυψε μετά από δοκιμές και πληροφορίες από ανάλογες έρευνες (Mersey 1990) έτσι ώστε οι απαντήσεις να είναι αυθόρμητες και να βασίζονται στην αντίληψη.

#### ***Αποτελέσματα, συμπεράσματα***

Ο νόμος μεταβολής έντασης-κορεσμού σε πιο απλούς χάρτες, τριών τάξεων δεδομένων, με μπλε απόχρωση, είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα του χάρτη. Συγκεκριμένα, η άμεση απόκτηση πληροφοριών ήταν σημαντικά καλύτερη σε χάρτες στους οποίους η μεταβολή έντασης-κορεσμού βασίστηκε στον εκθετικό νόμο μεταβολής από ότι στους χάρτες με τον γραμμικό νόμο.

Ο νόμος μεταβολής έντασης-κορεσμού σε πιο σύνθετους χάρτες, πέντε τάξεων, με μπλε απόχρωση, δεν είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα του χάρτη, ωστόσο στο χάρτη με γραμμικό νόμο μεταβολής τα αποτελέσματα στην απόκτηση πληροφορίας ήταν τα χαμηλότερα.

Η επίδραση της απόχρωσης στην αποτελεσματικότητα του χάρτη εξετάστηκε με την εφαρμογή του β' εκθετικού νόμου σε χάρτες τεσσάρων αποχρώσεων. Οι επιδόσεις στην απόκτηση πληροφορίας από χάρτες με κόκκινη, μπλε και καφέ απόχρωση κυμαίνονταν στα ίδια επίπεδα, ενώ στο χάρτη με πράσινη απόχρωση προέκυψαν οι μικρότερες επιδόσεις που ωστόσο δε διέφεραν σημαντικά από τις υπόλοιπες αποχρώσεις.

Συγκρίνοντας τις επιδόσεις σε χάρτες με τον ίδιο γραμμικό νόμο αλλά διαφορετικού αριθμού τάξεων δεδομένων (τριών και πέντε) δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Συγκρίνοντας τις επιδόσεις σε χάρτες με τον ίδιο εκθετικό νόμο αλλά διαφορετικού αριθμού τάξεων δεδομένων (τριών και πέντε) παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά με καλύτερες επιδόσεις στο χάρτη με τρεις κατηγορίες δεδομένων.

Συνοψίζοντας καταλήγουμε ότι ο νόμος μεταβολής έντασης – κορεσμού έχει επίδραση στην αντιληπτικότητα των εντάσεων σε χωροπληθείς χάρτες καθώς και ο αριθμός των ομάδων του χάρτη, συμφωνώντας με τα συμπεράσματα της Mersy (1990).

Οι νόμοι μεταβολής θα πρέπει να διερευνηθούν για αποχρώσεις που να καλύπτουν διαφορετικές κατηγορίες αποχρώσεων όπως οι ψυχρές και οι θερμές, οι ανοικτές και οι σκούρες. Η διερεύνηση σε χάρτες με περισσότερες τάξεις – τουλάχιστον μέχρι επτά- κρίνεται σημαντική, εφόσον αυτός ο αριθμός αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο



όριο στην αντίληψη των εντάσεων. Η οπτική αντιληπτικότητα είναι δυνατόν να μελετηθεί μετρώντας τους χρόνους αντίδρασης των ατόμων. Θα πρέπει επίσης να εξεταστεί ποια ένταση ξεπροβάλλει πιο εύκολα από τις υπόλοιπες σε κάθε απόχρωση και με διαφορετικούς κανόνες μεταβολής.

#### **6.4 Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της έντασης σε σχέση με τον αριθμό ομάδων έντασης**

##### **Σκοπός**

Η επιλεκτικότητα της έντασης σε σχέση με τον αριθμό των εντάσεων που μπορεί να αναγνωρισθεί σε διάφορες αποχρώσεις, ευρέως χρησιμοποιούμενες στους χωροπληθείς χάρτες, εγείρει το ζήτημα του προσδιορισμού των σημείων μεταβολής της έντασης κατά τη μετάβαση από το λευκό μέχρι το πλήρως κορεσμένο χρώμα, καθώς και της διερεύνησης των συνθηκών που την επηρεάζουν.

##### *Υλικό, δείγμα, πείραμα*

Το υλικό του πειράματος που περιγράφεται προέρχεται από διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χαρτογραφίας της Σχολής Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών (Μπενέκου, 2004)

Ο σκοπός για τον οποίο πραγματοποιήθηκε το συγκεκριμένο πείραμα είναι να ελεγχθεί

- ο αριθμός των εντάσεων που μπορεί να διακρίνει το ανθρώπινο οπτικό σύστημα, για κάθε απόχρωση χωριστά και αν αυτός ο αριθμός συμπίπτει για όλες τις αποχρώσεις ή είναι διαφορετικός,
- η επίδραση που έχει στον εντοπισμό της αλλαγής της έντασης η απόχρωση του υποβάθρου της οθόνης (λευκό – μαύρο),
- η επίδραση που έχει στον εντοπισμό της αλλαγής της έντασης ο νόμος μεταβολής (γραμμικός, μη γραμμικός).

Στα προσδοκώμενα αποτελέσματα περιλαμβάνονται:

- ✓ ο προσδιορισμός του σημείου αποχωρισμού κάθε απόχρωσης από το λευκό
- ✓ ο προσδιορισμός του εύρους του πλήρους κορεσμού κάθε απόχρωσης
- ✓ τα σημεία αναγνώρισης της μεταβολής έντασης κάθε απόχρωσης και η έκφρασή τους στο σύστημα RGB.

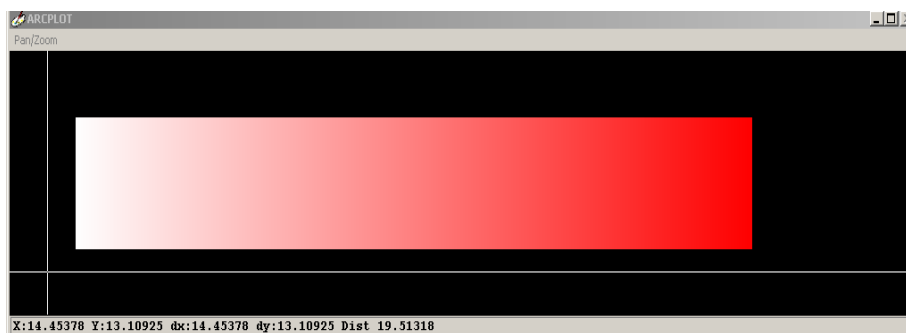
Εξετάστηκαν δέκα διαφορετικές αποχρώσεις, συχνά χρησιμοποιούμενες για την απόδοση δεδομένων σε χωροπληθείς χάρτες όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.

Το πείραμα εκπονήθηκε στο χώρο του Κέντρου Γεωπληροφορικής της Σ.Α.Τ.Μ, με τη βοήθεια λογισμικού που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον ARC/INFO. Συμμετείχαν σε αυτό 30 άτομα – 15 αγόρια & 15 κορίτσια, η πλειοψηφία των οποίων ήταν προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές της ΣΑΤΜ. Η υλοποίηση του πειράματος έγινε σε οθόνη CRT, 17 ιντσών και σε απόσταση περίπου 40 εκατοστών από την οθόνη.

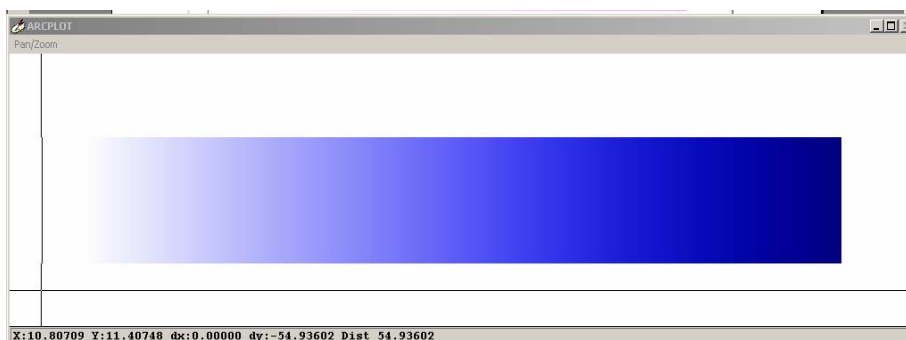
**Πίνακας 7.** Συνιστώσες αποχρώσεων στην κλίμακα RGB

<b>Απόχρωση</b>	<b>R-G-B</b>
κόκκινο (red)	255-0-0
μπλε (blue)	0-0-255
πράσινο (green)	0-255-0
κίτρινο (yellow)	255-255-0
πορτοκαλί (orange)	255-165-0
σκούρο βιολετί (darkviolet)	148-0-211
magenta (magenta)	255-0-255
κυανό (cyan)	0-255-255
σκούρο μπλε (navyblue)	0-0-128
σκούρο πράσινο (darkgreen)	0-100-0

Η εικόνα του πειράματος για κάθε απόχρωση, ήταν μια οριζόντια μπάρα που απεικόνιζε την αλλαγή της έντασης, από το λευκό μέχρι το πλήρες κορεσμένο χρώμα, όπως-ενδεικτικά- παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.



**κόκκινη απόχρωση, μαύρο υπόβαθρο**



**σκούρα μπλε απόχρωση, άσπρο υπόβαθρο**  
**Εικόνα 6.** Το περιεχόμενο της οθόνης του πειράματος

Σε αυτή την εικόνα της συνεχούς μεταβολής, ζητήθηκε από τα υποκείμενα του πειράματος να υποδείξουν (με τη βοήθεια σταυρονήματος) τα σημεία αλλαγής της έντασης.

**Αποτελέσματα, Συμπεράσματα**

Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψαν τα ακόλουθα:.

1. Ο μέσος όρος του αριθμού των εντάσεων που αναγνωρίζει το ανθρώπινο οπτικό σύστημα, ανάλογα με το υπόβαθρο και το νόμο μεταβολής φαίνεται στον Πίνακα 8.

**Πίνακας 8.** Μέσοι όροι αριθμού εντάσεων

	<b>Black lin</b>	<b>Black non</b>	<b>White lin</b>	<b>White non</b>
<b>blue</b>	5	6	6	6
<b>cyan</b>	4	4	4	5
<b>darkgreen</b>	6	6	6	7
<b>darkviolet</b>	6	6	6	6
<b>green</b>	5	5	5	5
<b>magenta</b>	5	5	6	6
<b>navyblue</b>	6	6	6	7
<b>orange</b>	5	6	6	6
<b>red</b>	6	6	7	7
<b>yellow</b>	5	5	5	5

2. Το διάστημα στο οποίο αναγνωρίζεται ο διαχωρισμός της απόχρωσης από το λευκό, είναι μεγαλύτερο σε μαύρο υπόβαθρο από το αντίστοιχο σε λευκό.
3. Για όλες της αποχρώσεις, το εύρος του πλήρως κορεσμένου χρώματος είναι μεγαλύτερο από το εύρος του λευκού. Το μεγαλύτερο εύρος αναγνωρίζεται στο κυανό και ακολουθούν κατά σειρά: κίτρινο, πράσινο, μπλε, ματζέντα, κόκκινο, σκούρο βιολετί, πορτοκαλί, σκούρο μπλε, σκούρο πράσινο.
4. Οι αποχρώσεις υψηλής έντασης (κίτρινο, κυανό, πράσινο), για τα δυο υπόβαθρα και τις δυο μεταβολές, έχουν τον μικρότερο αριθμό παρατηρήσεων.
5. Οι παρατηρήσεις των υποκειμένων είχαν μεγάλη διασπορά, Σε λίγες όμως περιπτώσεις, εκεί όπου ο αριθμός των παρατηρήσεων συμπίπτει με το μέσο όρο του αριθμού έντασης, παρατηρήθηκε κάποια συγκέντρωση τιμών :
  - σκούρο πράσινο σε μαύρο υπόβαθρο - γραμμική μεταβολή
  - κόκκινο σε μαύρο υπόβαθρο - μη γραμμική μεταβολή

- κίτρινο σε μαύρο υπόβαθρο - μη γραμμική μεταβολή
- πράσινο σε μαύρο υπόβαθρο - γραμμική μεταβολή
- σκούρο μπλε σε μαύρο υπόβαθρο - γραμμική μεταβολή

6. Η επιλογή του δείγματος είχε μέγεθος ίσο με 30, από το οποίο το μισό αντιστοιχούσε σε αγόρια και το άλλο μισό σε κορίτσια. Σκοπός αυτής της ίσης κατανομής ήταν να διαπιστωθεί αν υπάρχει διαφορά στην αντίληψη της έντασης μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Από την έρευνα διαπιστώθηκε, εκτός λίγων περιπτώσεων, ότι τα κορίτσια αντιλαμβάνονται μία ένταση παραπάνω.

Με βάση τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής, προτείνεται

- να επεκταθεί η έρευνα συνθήκες χωροπληθούς χάρτη
- να διερευνηθεί εάν τα σημεία αλλαγής της έντασης υπακούουν σε κάποιο μαθηματικό μοντέλο.
- να γίνει έρευνα (επανα)προσδιορισμού των σημείων μεταβολής της έντασης με βάση το μέσο όρο του αριθμού των εντάσεων

Αρκετό ενδιαφέρον θα παρουσίαζε επίσης η περίπτωση όπου ο ίδιος παρατηρητής πραγματοποιούσε το πείραμα κατ' επανάληψη.

### **6.5 Διερεύνηση μεταβλητών που επιτρέπουν την οργάνωση τάξης και την ποσοτική οργάνωση**

Βασική θέση της θεωρίας του Bertin (1983) που βρήκε μεγάλη απήχηση στη χαρτογραφία είναι ότι το επίπεδο αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζει μια οπτική μεταβλητή προσδιορίζει τον τύπο της κλίμακας των δεδομένων τον οποίον η οπτική μεταβλητή μπορεί να απεικονίσει. Σύμφωνα με τον Bertin η οπτική μεταβλητή της απόχρωσης είναι κατάλληλη για την ονομαστική κλίμακα ταξινόμησης των συμβόλων, η ένταση (διατεταγμένη μεταβλητή) υποστηρίζει την οργάνωση τάξης και το μέγεθος (διατεταγμένη και ποσοτική μεταβλητή) υποστηρίζει την οργάνωση τάξης και ποσοτική οργάνωση. Ο MacEahrean (1994) θεωρεί την ένταση οριακά αποτελεσματική για απόδοση ποσοτικής οργάνωσης, ενώ οι Wang and Ormeling (1996) θεωρούν ότι είναι ένα θέμα που χρειάζεται διερεύνηση. Έρευνα ψυχολόγων, των Smith and Sera (1992) έδειξε ότι παιδιά ηλικίας 2 ετών θεωρούν το μεγάλο «περισσότερο» και η θέση αυτή παραμένει σταθερή με την ανάπτυξη. Αντιθέτως, ενώ τα παιδιά ηλικίας 2 ετών θεωρούν το σκούρο γκρι «περισσότερο» και το ανοικτό γκρι «λιγότερο», η θέση αυτή με την ανάπτυξη δεν παραμένει σταθερή. Στην έρευνα, περίπου οι μισοί ενήλικες είχαν αυτή τη θέση.

Με σκοπό την εξέταση κατά πόσον η οπτική μεταβλητή της απόχρωσης ενεργοποιεί νοητικά σχήματα ταξινόμησης της πληροφορίας και οι οπτικές μεταβλητές του μεγέθους και της έντασης νοητικά σχήματα διευθέτησης της πληροφορίας διεξάχθηκαν δύο πειράματα. Στο πρώτο πείραμα συμμετείχαν παιδιά ηλικίας 6-9 ετών και στο δεύτερο πείραμα παιδιά ηλικίας 14-15 και 17-18 ετών. Τα παιδιά και των δύο ηλικιών δεν είχαν τύχει συστηματικής εκπαίδευσης στη σημειολογία των χαρτών. Τα πειράματα επιχείρησαν να καταγράψουν τις «αυθόρμητες» αντιδράσεις τους στις οπτικές μεταβλητές, όταν τα ίδια τα παιδιά καλούνται να πάρουν

χαρτογραφικές αποφάσεις και να συμμετέχουν στο σχεδιασμό θεματικών χαρτών στο στάδιο του συμβολισμού. Οι απαντήσεις των παιδιών αξιολογούνται με βάση τις χαρτογραφικές συμβάσεις για την εφαρμογή των οπτικών μεταβλητών στο συμβολισμό οι οποίες στηρίζονται στη θεωρία του Bertin (1983).

### 6.5.1 Πείραμα Α'

#### Σκοπός

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση:

- Κατά πόσο παιδιά (6-9 ετών), που δεν έτυχαν στο παρελθόν χαρτογραφικής εκπαίδευσης, βασιζόμενα στη διαίσθηση θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις οπτικές μεταβλητές του σχήματος, της απόχρωσης, της έντασης και του μεγέθους, για να αποδώσουν σωστά ποιοτική πληροφορία και πληροφορία της κλίμακας τάξης σε θεματικούς χάρτες οθόνης.
- Ποιες είναι οι προτιμήσεις των παιδιών σε σχέση με τις οπτικές μεταβλητές.

#### Υλικό, δείγμα, πείραμα

Σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε λογισμικό έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στους σκοπούς της έρευνας και όσο το δυνατόν στις ανάγκες και στις εμπειρίες των μικρών μαθητών. Σχεδιάστηκε ένας απλός βασικός χάρτης μεγάλης κλίμακας οικιστικής περιοχής και πέντε ομάδες συμβόλων για κάθε μία από τις οπτικές μεταβλητές: του σχήματος (αφαιρετικό και εικονογραφικό σχήμα), του μεγέθους, της απόχρωσης και της έντασης.

Σε σχέση με τις δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της εξέτασης, παιδιά θα συμμετείχαν στο σχεδιασμό των χαρτών στο στάδιο του συμβολισμού τεσσάρων θεμάτων. Τους ζητούσαν: «Τοποθέτησε τα σύμβολα που προτιμάς για να απεικονίσεις τα ακόλουθα θέματα». Δύο από τα θέματα αφορούσαν ποιοτικά σημειακά δεδομένα και δύο θέματα ποσοτικά δεδομένα τα οποία διαφοροποιούνταν στην κλίμακα τάξης. Τα θέματα ήταν:

- μουσείο, θέατρο και εκκλησία
- σπίτια χαμηλού, μεσαίου και υψηλού ενοικίου
- οικοδομικά τετράγωνα με λίγους, μέτριους και πολλούς κατοίκους
- αστυνομικό τμήμα, πυροσβεστικός σταθμός και νοσοκομείο.

Για κάθε κατηγορία δεδομένων, τα παιδιά θα έπρεπε να συνθέσουν τέσσερις θεματικούς χάρτες στον ηλεκτρονικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας δεδομένες ομάδες συμβόλων και στο τέλος θα έπρεπε να επιλέξουν το χάρτη που κατά τη γνώμη τους απεικονίζει καλύτερα το θέμα.

Η έρευνα διεξάχθηκε σε ιδιωτικό δημοτικό σχολείο της Αθήνας. Επιλέχθηκαν με συστηματική δειγματοληψία 106 μαθητές (ηλικίας 6 με 9 ετών) από έξι τμήματα της πρώτης, δεύτερης και τρίτης τάξης. Θεωρήθηκε ότι οι μαθητές της πρώτης και δεύτερης τάξης που δεν έχουν τύχει καμιάς χαρτογραφικής εκπαίδευσης στο παρελθόν και τα παιδιά της τρίτης τάξης που έχουν πολύ περιορισμένη χαρτογραφική εκπαίδευση ικανοποιούν τους σκοπούς της έρευνας και κυρίως μπορούν να στηρίξουν τη διερεύνηση του πώς οι άνθρωποι βασιζόμενοι στη διαίσθηση ερμηνεύουν τις οπτικές μεταβλητές. Κάθε παιδί εξεταζόταν ατομικά, καθισμένο μπροστά σε προσωπικό υπολογιστή, παρουσία του εξεταστή. Η διαδικασία, για το κάθε παιδί,

διαρκούσε γύρω στα 15 λεπτά. Η ενέργειες των παιδιών καταγραφόταν αυτόματα από το λογισμικό.

### **Αποτελέσματα, Συμπεράσματα**

Από την επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας προέκυψαν τα εξής:

- Στο πρώτο θέμα που αφορά ποιοτικά δεδομένα ποσοστό 64% των παιδιών χρησιμοποίησαν την κατάλληλη οπτική μεταβλητή (52% απόχρωση και 12% γεωμετρικό σχήμα) και απέδωσαν σωστά τα δεδομένα – διαφορετικό σύμβολο για διαφορετικό δεδομένο.
- Στο τέταρτο θέμα, το οποίο αφορά επίσης ποιοτικά δεδομένα 95% απέδωσαν σωστά τα δεδομένα (3% απόχρωση και 92% εικονογραφικό σχήμα).
- Στο τρίτο θέμα του ενοικίου, το οποίο αφορά δεδομένα της κλίμακας τάξης 41% επέλεξαν την κατάλληλη οπτική μεταβλητή και διευθέτησαν σωστά τα σύμβολα (30% το μέγεθος και 11% την ένταση).
- Στο τρίτο θέμα των κατοίκων, το οποίο αφορά δεδομένα της κλίμακας τάξης 50% επέλεξαν την κατάλληλη οπτική μεταβλητή και διευθέτησαν σωστά τα σύμβολα (42% το μέγεθος και 8% την ένταση).
- Η απόχρωση είναι πιο δημοφιλής από το γεωμετρικό σχήμα την ένταση και το μέγεθος και χρησιμοποιείται ακόμη και για δεδομένα της κλίμακας τάξης.
- Το γεωμετρικό σχήμα είναι η λιγότερο δημοφιλής επιλογή ενώ το εικονογραφικό σχήμα η πιο δημοφιλής επιλογή
- Το μέγεθος είναι πιο δημοφιλής οπτική μεταβλητή από την ένταση
- Ανεξάρτητα των τελικών επιλογών ποσοστό 54-79% διευθετεί και εφαρμόζει σωστά το μέγεθος και την ένταση δικαιώνοντας τη θέση του Bertin ότι οι μεταβλητές αυτές από τη φύση τους υπαγορεύουν τη διευθέτησή τους.
- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις επιδόσεις και στις επιλογές αγοριών κοριτσιών στο σύνολο των θεμάτων.
- Συνοπτικά, 15% του δείγματος μπόρεσε να συνθέσει σωστά και τους τέσσερις χάρτες, 37% τους τρεις χάρτες, 32% τους δύο χάρτες και 15% ένα χάρτη. Πλήρη αποτυχία σημείωσε το 1% του δείγματος.

Όπως προέκυψε από την έρευνα οι μαθητές από την πρώτη τάξη του δημοτικού χρησιμοποιώντας κατάλληλα προγράμματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορούν να συμμετέχουν στο σχεδιασμό θεματικών χαρτών στο στάδιο του συμβολισμού. Παίρνοντας τα ίδια αποφάσεις για το συμβολισμό προβληματίζονται και ανακαλύπτουν βασικές χαρτογραφικές αρχές και εκφράζουν τις προτιμήσεις τους.

Γνωστικές δομές που έχουν αναπτύξει τα παιδιά μπορούν να ενεργοποιηθούν στην περίπτωση ενός χάρτη. Μελετώντας τις ενέργειες των παιδιών μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τα γενικά και ειδικά σχήματα χάρτη, όπως ονομάζονται οι γνωστικοί μηχανισμοί που μεσολαβούν μεταξύ του οπτικού ερεθίσματος του χάρτη και των γνωστικών αναπαραστάσεων στη μνήμη.

Οι οπτικές μεταβλητές της απόχρωσης και του σχήματος ενεργοποιούν σχήματα ταξινόμησης ενώ οι οπτικές μεταβλητές του μεγέθους και της έντασης σχήματα διευθέτησης των δεδομένων δικαιώνοντας τις θέσεις του Bertin (1983). Το μέγεθος εφαρμόζεται με μεγαλύτερη επιτυχία για απόδοση της τάξης από ότι η ένταση και το αποτέλεσμα συμφωνεί με την έρευνα των Smith and Sera (1992).

## 6.5.2 Πείραμα Β'

### Σκοπός

Σκοπός είναι η διερεύνηση του πώς παιδιά ηλικίας 14-15 ετών και 17-18 ετών, χωρίς συστηματική εκπαίδευση στη σημειολογία των χαρτών, χρησιμοποιούν σημειακά σύμβολα διαφορετικής απόχρωσης, έντασης και μεγέθους για να αποδώσουν δεδομένα που ταξινομούνται στην ονομαστική κλίμακα και διευθετούνται στην κλίμακα τάξης και ποσοτική κλίμακας σε θεματικούς χάρτες.

### Υλικό, δείγμα, πείραμα

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τρεις χάρτες και δύο ομάδες συμβόλων. Σχεδιάστηκε χάρτης μεγάλης κλίμακας (1:2500) κατοικημένης περιοχής και διαστάσεων 28X33cm οποίος αποτέλεσε το βασικό χάρτη της έρευνας. Σε τρία αντίγραφα του βασικού χάρτη αναγράφηκαν διαφορετικά χαρακτηριστικά πάνω σε κτίρια και προέκυψαν τρεις χάρτες.

- Χάρτης ονομαστικής κλίμακας (Χάρτης Α): Τρία ιεραρχικής κλίμακας χαρακτηριστικά που αφορούν την εκπαίδευση (δημοτικό, γυμνάσιο, λύκειο) και τρία ιεραρχικής κλίμακας χαρακτηριστικά που αφορούν την υγεία (ιατρείο, κλινική, νοσοκομείο).
- Χάρτης κλίμακας τάξης (Χάρτης Β): Τρία χαρακτηριστικά που διευθετούνται στην κλίμακα τάξης και αφορούν την εκπαίδευση (σχολείο με λίγους, σχολείο με πολλούς και σχολείο με πάρα πολλούς μαθητές) και τρία χαρακτηριστικά που διευθετούνται στην κλίμακα τάξης και αφορούν την υγεία (μικρό, μεσαίο, μεγάλο νοσοκομείο).
- Χάρτης ποσοτικής κλίμακας (Χάρτης Γ): Τρία χαρακτηριστικά που διευθετούνται στην ποσοτική κλίμακα και αφορούν την εκπαίδευση (σχολείο με 10, 25 και 20 τάξεις) και τρία χαρακτηριστικά που διευθετούνται στην ποσοτική κλίμακα και αφορούν την υγεία (νοσοκομείο με 50, 150 και 250 κρεβάτια).

Οι δύο ομάδες συμβόλων είναι:

- Η ομάδα συμβόλων (Α-Μ) αποτελείται από τετράγωνα έξι αποχρώσεων: καφέ, μπλε, ιώδες, πράσινο, κίτρινο, κόκκινο, ίσων διαστάσεων – μεγεθών  $10 \times 10 \text{mm}^2$  και από τρεις σειρές συμβόλων διαφορετικών αποχρώσεων (Α): καφέ, πράσινη και μπλε, έξι διαφορετικών διαστάσεων – μεγεθών (Μ) από  $5 \times 5$  μέχρι  $17.5 \times 17.5 \text{mm}^2$ .
- Η ομάδα συμβόλων (Α-Ε) αποτελείται από τετράγωνα έξι αποχρώσεων: καφέ, μπλε, ιώδες, πράσινο, κίτρινο, κόκκινο, ίσων διαστάσεων  $10 \times 10 \text{mm}^2$  και από τρεις σειρές συμβόλων διαφορετικών αποχρώσεων (Α): καφέ, πράσινη και μπλε, ίσων διαστάσεων  $10 \times 10 \text{mm}^2$  και έξι διαφορετικών εντάσεων (Ε) από ανοικτή σε σκούρα.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, για κάθε ομάδα συμβόλων υπήρχαν διαθέσιμα δέκα σύμβολα από το κάθε είδος. Οι χάρτες και τα σύμβολα είχαν πλαστικοποιηθεί.

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 64 μαθητές ηλικίας 14-15 ετών της Γ' Γυμνασίου και 17-18 ετών της Γ' Λυκείου από δύο δημόσια σχολεία της Αθήνας. Κανένας από τους

συμμετέχοντες δεν είχε τύχει χαρτογραφικής εκπαίδευσης το τρέχον έτος. Κάθε μαθητής εξετάστηκε ατομικά σε αίθουσα στο σχολείο του. Ζητήθηκε από το μαθητή να συνθέσει έξι χάρτες χρησιμοποιώντας δύο ομάδες συμβόλων (A-M, A-E). Θα έπρεπε να διαβάσει σε κάθε χάρτη τα χαρακτηριστικά που αναγράφονταν σε αυτόν και να τα συμβολίσει χρησιμοποιώντας τη διαθέσιμη ομάδα συμβόλων. Μισοί από τους συμμετέχοντες άρχιζαν με την ομάδα συμβόλων A-M και συμβόλιζαν τα χαρακτηριστικά στους τρεις χάρτες και στην συνέχεια χρησιμοποιώντας την ομάδα συμβόλων A-E συμβόλιζαν ξανά τα χαρακτηριστικά στους τρεις χάρτες, συνθέτοντας τελικά έξι χάρτες. Οι υπόλοιποι μισοί συμμετέχοντες χρησιμοποιούσαν πρώτα την ομάδα συμβόλων A-E και μετά την A-M. Οι χάρτες δίνονταν με τυχαία σειρά στους μαθητές. Μετά τη σύνθεση κάθε χάρτη ο εξεταστής ζητούσε από το μαθητή να δικαιολογήσει τις επιλογές του. Οι επιλογές και οι απαντήσεις καταγράφονταν.

### **Αποτελέσματα, Συμπεράσματα**

Οι χάρτες των μαθητών αξιολογήθηκαν με βάση την εφαρμογή των οπτικών μεταβλητών για την ταξινόμηση και τη διεύθυνση των χαρακτηριστικών στην ονομαστική κλίμακα, ιεραρχική, κλίμακα τάξης και ποσοτική κλίμακα. Ο Πίνακας 9 αναφέρεται ξεχωριστά στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η ομάδα συμβόλων A-M και A-E χρησιμοποιήθηκαν για την σύνθεση των χαρτών Α, Β και Γ και δείχνει: το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποίησαν την απόχρωση για να ταξινομήσουν τις δύο κατηγορίες (εκπαίδευση και υγεία)· το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποίησαν έξι διαφορετικές αποχρώσεις για τα έξι χαρακτηριστικά (το ποσοστό σε παρένθεση)· το ποσοστό των μαθητών που εφάρμοσαν τις οπτικές μεταβλητές με «άλλο τρόπο» που δε φανερώνει ταξινόμηση των χαρακτηριστικών στην ονομαστική κλίμακα, στις δύο δηλαδή κατηγορίες εκπαίδευσης και υγείας.

**Πίνακας 9** Αποτελέσματα (%) της ταξινόμησης στην ονομαστική κλίμακα

Ομάδες Συμβόλων	Εφαρμογή οπτικής μεταβλητής	Χάρτης Α		Χάρτης Β		Χάρτης Γ	
		14-15 ετών	17-18 ετών	14-15 ετών	17-18 ετών	14-15 ετών	17-18 ετών
A-M	Απόχρωση	56 (+22)	54 (+28)	64 (+3)	75	69 (+3)	71
	Άλλη εφαρμ.	22	18	33	25	28	29
A-E	Απόχρωση	56 (+22)	64 (+14)	67 (+3)	75	69 (+6)	75
	Άλλη εφαρμ.	22	22	30	25	25	25

Ο Πίνακας 10 αναφέρεται ξεχωριστά στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η ομάδα συμβόλων A-M και A-E χρησιμοποιήθηκαν για την σύνθεση των χαρτών Α, Β και Γ. Στην περίπτωση της ομάδας συμβόλων A-M, ο πίνακας δείχνει το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποίησαν: αποχρώσεις στη σειρά των χρωμάτων του φάσματος, σύμβολα ίδιας απόχρωσης και αυξανόμενου μεγέθους, σύμβολα διαφορετικής απόχρωσης και αυξανόμενου μεγέθους, για να αποδώσουν τις τρεις κλίμακες ιεράρχησης των δεδομένων ή εφάρμοσαν άλλο συνδυασμό οπτικών μεταβλητών που δεν προβάλλει τις κλίμακες ιεράρχησης. Στην περίπτωση της ομάδας συμβόλων A-E, ο πίνακας δείχνει το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποίησαν: αποχρώσεις στη σειρά των χρωμάτων του φάσματος, σύμβολα ίδιας απόχρωσης και αυξανόμενης έντασης, σύμβολα διαφορετικής απόχρωσης και αυξανόμενης έντασης, για να αποδώσουν τις τρεις κλίμακες ιεράρχησης των δεδομένων ή εφάρμοσαν άλλο συνδυασμό οπτικών μεταβλητών που δεν προβάλλει τις κλίμακες ιεράρχησης.



**Πίνακας 10.** Αποτελέσματα (%) ιεραρχικής, τάξης και αριθμητικής διευθέτησης

Ομάδες Συμβόλων	Εφαρμογή οπτικής μεταβλητής	Ιεραρχικός (Χάρτης Α)				Τάξης (Χάρτης Β)				Αριθμητικός (Χάρτης Γ)			
		14-15 ετών		17-18 ετών		14-15 ετών		17-18 ετών		14-15 ετών		17-18 ετών	
		Ε	Η	Ε	Η	Ε	Η	Ε	Η	Ε	Η	Ε	Η
Α-Μ	Απόχρωση	6	3	4	7	-	3	-	4	-	3	-	7
	Μέγεθος	36	39	54	36	50	58	68	71	58	64	64	54
	Απόχρ. & Μέγ.	-	-	-	-	6	3	-	4	3	3	-	4
	Άλλη εφαρμ.	58	58	42	57	44	35	27	21	39	30	36	35
Α-Ε	Απόχρωση	8	8	6	7	-	6	-	4	3	-	-	-
	Ένταση	33	31	54	43	56	47	68	57	56	53	64	61
	Απόχρ. & Έντ.	-	-	-	-	6	6	7	7	6	6	-	4
	Άλλη εφαρμ.	58	61	40	50	38	41	25	32	35	41	36	35

Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (περισσότεροι από 68%) χρησιμοποίησαν την οπτική μεταβλητή της απόχρωσης για να ταξινομήσουν τα δεδομένα στην ονομαστική κλίμακα. Ωστόσο και το ποσοστό των μαθητών (18-30%) που δεν συνέδεσαν τις οπτικές μεταβλητές με τις κλίμακες ιεράρχησης είναι σχετικά μεγάλο. Για ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (14-28%) ήταν πιο σημαντικό να δώσουν έμφαση στις διαφορές μεταξύ των έξι χαρακτηριστικών εφαρμόζοντας έξι διαφορετικές αποχρώσεις στην περίπτωση που τα δεδομένα ανήκουν στην ιεραρχική κλίμακα (Χάρτης Α), πιθανόν γιατί η ιεράρχηση δεν είναι τόσο ξεκάθαρη αφού δεν εκφράζεται λεκτικά, σε αντίθεση με τους άλλους δύο χάρτες με δεδομένα στην κλίμακα τάξης και διαστήματος (Χάρτης Β και Γ). Η ιεραρχική κλίμακα είναι στην ουσία κλίμακα τάξης η οποία ωστόσο εκφράζει «κοινωνική τάξη» (status-related) και όχι «ποσοτική» (quantity-related) (Robinson et al. 1995). Για παράδειγμα, ενώ η ιεράρχηση «δημοτικό, γυμνάσιο, λύκειο» εκφράζει «κοινωνική διαβάθμιση», «το μικρό, μέτριο και μεγάλο σχολείο» εκφράζει έμμεσα ποσότητα, αριθμό μαθητών ή αριθμό αιθουσών.

Το μέσο ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποίησαν την απόχρωση για την ταξινόμηση δεδομένων στην ονομαστική κλίμακα στους τρεις χάρτες (Α, Β, Γ) και μέγεθος και ένταση για διευθέτηση των δεδομένων στην κλίμακα τάξης και ποσοτική κλίμακα στους χάρτες Β και Γ απεικονίζεται στο Πίνακα 11.

**Πίνακας 11.** Μέσο ποσοστό (%) εφαρμογής των οπτικών μεταβλητών βάση χαρτογραφικών συμβάσεων

Ετών	Οπτικές μεταβλητές		
	Απόχρωση	Μέγεθος	Ένταση
14-15 ετών	73	58	53
17-18 ετών	76	64	63

Η πλειοψηφία των παιδιών (περίπου 75%) χρησιμοποιούν την απόχρωση για ταξινόμηση των δεδομένων στην ονομαστική κλίμακα. Τα ποσοτικά δεδομένα συμβολίζονται από το 60% των μαθητών με το μέγεθος και από το 58% με την ένταση. Αναμενόταν με βάση τους Smith and Sera (1992) ότι η εφαρμογή του

μεγέθους θα υπερείχε της εφαρμογής της έντασης πράγμα που δεν επιβεβαιώθηκε. Παρατηρήθηκε διαφορά στις επιδόσεις των ομάδων διαφορετικών ηλικιών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (ηλικίας 14-15 και 17-18 ετών) εφαρμόζουν την οπτική μεταβλητή της απόχρωσης για ταξινόμηση δεδομένων ποιοτικά (ονομαστική κλίμακα) και τις οπτικές μεταβλητές του μεγέθους και της έντασης για διευθέτηση δεδομένων στην κλίμακα τάξης και ποσοτική κλίμακας, χρησιμοποιώντας σημειακά σύμβολα σε θεματικούς χάρτες. Η εφαρμογή των οπτικών μεταβλητών ανταποκρίνεται στις βασικές χαρτογραφικές συμβάσεις που στηρίζονται στον Bertin (1983) παρόλο που οι μαθητές δεν τις είχαν διδαχθεί, αποδεικνύοντας έτσι την ενεργοποίηση νοητικών σχημάτων ταξινόμησης από την οπτική μεταβλητή της απόχρωσης και νοητικών σχημάτων διευθέτησης από τις οπτικές μεταβλητές του μεγέθους και της έντασης. Επισημαίνεται βέβαια ότι ο Bertin δε θεωρεί την ένταση κατάλληλη για ποσοτικά δεδομένα, ωστόσο ο MacEachren (1994) τη θεωρεί οριακά αποτελεσματική.

## **7. Γενικά συμπεράσματα**

Τα συμπεράσματα από κάθε μια πειραματική εργασία αναφέρονται στην αντίστοιχη ενότητα. Εδώ αναφέρονται συνοπτικά τα γενικά συμπεράσματα όλης της εργασίας.

Ο διαχωρισμός της αντιληπτικής αντίδρασης που προκαλεί μια οπτική μεταβλητή (π.χ. σε επιλεκτική ή μη επιλεκτική, σε τάξης ή μη τάξης), έτσι όπως προτάθηκε από τον Bertin, είναι απόλυτος. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διεξάχθηκαν στα πλαίσια της έρευνας έδειξαν ότι μεταξύ των δύο άκρων υπάρχει μια συνέχεια.

Χαρακτηριστικά του σχήματος, που σύμφωνα με το Bertin δεν είναι επιλεκτική μεταβλητή, φαίνεται να επηρεάζουν το βαθμό επιλεκτικότητας του. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι: η πολυπλοκότητα του περιγράμματος, ο αριθμός των κορυφών του, οι σχετικές διαστάσεις του (υψος/πλάτος), οι άμορφες επιφάνειες και το εμβαδόν τους και η χωρική συχνότητα που σχετίζεται με το βαθμό εικονικότητας των συμβόλων. Η ανάκληση αφαιρετικών και εικονογραφικών συμβόλων είναι πιο εύκολη από την ανάκληση σύνθετων συμβόλων.

Η απόχρωση είναι επιλεκτική μεταβλητή. Το κόκκινο, πράσινο, κίτρινο και μπλε υποστηρίζουν αποτελεσματικές οπτικές αναζητήσεις, θέση που υποστηρίζεται και από το Wolfe (1994), ο οποίος αναφέρει ότι οι αποχρώσεις αυτές επεξεργάζονται προ-προσοχής. Οι σύνθετες αποχρώσεις παρουσιάζουν μικρότερο βαθμό επιλεκτικότητας από τις βασικές, όταν δεν προκύπτουν από κάποια μοναδική απόχρωση, δηλαδή από απόχρωση που δεν υπάρχει στα περιστασιακά στοιχεία. Η απόχρωση του φόντου επιδρά στην επιλεκτικότητα των αποχρώσεων.

Ο νόμος μεταβολής έντασης-κορεσμού έχει επίδραση στην άμεση ανάκτηση πληροφοριών από χωροπληθή χάρτη, λειτουργία που σχετίζεται άμεσα με την επιλεκτικότητα των μεταβλητών. Η εφαρμογή του νόμου μεταβολής έντασης-κορεσμού στο συμβολισμό των ομάδων δεδομένων του χωροπληθή χάρτη συνέβαλε σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην άμεση ανάκτηση πληροφοριών από ότι η εφαρμογή του γραμμικού νόμου. Επίσης, ο μικρότερος αριθμός ομάδων δεδομένων συνέβαλε θετικά στην αντιληπτικότητα των εντάσεων.

Σε παιδιά των πρώτων τάξεων του δημοτικού, τα οποία δεν έτυχαν χαρτογραφική εκπαίδευση, οι οπτικές μεταβλητές της απόχρωσης και του σχήματος ενεργοποιούν σχήματα ταξινόμησης ενώ οι οπτικές μεταβλητές του έντασης και σε μεγαλύτερο βαθμό του μεγέθους ενεργοποιούν σχήματα διευθέτησης των δεδομένων. Το ίδιο παρατηρείται και σε παιδιά του γυμνασίου και του λυκείου χωρίς ωστόσο να υπάρχει διαφορά μεταξύ έντασης και μεγέθους.

### **8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Η αναίρεση των διχοτομιών στην προσέγγιση της όρασης που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στις θεωρίες και τα μοντέλα των ψυχολόγων ανοίγει ένα μεγάλο θέμα για τους χαρτογράφους, σε σχέση με τις οπτικές μεταβλητές και τα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζουν και κατ' επέκταση, ένα μεγάλο πεδίο έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, υπενθυμίζεται η διάκριση παράλληλων και σειριακών διαδικασιών στη Θεωρία Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών της οπτικής αναζήτησης των Triesman and Gelade (1980), η οποία υποστήριζε ότι η συνδυαστική αναζήτηση είναι πάντα σειριακή ενώ η αναζήτηση χαρακτηριστικού εκτελείται αυτόματα. Οι θεωρίες που ακολούθησαν, της Ομοιότητας των Quilan and Humpherys (1987) και της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης (Guided Search Model) του Wolfe (1989), είτε αναιρούν τη διχοτομία, είτε θεωρούν δυνατή την ταυτόχρονη ύπαρξη και των δύο διαδικασιών (Cave and Wolfe 1990). Ακόμα και ο Julesz (1981), στη δική του θεωρία των textures για την αυτόματη κατάτμηση υφής, αναιρεί την αρχική του πρόταση ότι οι στατιστικές διαφορές 2<sup>ης</sup> τάξης μεταξύ δύο υφών δε δίνουν αυτόματη διάκριση. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος αυτού υποστηρίζουν την αναίρεση των διχοτομιών σε σχέση με το χαρακτηρισμό των οπτικών μεταβλητών (σε επιλεκτικές / μη επιλεκτικές, συνδυαστικές / μη συνδυαστικές, διατεταγμένες / μη διατεταγμένες, ποσοτικές / μη ποσοτικές). Διαπιστώθηκε ότι οι ιδιότητες μιας οπτικής μεταβλητής επηρεάζονται από το εύρος των τιμών που παίρνει η συγκεκριμένη οπτική μεταβλητή σε μια οπτικοποίηση, αλλά και από άλλα χαρακτηριστικά της οπτικοποίησης όπως είναι τα χαρακτηριστικά του υποβάθρου. Κατά συνέπεια θα πρέπει η χαρτογραφική έρευνα να προσδιορίσει αρχικά τους παράγοντες που επηρεάζουν την αντιληπτική δράση κάθε μεταβλητής. Στη θέση των διχοτομιών θα πρέπει να θεωρηθούν συνεχή μέσα και η δράση της οπτικής μεταβολής να τοποθετείται σε αυτή τη συνέχεια.

Διαπιστώθηκε ότι οι εμπειρικές έρευνες για την όραση πραγματοποιούνται σε μη ρεαλιστικές για τη χαρτογραφία συνθήκες. Στις έρευνες αυτές χρησιμοποιείται συνήθως ένα ουδέτερο υπόβαθρο ενώ συνήθως ο χάρτης έχει ένα σύνθετο επίπεδο οργάνωσης. Χαρτογραφικές έρευνες, με αντικείμενο μελέτης τα επίπεδα αντιληπτικής οργάνωσης που υποστηρίζουν οι οπτικές μεταβλητές, είτε γίνονται σε ουδέτερα υπόβαθρα ή σε πολύ απλοποιημένους χάρτες. Από πλευράς χαρτογράφων, η απόκτηση γνώσης για τις ιδιότητες των οπτικών μεταβλητών, θα πρέπει να στοχεύει σε αποτελεσματικότερους χάρτες από άποψη επικοινωνίας με το χρήστη, επομένως οι έρευνες τους θα πρέπει να επεκταθούν σε ρεαλιστικές για τη χαρτογραφία απεικονίσεις, σε χάρτες διαφορετικών επιπέδων οργάνωσης, σε αναλογικούς και ψηφιακούς χάρτες.

Η πιο βασική οπτική μεταβλητή στο χαρτογραφικό συμβολισμό είναι το σχήμα. Όπως προέκυψε από την ανάλυση των ψυχολογικών ερευνών και τη θεωρία της όρασης του Magg, αλλά και από τα πειράματα που έχουν γίνει στα πλαίσια αυτής της εργασίας, υπάρχουν μεγάλες δυσκολίες στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του σχήματος που είναι βασικά στοιχεία, ξεπροβάλλουν αυτόματα από τα υπόλοιπα και εντοπίζονται αμέσως. Ωστόσο, προέκυψαν βασικές ενδείξεις για κάποια χαρακτηριστικά του σχήματος ότι είναι βασικά χαρακτηριστικά και εντοπίζονται αυτόματα από το οπτικό σύστημα όπως π.χ. οι απολήξεις, οι διασταυρώσεις, η αναλογία μήκους/πλάτους. Η αντιληπτική ισχύς αυτών των χαρακτηριστικών σε ρεαλιστικές για τη χαρτογραφία συνθήκες αποτελεί μεγάλο θέμα έρευνας, όπως επίσης και η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των χαρακτηριστικών με το βαθμό αφαιρετικότητας των χαρτογραφικών συμβόλων (αφαιρετικά, σύνθετα και εικονογραφικά σύμβολα).

Η επιλεκτικότητα της απόχρωσης διαπιστώθηκε ότι εξαρτάται από τις διαφορές τιμές της μεταβλητής. Η έρευνα θα μπορούσε να συνεχιστεί εξετάζοντας το βαθμό επιλεκτικότητας διαφορετικών αποχρώσεων, σε φόντα διαφορετικών αποχρώσεων, με πειράματα οπτικής αναζήτησης χρησιμοποιώντας περισπαστικά στοιχεία μιας ή περισσοτέρων αποχρώσεων, εξετάζοντας το φαινόμενο της ασυμμετρίας και της μοναδικότητας (Treisman and Gormican 1988) στην αναζήτηση χαρτογραφικών συμβόλων.

Η επιλεκτικότητα της έντασης διαπιστώθηκε επίσης ότι εξαρτάται από τις διάφορες τιμές της μεταβλητής και από τους νόμους μεταβολής της. Η έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί για περισσότερα χρώματα και διαφορετικούς νόμους μεταβολής της έντασης όπως επίσης και για διαφορετικό αριθμό εντάσεων. Σε σχέση με την ένταση, που χαρακτηρίζεται και ως διατεταγμένη μεταβλητή, θα πρέπει να διερευνηθεί επίσης κατά πόσον διαφορές στις τιμές της μπορεί να οδηγήσουν σε αντίληψη «διαστήματος», για παράδειγμα η πιο σκούρα ένταση αντιστοιχεί σε διπλάσια «ποσότητα» από την ανοικτή ένταση.

Ο κατάλογος των οπτικών μεταβλητών, από επτά που προσδιόρισε ο Bertin, έχει ανέβει στις δέκα (MacEachren 1994) διευρύνοντας το πεδίο έρευνας για τους χαρτογράφους.

Οι έρευνες που διεξάγονται από πλευράς χαρτογράφων σε σχέση με τις οπτικές μεταβλητές θα πρέπει να έχουν ως απώτερο σκοπό τη δημιουργία χαρτογραφικών κανόνων για τη χρήση των οπτικών μεταβλητών στο συμβολισμό.

## **9. Δημοσιεύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος**

Michaelidou, E., Filippakopoulou, V., and Nakos, B. (2004). Children's choice of visual variables for thematic maps. *Journal of Geography*.

Η ανωτέρω εργασία, λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις των κριτών, διορθώθηκε και στάλθηκε για δημοσίευση τον Ιούλιο του 2004 στο περιοδικό *Journal of Geography*.

Filippakopoulou, V., Michaelidou, E., and Nakos, B. (2004). Application of visual variables in portraying nominal, ordinal and numerical data by school students. Proceeding, Symposium 2004, International Geographical Union, Commission of Geographical Education, Glasgow, 11-15 August.

Πετροπούλου, Α. και Φιλιππακοπούλου Β. (2004). Προσέγγιση της οπτικής αντίληψης του σχήματος μέσα από τη θεωρία της όρασης του Marr. Πρακτικά, Γ' Πανελλήνιο Συνέδριο της Hellas GIS "Η Κοινωνία της Γεωπληροφορικής", Αθήνα, 11-12 Μαρτίου.

*Εργασία της Α. Στάμου, με τα αποτελέσματα του πειράματος «Διερεύνηση της επιλεκτικότητας της έντασης σε σχέση με τον αριθμό ομάδων έντασης» και με περαιτέρω επεξεργασία τους, έχει υποβληθεί για δημοσίευση στο περιοδικό Γεωγραφίες'.*

Οι πιο κάτω διπλωματικές και μεταπτυχιακές εργασίες έγιναν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος:

Μαρκούτη, Β. (2003). Διερεύνηση του Νόμου Μεταβολής Έντασης-Κορεσμού και Οπτική Αντιληπτικότητα στους Χωροπληθείς Χάρτες. Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ

Μπενέκου, Δ. (2004). Πειραματική Έρευνα για τον Τρόπο Αντίληψης των Διαφορών Έντασης σε Διάφορες Αποχρώσεις. Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ.

Πετροπούλου Α. (2004). Η Συμβολή Θεωριών και Εμπειρικών Μελετών στην Αντιληπτικότητα του Σχήματος. Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ Γεωπληροφορική, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ.

Πετροπούλου Α. (2002). Η Συμβολή Θεωριών για την Όραση, την Αντίληψη και την Προσοχή στη Χαρτογραφική Έρευνα. Εμπειρική Έρευνα της Επίδρασης της Χωρικής Συχνότητας στην Επιλεκτικότητα του Σχήματος. Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ

Ταρσούλη, Κ. (2002). Εμπειρική Διερεύνηση της Επιλεκτικότητας της Οπτικής Μεταβλητής Απόχρωση σε Διαφορετικά Χρωματικά Υπόβαθρα. Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ

## *Αναφορές*

- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics*. Wisconsin, The University of Wisconsin Press.
- Bunch, R. and Lloyd, R. (2000). The search for boundaries on maps: color processing and map pattern effects. *Cartography and Geographic Information Science*, 27(1), 15-29.
- Cheal, M. and Lyon, D. (1992). Attention in visual search: Multiple search classes. *Perception and Psychophysics*, 52(2), 113-138.
- Chen, L. (1982). Topological structure in visual perception. *Science*, 218, 699-700.
- Donnelly, N., Found, A. and Muller, H.J. (2000). Are shape differences detected in early vision? *Visual Cognition*, 7(6), 719-741.
- Duncan, J. and Humphreys (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96(3), 433-458.
- D'Zmura, M. (1991). Color in visual search. *Vision Research*, 31(9), 951-966.
- Elde, J. and Zucher, S. (1993). The effect of contour closure on the rapid discrimination of two-dimensional shapes. *Vision Research*, 33(7), 981-991.
- Enns, J. (1986). Seeing textons in context. *Perception and Psychophysics*, 39(2), 143-147.
- Green, M (1998). Toward a perceptual science of multimedia data visualization. Bertin and beyond. *ERGO/GERO Human Factors Science*.  
<http://www.ergogero.com/datavis/dviz0.html>
- Foster, D.H. and Cook, M.J. (1989). Categorical and noncategorical discrimination of curved lines depends on stimulus duration, not performance level. *Perception*, 18(4), 519.
- Julesz, B. (1981). Textons, the elements of texture perception, and their interactions. *Nature*, 290, 91-97.
- Julesz, B. (1984). A brief outline of the texton theory of human vision. *Trends in Neuroscience*, 7(2), 41-45.
- Julesz, B. and Bergen, J.R. (1983). Textons, the fundamental elements in preattentive vision and perceptions of textures. *The Bell Systems Technical Journal*, 62, 1619-1646.
- Humphreys, G.W. & Bruce, V (1989). *Visual Cognition: Computational, Experimental and Neuropsychological Perspectives*. London: Erlbaum.
- Kinchla, R.A. and Wolfe, J.M. (1979). The order of visual processing: "Top-down", "bottom-up", or "middle-out". *Perception and Psychophysics*, 25, 225-231.
- Lloyd, R. (1997). Visual search processes used in map reading. *Cartographica*, 34(1), 11-32.
- MacEachren, A.M. (1995). *How Maps Work: Visualization, Representation and Design*. New York, The Guilford Press.
- Marr, D. (1982). *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Marr, D. and Nishihara, H.K. (1976). Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society*, 200, 269-294.

- Mersey, J. (1990). Colour and thematic design: The role of colour scheme and map complexity in choropleth map communication. *Cartographica*, Monograph 41.
- Muller, H.J., Humphreys, G.W., Quilan, P.T., and Riddoch M.J. (1990). Combined feature coding in the form domain. D. Brogan (ed.), *Visual Search*, 47-55. New York, Taylor and Francis.
- Nagy, A.L., και Sanchez, R.R. (1990). Critical color differences determined with a visual search task. *Journal of Optical Society of America*, 7(10), 1995-2001.
- Navon, D. (1977). Forest before the trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Nelson, E.S. (2000). Designing effective bivariate symbols: the influence of perceptual grouping processes. *Cartography and Geographic Information Science*, 27(4), 261-278.
- Nelson, E.S., and Gilmartin, P. (1996). An evaluation of multivariate, quantitative point symbols for maps. In *Cartographic Design: Theoretical and Practical Perspectives*. C.H. Wood and C.P. Keller (eds), New York, Wiley and Sons, 191-200.
- Nelson, E.S., Dow David, Lukinbeal, C., and Farley, R. (1997). Visual search process and the multivariate point symbols. *Cartographica*, 34(4), 19-33.
- Robinson, A.H., Sale, R.D., Morrison, J.L., and Muehrcke, Ph.C. (1995). *Elements of Cartography* (6<sup>th</sup> edition).. New York: John Wiley and Sons.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch and B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and Categorization* (pp. 27-48). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Smith, L.B., and Sera, M.D. (1992). A developmental analysis of the polar structure of dimensions. *Cognitive Psychology*, 24, 99-142.
- Taylor, S. and Badcock, D. (1988). Processing feature density in preattentive perception. *Perception and Psychophysics*, 29(6), 521-534.
- Triesman, A. (1985). Preattentive processing in vision. *Computer Vision Graphics, and Image Processing*, 31, 156-177.
- Treisman, A. (1991). Search, similarity, and integration of features between and within dimensions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(3), 652-676.
- Treisman, A. and Souther, J. (1985). Search asymmetry: A diagnostic for preattentive processing of separable features. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 285-310.
- Treisman, A. and Gormican, S (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Wang, Q., Cavanagh, P., & Green, M. (1994). Familiarity and pop-out in visual search. *Perception and Psychophysics*, 56(5), 495-500.
- Wang, Z. and Ormeling, F. (1996). The representation of quantitative and ordinal information. *The Cartographic Journal*, 33(2), 87-91.
- Wolfe J.M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 2, 202-238.
- Wolfe, J.M. (1998). Visual search. In *Attention*, H.Pashler (Ed.), London, University College London Press.
- Wolfe, J.M. (2000). Visual attention. De Valois KK(ed) *Seeing* 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, CA, Academic Press, p.335-386.
- Wolfe, J.M. and Cave, K.R. (1989). Deploying visual attention: the guided search model. In *AI and the Eye*, Troscianko, T and Blake, A., Eds., 79-103. Chichester, United Kingdom, John Wiley and Sons, Inc..

- Wolfe, J.M., Cave, K.R., and Franzel, S.L. (1989). Guided search: An alternative of the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 15, 3, 419-433.
- Wolfe, J.M., and Freidman-Hill, S.R. (1992). On the role of symmetry in visual search. *Psychological Science*, 3(3), 194-198.
- Wolfe, J.M., Freidman-Hill, S.R., Stewart, M.I., and O'Connell, K.M. (1992). The role of categorization in visual search for orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 3, 419-433.
- Wolfe, J.M. and DiMase, J.D. (2003). Do intersections serve as basic feature in visual search? *Perception*, 32, 645-656.