

Φυσικιστικές προσεγγίσεις της οπτικής  
αντίληψης και η «παρομοίωση της μηχανής»  
στις Γνωστικές Επιστήμες

**Η** ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ένα από τα βασικά ερευνητικά πεδία των Γνωστικών Επιστημών και οι διεπιστημονικές προσεγγίσεις που αναπτύχθηκαν τελευταία οδήγησαν σε νέους προβληματισμούς γύρω από τα θέματα αυτά. Ιδιαίτερα, εκεί που υπήρχε μια καθαρή διαφοροποίηση, μεταξύ της μελέτης του ανθρώπινου οπτικού συστήματος, που απασχολούσε αποκλειστικά τους ψυχολόγους, τους φιλόσοφους και τους νευροβιολόγους, και των προσεγγίσεων στην επεξεργασία εικόνων από τους μηχανικούς, συναντάμε τώρα το πεδίο της Υπολογιστικής Όρασης που συμβιβάζει πειραματικά δεδομένα, ζητήματα ψυχολογικού και φιλοσοφικού περιεχομένου με την κατασκευή μαθηματικών μοντέλων.

Το κείμενο που ακολουθεί είναι ο κοινός παρονομαστής διαφόρων εργασιών, εμπειριών και σχέψεων, που αποτέλεσαν το υπόβαθρο διατριβής,<sup>1</sup> το θέμα της οποίας ήταν η ανάλυση του παλιού και περίφημου προβλήματος της συστατικότητας (constituance), γνωστό από την ψυχολογία της Gestalt, υπό το πρίσμα μιας νέας προσέγγισης. Το χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι ότι τα εργαλεία ανάπτυξης της προέρχονται από

1. N. Vagiatis, *Géométrie différentielle et analyses multi-échelles en vision computationnelle: l'exemple du squelette d'une forme*. mémoire pour le DEA. Sciences Cognitives. EHESS, Παρίσι, 1994.

τις θετικές επιστήμες (που είναι κυρίως η Διαφορική Γεωμετρία μέσω των Διαφορικών Εξισώσεων με Μερικές Παραγώγους), παρά το γεγονός ότι το πρόβλημα είναι κατ' εξοχήν φιλοσοφικό. Στο σημείωμα αυτό θα μεταφέρουμε, κυρίως, το σχετικό προβληματισμό και όχι, τόσο, την εξέταση των μαθηματικών μοντέλων που τον στηρίζουν.

Πριν, όμως, προχωρήσουμε στη διατύπωση του ζητήματος της συστατικότητας, θεωρούμε σκόπιμο να περιγράψουμε το γενικότερο —ίσως, όχι πολύ γνωστό ακόμα— πλαίσιο αυτής της έρευνας. Έτσι, το πρώτο μέρος θα είναι αφιερωμένο σε μια παρουσίαση του χώρου των Γνωστικών Επιστημών. Στη συνέχεια, θα εξεταστεί το θέμα της οπτικής αντίληψης ως μια παραδειγματική περίπτωση, με σκοπό να γίνουν κατανοητές οι γενικές γραμμές της προβληματικής, αφού, στο πλαίσιο αυτής της παρουσίασης, είναι αδύνατον να εξηγηθούν σε βάθος όλες οι έννοιες που τη συνθέτουν. Τέλος, θα προσπαθήσω να αξιολογήσω επιστημολογικά τα φυσικιστικά μοντέλα της οπτικής αντίληψης. Το τελευταίο αυτό μέρος αποκτά ένα γενικότερο ενδιαφέρον, αφού αποπειράται να θίξει καιρία φιλοσοφικά και μεθοδολογικά θέματα.

Στη μελέτη αυτή θα επιχειρήσω να μεταφέρω έναν αρκετά πρωτότυπο προβληματισμό που αναπτύσσεται τελευταία γύρω από τις «επιστήμες του εγκεφάλου», τις λεγόμενες Γνωστικές Επιστήμες. Στο σημείο αυτό, η χρήση του πληθυντικού κάθε άλλο παρά τυχαία είναι, αφού δεν πρόκειται για μια καθιερωμένη επιστήμη, όπως είναι για παράδειγμα η Ατομική Φυσική ή η Μοριακή Βιολογία. Στην προκειμένη περίπτωση, δηλαδή, δεν μπορούμε να πούμε ότι οι Γνωστικές Επιστήμες έχουν φτάσει στο σημείο να διαθέτουν ένα αρκετά μεγάλο σύνολο προτάσεων αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα (δηλαδή κάποιο παράδειγμα με την έννοια του Τ. Κουν<sup>2</sup>). Εδώ υπάρχει απόκλιση απόψεων ακόμα και στις βασικές επιστημολογικές

2. Για την έννοια του παραδείγματος, βλ. Th. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, Σικάγο, The University of Chicago Press, 1962.

αρχές και, επομένως, είναι δύσκολο να δοθεί ένας συνθετικός ορισμός των Γνωστικών Επιστημών. Παρ' όλα ταύτα, θα επιχειρήσω να περιγράψω σύντομα το αντικείμενό τους, να αναζητήσω τις ρίζες τους στην Κυβερνητική και, κυρίως, να δώσω μια εικόνα των διαφόρων επιστημολογικών θέσεων πάνω στις οποίες προχωρούν και συγκρούονται οι ειδικοί.

### I. ΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Οι Γνωστικές Επιστήμες καθιερώνουν, ουσιαστικά, την ίδια τη γνώση ως αντικείμενο επιστημονικής μελέτης και θα πρέπει να επιστημάνουμε εξ αρχής ότι εδράζονται πάνω σε μια καθαρά υλιστική<sup>3</sup> προσέγγιση των φαινομένων που συντελούνται στον εγκέφαλο. Ενώ αυτή η προϋπόθεση δικαιολογεί την εισαγωγή των φυσικών επιστημών για την περιγραφή τέτοιων φαινομένων, δεν καθιστά την επιστημολογική σκέψη περιττή. Δίνει μάλιστα μια νέα ώθηση στην αναλυτική φιλοσοφία ή φιλοσοφία της σκέψης (mind philosophy), η οποία επιδιώκει να ορίσει νέα θεωρητικά πλαίσια και νέες έννοιες. Το κύριο ζήτημα, λοιπόν, για τις Γνωστικές Επιστήμες είναι να διερευνηθούν οι φορμαλιστικές συνθήκες που πρέπει να πληρεί ένα σύστημα, είτε βιολογικό είναι αυτό είτε τεχνητό, ως προς τη δομή του, για να παράγει κάποια γνωστική δραστηριότητα.

3. Εδώ πρέπει να αναφερθούμε στη φιλοσοφική αυτή τοποθέτηση που τη χαρακτηρίζουμε ως υλιστική, συγκρίνοντάς την με τον καρτεσιανό dualισμό. Από τον Καρτέσιο και μετά, το βασικότερο ερώτημα της δυτικής φιλοσοφίας είναι να γνωστοποιηθεί αν σώμα και πνεύμα είναι μια ή δυο διαφορετικές ουσίες (ιδιότητες, επίπεδα περιγραφής, κλπ) και ποια είναι η οντολογική τους σχέση. Ο υλισμός στον οποίο αναφέρομαι ως βασικό θεμέλιο των Γνωστικών Επιστημών είναι η απόρριψη της θέσης, σύμφωνα με την οποία το πνεύμα αποτελεί μια ξεχωριστή ουσία, θέση που συνεπάγεται και μια μορφή μυστικισμού. Να σημειώσουμε αμέσως ότι ο υλισμός δεν είναι απαραίτητα μονισμός που καθιστά την ύλη τη μοναδική ουσία και, στο πλαίσιο αυτό, υπάρχει λόγος για μια συζήτηση γύρω από τη σχέση σώματος και πνεύματος μέσα στην πραγματική εμπειρία. Αυτό το τελευταίο κρίσιμο και λεπτό θέμα αναπτύσσεται στο, Fr. Varela, Ev. Thompson, El. Rosch, *L'inscription corporelle de l'esprit*, Παρίσι, Seuil, 1993, ένα έργο αρκετά ριζοσπαστικό στο χώρο των Γνωστικών Επιστημών.

Έτσι, αντικείμενο προς μελέτη αποτελούν οι βασικές ιδιότητες του εγκεφάλου που διαχωρίζονται ως εξής: η γλώσσα, η αντίληψη, η δράση, ο συλλογισμός. Παρ' ότι οι Γνωστικές Επιστήμες δεν είναι παρά ένα σύμπλεγμα διαφόρων και ποικίλων ερευνών, μπορούμε να διακρίνουμε κάποια στοιχεία που τις χαρακτηρίζουν ως επιστημονική πρακτική. Αυτά είναι, η διεπιστημονικότητα και η σχέση τους με την τεχνολογία.

#### *α. Διεπιστημονικότητα και επίπεδα ανάλυσης*

Στο φάσμα των Γνωστικών Επιστημών ανήκουν γνωστικά πεδία που μπορεί να φανούν κάπως ξένα μεταξύ τους, όπως οι Νευροεπιστήμες, η Γνωστική Ψυχολογία, η Γλωσσολογία, η Τεχνητή Νοημοσύνη και η Φιλοσοφία, τα οποία αλληλοεμπλέκονται, πλέον, μέσω κοινών προβληματισμών, εννοιών και διεπιστημονικών ερευνητικών προγραμμάτων. Έτσι, η διεπιστημονικότητα αποκτά μια οντότητα, αφού ασκείται συστηματικά σαν επιστημονική πρακτική.

Η διεπιστημονική προσέγγιση είναι αναπόφευκτη, όχι μόνο επειδή μπορεί να εμπλουτίσει οποιαδήποτε ανάλυση, αλλά, κυρίως, γιατί υποχρεώνει τον κάθε επιστήμονα σε μια μετριοφρώνα στάση και τον αποτρέπει από απλοϊκές αντιλήψεις γύρω από το οντολογικό status της πραγματικότητας. Θα αναφέρω, απλά, ως παράδειγμα την περίφημη διαμάχη μεταξύ του Μπέρκσον και του Αϊνστάιν το 1922, σχετικά με το ποιος έχει το δικαίωμα να μιλάει για τον Χρόνο. Ο μεν φιλόσοφος αναφερόταν στον υποκειμενικό χρόνο της καθημερινής εμπειρίας, ο δε φυσικός στον αντικειμενικό χρόνο που επιδέχεται τη μέτρηση από τη φυσική. Τελικά ποιος είχε δίκιο; Η δική μας θέση συμπίπτει με αυτή των φαινομενολόγων για τους οποίους, όπως εξηγεί ο Μερλώ Ποντύ, η σκέψη δεν μπορεί να διαχωριστεί από την εμπειρία. Η θέση αυτή υποδηλώνει, εν ολίγοις, ότι ο καθένας σκέφτεται σύμφωνα με αυτό που είναι. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με την έννοια της γνώσης. Αυτό δεν σημαίνει, ωστόσο, ότι θα πρέπει οι Γνωστικές Επιστήμες να θεωρηθούν ως ένα είδος οικουμενισμού, όπου ο καθένας μπορεί να λείει την άποψή του δίχως να δέχεται

κριτική. Χρειάζεται να διαρθρωθούν τα διάφορα πεδία της γνώσης με εγκάρσιες έννοιες. Σε αυτή την προσπάθεια, η διατύπωση ενός ερευνητικού προγράμματος από τον Ντέιβιντ Μαρ<sup>4</sup> είναι σημαδιακή. Το πρόγραμμα αυτό ενσωματώνει τα διάφορα επίπεδα εξήγησης για την περιγραφή κάποιας γνωστικής δραστηριότητας. Τα επίπεδα εξήγησης των φαινομένων της νόησης, όπως τα παρουσιάζει ο Μαρ, είναι τα ακόλουθα :

1. Το βιολογικό, που αφορά στην παρατήρηση των νευροφυσιολογικών μηχανισμών.
2. Το ψυχολογικό, που αφορά στη μελέτη των διαδικασιών αντίληψης, αναπαράστασης, αποθήκευσης.
3. Το υπολογιστικό (computational), που αντιστοιχεί στην κατασκευή αλγορίθμων.
4. Το μαθηματικό, ως γλώσσα περιγραφής πολύπλοκων συστημάτων, που αφορά στην επίδειξη των φορμαλιστικών ιδιοτήτων ενός συστήματος.

Το πρόγραμμα αυτό του Μαρ αντιστοιχεί στο επικρατέστερο ρεύμα σκέψης, το οποίο έχει καθιερώσει το υπολογιστικό μοντέλο ως κυρίαρχο, κυρίως λόγω της ανάπτυξης της Τεχνητής Νοημοσύνης. Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι η έννοια «υπολογιστικό» δεν έχει άμεση αναφορά σε αριθμητικά μεγέθη. Η λέξη «υπολογίζω» προέρχεται από το λατινικό *computare* που σημαίνει σκέπτομαι, θαυμάζω, συλλογίζομαι (*putare*) πράγματα μαζί (*com*). Έτσι, ο όρος υπολογίζω υποδηλώνει κάθε πράξη η οποία μετασχηματίζει, μεταβάλλει και ταξινομεί τις φυσικές οντότητες που παρατηρούμε: τα αντικείμενα ή τις αναπαραστάσεις τους, δηλαδή, τα «σύμβολα».

4. Ο D. Marr ήταν ειδικός στα θέματα επεξεργασίας εικόνων στο Massachusetts Institute of Technology. Πέθανε πρόωρα αφήνοντας ως επιστημονική κληρονομιά το μνημειώδες βιβλίο, *Vision*, Σαν Φρανσίσκο, Freeman, 1982. Χάραξε τις ερευνητικές κατευθύνσεις για μια ολόκληρη γενιά επιστημόνων στο χώρο της όρασης και όχι μόνο. Αν και σήμερα, μερικοί από τους προβληματισμούς του έχουν ξεπεραστεί, παραμένει αναμφισβήτητα ένα σημείο αναφοράς για τις Γνωστικές Επιστήμες.

## 6. Ο ρόλος της τεχνολογίας και το υπολογιστικό μοντέλο

Ο ρόλος της τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αφού αυτή δεν είναι, απλώς, μια τυχαία προέκταση ορισμένων ερευνητικών προγραμμάτων που εμφανίζονται ως μια μελλοντική εφαρμογή θεωρητικών σχημάτων. Εδώ, η τεχνολογία δρα ως ενισχυτής των θεωρητικών μελετών, αφού επηρεάζει άμεσα κοινωνικές συμπεριφορές και πρακτικές (ας θυμηθούμε εδώ την εντυπωσιακή είσοδο των υπολογιστών και της πληροφορικής στις Δυτικές κοινωνίες). Ερωτήματα όπως, «μπορεί μια μηχανή να καταλάβει τη φυσική γλώσσα;» «είναι η νόηση μια επεξεργασία συμβόλων;» «έχουν οι μηχανές άμεση επίπτωση πάνω στη ζωή των ανθρώπων;» έχουν εισβάλει στην καθημερινή επιστημονική πρακτική.

Είναι πλέον αδύνατον να ξεχωριστούν οι Γνωστικές Επιστήμες από τις τεχνολογίες της γνώσης, γεγονός που εξηγεί την κυριαρχία του υπολογιστικού μοντέλου στον επιστημονικό χώρο. Κάτι τέτοιο οδηγεί, ουσιαστικά, στην παρομοίωση του ανθρώπινου εγκεφάλου με έναν υπολογιστή, όπως γίνεται περισσότερο εμφανές και από την ορολογία που έχει καθιερωθεί στη νευροβιολογία, όπου μιλάμε πλέον για software και hardware, για βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μνήμη κλπ. Η κυρίαρχη εικόνα είναι ότι ο εγκέφαλος επεξεργάζεται πληροφορίες. Εξάλλου, η Τεχνητή Νοημοσύνη, παρά την ατυχή της ονομασία, αναπτύχθηκε με βάση αυτούς τους ισχυρισμούς.

Μια τέτοια εικόνα, που παρομοιάζει τον άνθρωπο με μια μηχανή, και με την οποία μπορεί κανείς να απορρήσει για το πώς είναι δυνατόν ένα ανθρώπινο ον με τόσα πολύπλοκα συναισθήματα και επιθυμίες να ανάγεται σε ένα σύνολο ηλεκτρονικών μικροεπεξεργαστών, απαιτεί μεγάλη προσοχή για να κατανοηθεί σε βάθος. Πιστεύω, όμως, ότι ο επιστημολογικός προβληματισμός που προκύπτει από την προσπάθεια σχεδιασμού τεχνητών συστημάτων, τα οποία μπορούν να υποδύονται μερικές ικανότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου, είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Θα δείξω παρακάτω τη μεθοδολογική δύναμη και αξία της παρομοίωσης της μηχανής.

II. ΟΙ ΡΙΖΕΣ: Η ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ

Πριν από 50 χρόνια ξεκίνησε με την Κυβερνητική μια προσπάθεια εξερεύνησης των διαδικασιών της ανθρώπινης νόησης μέσα από μηχανικές περιγραφές. Ορισμένοι μίλησαν για μια επανάσταση στην ιστορία των ιδεών, όπως ο Γκρέγκορυ Μπέιτσον<sup>5</sup> που θεωρούσε την ανάδυση της Κυβερνητικής ως το σημαντικότερο γεγονός του 20ου αιώνα μαζί με τη συνθήκη των Βερσαλιών. Κάτι τέτοιο ενισχύεται και από τη συμβολή του σχεδίου της Κυβερνητικής στη διαμόρφωση των σύγχρονων κοινωνιών. Ως αποτέλεσμα αυτού του ερευνητικού ρεύματος μπορούν να θεωρηθούν τα παρακάτω:

– Η λογική και τα μαθηματικά σαν εργαλεία περιγραφής εισήχθησαν στο πεδίο των επιστημών του εγκεφάλου και της νευροβιολογίας.

– Ο σχεδιασμός της οργάνωσης των συσκευών για την επεξεργασία πληροφοριών. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι βάσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης.

– Η καθιέρωση μιας μεταθεωρίας των συστημάτων που οδήγησε σε νέες θεωρίες για πολλούς κλάδους: η ανάλυση των συστημάτων και η θεωρία ελέγχου στα εφαρμοσμένα μαθηματικά, η φυσιολογία της ρύθμισης και η οικολογία στη βιολογία, η οικογενειακή θεραπεία και η δομική ανθρωπολογία στις κοινωνικές επιστήμες, η θεωρία των παιγνίων και η θεωρία της απόφασης στην οικονομία κλπ.

– Η θεωρία της πληροφορίας, δηλαδή η στατιστική θεωρία του σήματος και των καναλιών επικοινωνίας.

– Τα πρώτα παραδείγματα συστημάτων που αυτο-οργανώνονται.

Το σημαδιακό γεγονός για την Κυβερνητική ήταν μια σειρά δέκα διαλέξεων που έγιναν γνωστές ως διαλέξεις Macy και που διεξήχθησαν από το 1946 έως το 1953 συγκεντρώνοντας μαθηματικούς, βιολόγους, ανθρωπολόγους, μηχανικούς και ψυχολόγους. Στόχος των συναντήσεων αυτών ήταν να

5. Ο Γκρ. Μπέιτσον ήταν παρών ως ανθρωπολόγος στα πρώτα βήματα της Κυβερνητικής στις διαλέξεις Macy. Ύστερα, ήταν από τους πρωτεργάτες της ομάδας του Palo Alto και ασχολήθηκε με την ψυχοθεραπεία.

συζητηθεί η δυνατότητα ανάπτυξης λογικών και μαθηματικών μοντέλων για την περιγραφή των λειτουργιών του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Η περιπέτεια αυτή είχε, ουσιαστικά, ξεκινήσει το 1943 με τη δημοσίευση δύο άρθρων καθοριστικής σημασίας. Το πρώτο είχε τίτλο «Behavior, purpose and teleology» που δημοσιεύτηκε στο *Philosophy of Science* και υπογράφεται από τους Α. Ρόσενμπλου, Ν. Βίνερ, Τζ. Μπίγκελου. Εκεί εξετάζεται, από μαθηματική σκοπιά, ένα βασικό ζήτημα στην επεξεργασία σήματος. Αφορούσε το σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου για τη διόρθωση της τροχιάς ενός πυραύλου προς ένα κινούμενο στόχο.

Ο Α. Ρόσενμπλου παρατηρούσε πάσχοντες από διαταραχές στην κινητήρια συμπεριφορά, οι οποίοι παρουσίαζαν κάποιες ταλαντεύσεις στις χειρονομίες τους, σαν να προσπαθούσαν να διορθώσουν την κίνηση του χεριού τους. Η σημαντική έννοια για την περιγραφή αυτών των φαινομένων είναι αυτή της ομοιοστασίας, η οποία υποδηλώνει τη διαδικασία κατά την οποία ένα βιολογικό σύστημα απαντά στις μεταβολές του περιβάλλοντός του για να κρατηθεί σε μια σταθερή κατάσταση.<sup>6</sup>

Η ιδέα των Βίνερ και Ρόσενμπλου ήταν να απομονώσουν ότι είχαν κοινό αυτοί οι μηχανισμοί, είτε επρόκειτο για τεχνητή συσκευή είτε για ένα ζωντανό σύστημα. Μια ανάλογη προσέγγιση είχαν οι Γουόρεν Μακ Κούλοκ και Γουόρεν Πιτς και την περιγράφουν σε ένα άρθρο με τίτλο, «A logical calculus of ideas immanent in nervous activity». Αντί όμως να θεωρήσουν τον εγκέφαλο ως ένα «μαύρο κουτί», προσπάθησαν να δώσουν μια ιδέα της εσωτερικής του οργάνωσης, εξετάζοντας τη στοιχειώδη μονάδα του: το νευρώνα.

Η βασική τους προϋπόθεση ήταν ότι ο νευρώνας είναι μια μηχανή. Έτσι το μοντέλο απέκτησε και κάποια οντολογική πραγματικότητα, γεγονός που επηρέασε βαθύτατα τα πρώτα βήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης. Έτσι, η εικόνα αυτή του εγκεφάλου ως μηχανή είναι κληρονομιά της Κυβερνητικής. Σήμερα οι επιστήμονες στο χώρο των Γνωστικών Επιστη-

6. Μπορεί κανείς να φανταστεί, π.χ., τον ιδρώτα ως μέσο για τη διατήρηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος.



μών προσπαθούν να κόψουν τον ομφάλιο λώρο που τους συνδέει με αυτή την εικόνα, παρ' ότι η έρευνά τους την έχει ενσωματώσει σε μεγάλο βαθμό.

## II. ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Η ανάμειξη της επιστημολογίας με τις Γνωστικές Επιστήμες είναι πολλαπλή. Πέρα από τη συμβολή της στην ανάδυση του προβληματισμού που τις υποκινεί, η επιστημολογική σκέψη θα μας βοηθήσει να παρουσιάσουμε μια σχετική χαρτογράφηση του χώρου.

### 1. Η γνωστικιστική υπόθεση (*cognitivism*) και τα σύμβολα

Το κυριότερο επιστημολογικό ρεύμα είναι το λεγόμενο γνωστικιστικό, το οποίο αντιπροσωπεύει στο μέγιστο το υπολογιστικό μοντέλο και την «παρομοίωση της μηχανής». Το 1956 ήταν η καθοριστική χρονιά γι' αυτό, όταν έγιναν και δύο συναντήσεις στο Cambridge και στο Dartmouth αντίστοιχα, που συγκέντρωσαν τους Μάρβιν Μίνσκυ, Χέρμπερτ Σιμόν, Τζων Μακ Κάρθου, Νόαμ Τσόμσκι. Κοινή διαίσθηση των τελευταίων ήταν ότι η νόηση είναι κάτι παρόμοιο με την υπολογιστικότητα, δηλαδή, η γνώση μπορεί να οριστεί ως μια σειρά υπολογισμών πάνω σε συμβολικές αναπαραστάσεις. Αυτές οι αναπαραστάσεις, τα σύμβολα, έχουν φυσική οντότητα αλλά και σημασιολογική αξία. Για έναν υπολογιστή, οι υπολογιστικές πράξεις γίνονται πάνω στο φυσικό σχήμα των συμβόλων. Ωστόσο, οι πράξεις είναι σημασιολογικά περιορισμένες από το συντακτικό της συμβολικής γλώσσας που χρησιμοποιείται. Η κεντρική ιδέα των γνωστικιστικών είναι ότι κάτι ανάλογο συμβαίνει με τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Αυτό δεν σημαίνει ότι αγνοούν τη νευροβιολογία του εγκεφάλου, αλλά ότι μπορεί κανείς να θεωρήσει το συμβολικό επίπεδο ανεξάρτητα από τη φυσική πραγματοποίησή του. Το ζήτημα που θα μελετήσει τότε ο γνωστικιστής είναι το πώς τα σύμβολα αποκτούν τη σημασία τους για να μπορεί το σύστημα να συμπεριφερθεί με κατάλληλο τρόπο.

Αν και αυτή η οπτική έχει υπερισχύσει, ακόμη και σήμερα, σοβαρές κριτικές μπορούν να της ασκηθούν. Η πρώτη αφορά στο σειριακό χαρακτήρα της συμβολικής επεξεργασίας, κάτι που είναι τελείως αντίθετο με αυτό που παρατηρείται στο φυσικό επίπεδο των νευρώνων, οι οποίοι οργανώνονται σε δίκτυο με μαζικά παράλληλη επεξεργασία. Η δεύτερη κριτική αφορά στον τοπικό χαρακτήρα της συμβολικής επεξεργασίας, δηλαδή, ότι η μερική απώλεια συμβόλων ή κανόνων επιφέρει σοβαρότατη δυσλειτουργία στο σύστημα.

## 2. Ο συνδετισμός (*connexionnisme*) και οι αναδυτικές ιδιότητες

Το γνωστικιστικό ρεύμα οδήγησε με την Τεχνητή Νοημοσύνη σε «έμπειρα συστήματα» που είχαν στόχο την αντιμετώπιση γενικών προβλημάτων, όπως ο σχεδιασμός ενός «general problem solver» ή η μετάφραση της φυσικής γλώσσας. Αν και έγιναν μερικά βήματα, φαίνεται ότι οι δυνατότητες μιας τέτοιας προσέγγισης απέχουν πολύ από την αρχική της φιλοδοξία, η οποία ήταν να φτάσουν σε επιδόσεις ανάλογες με αυτές ενός ανθρώπινου εμπειρογνώμονα. Τελικά η πιο βαθιά και η πιο θεμελιώδης μορφή νοημοσύνης είναι αυτή του βρέφους που μαθαίνει τη γλώσσα μέσα από καθημερινές και σκόρπιες εκφωνήσεις. Πάντως, είναι γεγονός ότι οι γνωστικιστικές αρχιτεκτονικές είχαν απομακρυνθεί από τη βιολογική βάση της γνώσης. Πάνω σε αυτή την παρατήρηση προχώρησε η συνδετιστική στρατηγική, η οποία λαμβάνει υπόψη της τη δομή του φυσικού υποστηρίγματος της γνώσης.

Σε μια τέτοια αντίληψη οι γνωστικές ικανότητες ενός συστήματος ορίζονται ως οι συνολικές ιδιότητες ενός δικτύου αποτελούμενου από στοιχειώδη συνθετικά (νευρώνες), για τα οποία δίνονται ατομικοί κανόνες και τοπικές αλληλεπιδράσεις. Έτσι, ένα «νευρωνικό δίκτυο», όταν δέχεται κάποιες εξωτερικές παρεμβολές, αυτοοργανώνεται. Εδώ η γνώση δεν βασίζεται στα σύμβολα, αν και μπορούν να ξεπηδήσουν συμβολικές σταθερές σε μακροσκοπικό επίπεδο, ενώ το επίπεδο της φυσικής, δηλαδή των νευρώνων και των αλληλεπιδράσεων τους, θα ήταν το μικροσκοπικό. Αυτό

προσπαθούν να στηρίξουν οι «θεωρίες της ανάδυσης» (emergence), στις οποίες το συμβολικό επίπεδο δεν μπορεί να ανεξαρτητοποιηθεί από το φυσικό. Από εκεί και πέρα, υπάρχει η ακραία αναγωγική θέση (reductionnisme) στην οποία υποστηρίζεται η ύπαρξη ενός ισομορφισμού μεταξύ των δύο επιπέδων. Η τελευταία θέση εκπροσωπείται από την ιδέα ενός «κυττάρου της γιαγιάς» (grand-mother cell) που προτάθηκε ύστερα από το πείραμα των Χιούμπελ και Βίσελ.<sup>7</sup>

### III. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΑΗΨΗΣ

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στο πώς μπορεί να διαγραφεί και μια ενδιάμεση λύση, η οποία να αναγνωρίζει ότι το συμβολικό επίπεδο αναδύεται από το φυσικό επίπεδο και, ταυτόχρονα, να αποδέχεται κάποια αυτονομία του συμβολικού.

Ένα από τα θεμελιώδη ζητήματα γύρω από την αντίληψη, αυτή είναι αυτό της συστατικότητας (constituance) που έχει τεθεί από τους ψυχολόγους της Gestalt<sup>8</sup> στις αρχές του αιώνα και εντάσσεται στη διαλεκτική «σύνολο-μέρος». Στο πλαίσιο της όρασης, το ζήτημα αυτό αντιστοιχεί στο λεγόμενο αντίστροφο πρόβλημα, όπως αυτό διατυπώνεται σήμερα: ένα οπτικό σήμα<sup>9</sup> ερμηνεύεται από το οπτικό σύστημα ως μια εικόνα αποτελούμενη από σημασιολογικά συστατικά.

7. Το «κύτταρο της γιαγιάς» είναι πια κοινοτοπία και παραπέμπει στην εντοπιστική άποψη ως προς τη λειτουργία του εγκεφάλου. Αν επεκτείνουμε την ιδέα του πειράματος των Χιούμπελ και Βίσελ θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε στον εγκέφαλο του υποκειμένου ένα κύτταρο που να ανταποκρίνεται στην εμφάνιση του προσώπου της γιαγιάς του. Τώρα βέβαια, οι νευροβιολόγοι προτιμούν την έννοια της «συνέλευσης κυττάρων της γιαγιάς» αλλά ουσιαστικά, έχει τις ίδιες συνέπειες, αφού στο πρόσωπο της γιαγιάς αντιδρά μια ομάδα κυττάρων.

8. Η γερμανική λέξη, Gestalt σημαίνει μορφή. Για τους ψυχολόγους αυτής της σχολής, η αντίληψη είχε να κάνει με την αίσθηση που προκαλεί η αποτύπωση μιας μορφής πάνω στον αμφιβληστροειδή.

9. Το οπτικό σήμα δεν είναι από μαθηματικής άποψης «ομαλή» συνάρτηση και, κυρίως, δεν επιτρέπει μια γεωμετρική επεξεργασία.

Στην ουσία, υπάρχουν δύο σκέλη στο ζήτημα της συστατικότητας: το πρώτο είναι η ανίχνευση των δομών μέσα στην εικόνα (αντικείμενα, μορφές) που αποτελούν και τα συστατικά, και το δεύτερο είναι η εξακρίβωση των σχέσεων μεταξύ των δομών ως προς το σημασιολογικό βάρος της κάθε δομής.<sup>10</sup> Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι η αναλυτικότητα της επιστημονικής σκέψης που μας οδηγεί στο να ξεχωρίσουμε δύο σκέλη σ' αυτό το ζήτημα δεν σημαίνει πως η πραγματοποίησή τους από κάποιο οπτικό σύστημα γίνεται χωριστά και όχι ταυτόχρονα.

Η συνεισφορά της Gestalt, πέρα από την «ανακάλυψη» αυτού του προβλήματος της συστατικότητας, ήταν να δώσει κάποιες αρχές, αρκετά γενικές και περιγραφικές, οι οποίες θα στόχευαν στην ερμηνεία της αντίληψης των εικόνων. Μια τέτοια πρόταση αν και μπορεί να προσφέρει κάποια προβλεψιμότητα και, ενδεχομένως, μπορεί ακόμα και να πραγματοποιηθεί σ' ένα πρόγραμμα πληροφορικής, ουσιαστικά δεν προσφέρει τίποτα ως προς την κατανόηση του οπτικού συστήματος. Η ανάλυση στη βάση αυτών των αρχών έρχεται σαν μια δικαιολογία a posteriori και με κριτήρια εξωτερικά του συστήματος. Αυτό το σημαντικό ζήτημα, που αναφορικά είναι γνωστό στη φιλοσοφία σαν το ζήτημα του «ανθρωπάκου» (homuncule), θα μας απασχολήσει και στο τελευταίο μέρος αυτής της μελέτης.

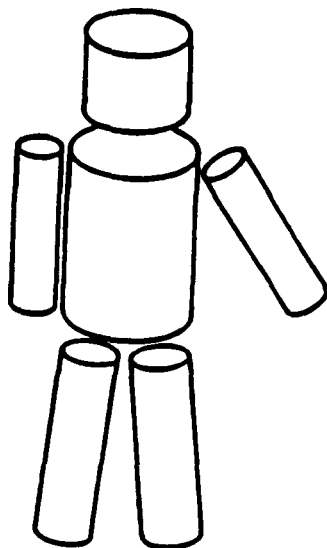
Θα παρουσιάσουμε, στη συνέχεια, κάποια μοντέλα που προέρχονται από τις θετικές επιστήμες και συγκεκριμένα από την Φυσική, τα οποία φαίνεται ότι αποφεύγουν αυτό το πρόβλημα. Είναι πολύ σημαντικό, όμως, να σημειώσουμε ότι τέτοια φυσικιστικά μοντέλα της οπτικής αντίληψης έχουν να επιδείξουν την αυτοματοποίηση της ανάλυσης συστατικότητας των εικόνων.

Βέβαια, το ενδιαφέρον των θετικών επιστημών για τις εικόνες δεν είναι καινούργιο. Η πρόοδος της Πληροφορικής και η έξαρση της Ρομποτικής

10. Το θέμα των σχέσεων μεταξύ δομών είναι καιριο στο χώρο της επεξεργασίας εικόνων για την αντιμετώπιση του θορύβου, δηλαδή κάποιας παρενόχλησης του σήματος, αλλά και σε φιλοσοφικό επίπεδο, αφού είναι αναγκαίο να διερευνηθεί για μια περαιτέρω σημασιολογική ανάλυση.

## ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΑΙ Η «ΠΑΡΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ»

οδήγησαν σε ένα σχέδιο έρευνας που έχει ως αντικείμενο την «τεχνητή όραση». Στις περισσότερες εφαρμογές της επεξεργασίας εικόνων, η βασική προϋπόθεση είναι ότι το σύστημα αναγνωρίζει αντικείμενα, μορφές, που περιέχονται σε κάποια βάση δεδομένων.<sup>11</sup> Μιας και η βάση δεν μπορεί να περιέχει όλα τα αντικείμενα, χρειάζεται να βρεθεί ένα είδος περιγραφής των αντικειμένων, όπως αυτό που πρότειναν οι Μαρ και Νισιχάρα χρησιμοποιώντας γενικευμένους κυλίνδρους (οι οποίοι αποτελούν και τη βάση δεδομένων —βλέπε ΣΧΗΜΑ 1).



ΣΧΗΜΑ 1: Αναπαράσταση ανθρώπινης μορφής με κυλίνδρους· D. Marr, *Vision*, ό.π.

11. Το σύστημα «βλέπει» κάποια αντικείμενα και τα συγκρίνει με αυτά που περιέχονται στη βάση δεδομένων.

Για να μπορέσει όμως μια τέτοια προσέγγιση να φανεί αποτελεσματική, πρέπει να απλοποιηθεί το περιβάλλον και όχι να γενικευτεί το σύστημα. Έτσι, αν αναλογιστούμε τις προσπάθειες στο χώρο της Ρομποτικής οι οποίες χρησιμοποιούν απλοϊκές περιγραφές μορφών (βλέπε ΣΧΗΜΑ 1), είναι προφανές ότι αυτή η ερευνητική κατεύθυνση είναι περιορισμένη και εγείρει ορισμένα ουσιώδη επιστημολογικά προβλήματα: το πρώτο είναι αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω και αφορά στην αδυναμία γενίκευσης του συστήματος. Η χρήση μιας βάσης δεδομένων οδηγεί σε συνδυαστική έκρηξη αν το περιβάλλον δεν είναι προκαθορισμένο. Το δεύτερο συνίσταται στο ότι, από επιστημολογικής πλευράς, ένα τέτοιο μοντέλο δεν μπορεί να σταθεί σε μια προοπτική εξέλιξης του συστήματος. Αδυνατεί να εξηγήσει το πώς χτίστηκε η βάση δεδομένων και δεν ενσωματώνει τη δυνατότητα εκμάθησης νέων δεδομένων. Και, τέλος, αυτή η προσέγγιση ξεχνά τελείως (ή δεν βλέπει) το θέμα της συστατικότητας, αφού προϋποθέτει ότι το σύστημα είναι ικανό να ξεχωρίζει τις αντιλήψιμες μονάδες της εικόνας, κατευθυνόμενο «από πάνω». Αναφερόμαστε στην όραση «υψηλού επιπέδου» (high-level vision) ή σε διαδικασίες top-down.

Πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι αυτή η επιστημονική κατεύθυνση αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη φιλοσοφική κοσμοθεωρία, τη λεγόμενη αντικειμενικότητα της πραγματικότητας, η οποία υποστηρίζει ότι τα αντικείμενα υπάρχουν στον κόσμο ανεξάρτητα από την παρατήρησή τους. Μία τέτοια προσέγγιση έρχεται σε αντίθεση με την καθημερινή μας εμπειρία του κόσμου. Αυτό δεν σημαίνει ότι τέτοιου είδους διαδικασίες για την κατανόηση της γνωστικής δραστηριότητας απορρίπτονται εντελώς: απλώς, επισημαίνουμε ότι υπάρχουν κάποια άλλα γνωσιολογικά «στρώματα» που χρειάζεται να μελετηθούν.

Μια άλλη κατεύθυνση στην έρευνα επιχειρεί να δείξει ότι η ανάλυση συστατικότητας των εικόνων μπορεί να πραγματοποιηθεί κατευθυνόμενη «από κάτω». Τώρα, αναφερόμαστε στην όραση «χαμηλού επιπέδου» (low-level vision) ή σε σύστημα data-driven ή σε διαδικασίες bottom-up. Στα μοντέλα αυτά δεν προϋποτίθεται καμία έμφυτη γνώση του κόσμου από το

σύστημα και τα μοντέλα bottom-up είναι αυτά που θα μας απασχολήσουν αποκλειστικά στη συνέχεια.

Θα πρέπει, όμως, να αναφέρουμε αμέσως ότι ο διαχωρισμός μεταξύ διαδικασιών top-down και bottom-up είναι υπό αμφισβήτηση από μερικούς νευροβιολόγους όπως Φρ. Βαρέλα ο οποίος επιστημαίνει ότι η ροή των πληροφοριών μέσα στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια μιας γνωστικής πράξης δεν συνιστά ένα προφανές φαινόμενο και, μάλιστα, είναι πολύ δύσκολο να αποδειχθεί. Ο Φρ. Βαρέλα τονίζει ότι η συνδετικότητα του νευρωνικού δικτύου είναι πάρα πολύ μεγάλη και ότι για κάθε σύνδεση από μία ζώνη του εγκεφάλου σε μία άλλη υπάρχει και μία προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η μέτρηση των χρόνων αντίδρασης των νευρώνων δεν αρκεί για να διαχωριστούν οι ροές «προς τα πάνω» και αυτές «προς τα κάτω». Ωστόσο αυτή η υπόθεση είναι αρκετά βολική και θεωρώ ιδιαίτερα ενδιαφέρονσα την έρευνα γύρω από τις διαδικασίες bottom-up, διότι προσπαθούν να εξαντλήσουν τις πληροφορίες που μπορούν να μεταφερθούν στο σύστημα χωρίς να επικαλεστούν φαινόμενα υψηλού επιπέδου, όπως η μνήμη ή η εκμάθηση.

Το μεγάλο ενδιαφέρον που παρουσιάζουν τα μοντέλα bottom-up για τη μελέτη του προβλήματος της συστατικότητας είναι ότι βασίζονται σε τοπικές διαδικασίες που περιγράφονται από Διαφορικές Εξισώσεις με Μερικές Παραγώγους (ΔΕΜΠ), όπως στη Φυσική. Παρ' ό,τι δεν είναι σκοπός μου να περιγράψω αναλυτικά τα μαθηματικά μοντέλα, θα επιχειρήσω να μεταφέρω αυτό που αντιπροσωπεύουν οι εξισώσεις, οι οποίες είναι απλώς η περίληψη μιας ανάλυσης που περιλαμβάνει και κάπως «χειροπιαστές» υποθέσεις.

### 1. Τι είναι εικόνα;

Το κάθε μοντέλο είναι μια απλοποίηση και οι εικόνες που εξετάζουμε είναι δυσδιάστατες, μαυρόασπρες και στατικές. Μαθηματικά, εκφράζεται σαν μια συνάρτηση  $I$ , δύο μεταβλητών  $x, y$ , με την οποία σε κάθε σημείο με συντεταγμένες  $(x, y)$  αντιστοιχεί μια τιμή  $I(x, y)$  που αντιπροσωπεύει τη

φωτεινή ένταση, δηλαδή το επίπεδο γκρίζου, στο σημείο (ας φανταστούμε μια εικόνα πάνω σε μια οθόνη που την περιγράφουμε δίνοντας τις αποχρώσεις του γκρίζου, από το 1 έως το 256, σημείο με σημείο ή pixel με pixel). Στην ουσία αυτή η συνάρτηση περιγράφει το αποτέλεσμα μιας μέτρησης του οπτικού σήματος από το οπτικό σύστημα.

## 2. Μια γεωμετρική προσέγγιση

Η θέση που προκρίνεται εδώ συνίσταται στο ότι η γεωμετρία αποτελεί ένα εργαλείο κατάλληλο για να θεμελιώσει μια θεωρία της όρασης, η οποία να είναι συμβατή με τα νευροφυσιολογικά δεδομένα και τα δεδομένα του φλοιού, όσον αφορά στις διαδικασίες στο ύψος του αμφιβληστροειδή, και, παράλληλα, να υπόσχεται αρκετά για την υπολογιστική όραση «χαμηλού επιπέδου».

Η ιδέα είναι ότι υπάρχουν ορισμένες αντικειμενικές γεωμετρικές δομές στον κόσμο και ότι αυτή η γεωμετρία είναι κωδικοποιημένη στο οπτικό σήμα που τη μεταφέρει στο σύστημα. Η γνώση της μορφολογικής διάταξης της εικόνας μέσω της γεωμετρίας μπορεί, κατόπιν, να στηρίξει μια σημασιολογική ανάλυση. Θα πρέπει, ωστόσο, να σημειώσουμε ότι υπάρχουν τελείως διαφορετικές προσεγγίσεις στο ζήτημα της όρασης, όπως είναι η στατιστική προσέγγιση που αντιπροσωπεύει, κυρίως, ο μαθηματικός Ντ. Μάμφορτ. Κατά τον Ντ. Μάμφορτ, ο εγκέφαλος, άρα και το οπτικό σύστημα, επεξεργάζονται μια τεράστια ποσότητα στατιστικών δεδομένων, και, επομένως, αυτό που κάνουν, ουσιαστικά, είναι να ταξινομούν τις νευρωνικές διατάξεις και να πραγματοποιούν συσχετίσεις. Στο σημείο αυτό, αν και δεν θεωρείται επαρκής η σημασία της στατιστικής επεξεργασίας από τον εγκέφαλο, ας σημειώσουμε, προς το παρόν, ότι οι διατυπώσεις των δύο αυτών θέσεων δείχνουν ασυμβίβαστες. Έτσι, λοιπόν, η γεωμετρική προσέγγιση είναι αυτή που θα μας απασχολήσει αποκλειστικά στη συνέχεια.

Για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στη γεωμετρική επεξεργασία, πρέπει να δώσουμε νόημα σε κάποιες πράξεις όπως η εφαρμογή ενός διαφορικού



τελεστή πάνω στο σήμα  $I(x,y)$  που είναι μια «βρώμικη» συνάρτηση. Το πρόβλημα αυτό είναι κακώς τοποθετημένο από μαθηματική άποψη και για να λυθεί αυτό το ουσιώδες ζήτημα, χρειάζεται να εισαχθεί ένας νέος παράγοντας: η κλίμακα (echelle).

### 3. Η έννοια της κλίμακας (echelle)

Το κύριο χαρακτηριστικό των προσπαθειών που περιγράφω είναι το καταστατικό της έννοιας της κλίμακας. Ενώ σε όλες τις επιστήμες υπάρχουν σωπηρές υποθέσεις γύρω από αυτή την έννοια, η κλίμακα έγινε αντικείμενο επιστημονικής μελέτης πολύ πρόσφατα, κυρίως για την περιγραφή των μεταβάσεων φάσης σε σιδηρομαγνητικά μέταλλα. Όπως και να έχει το ζήτημα, οποιαδήποτε θεωρία ενσωματώνει, έστω και ασυνείδητα, κάποιες χαρακτηριστικές κλίμακες των φαινομένων που εξετάζει. Για παράδειγμα, η μηχανική των ρευστών, ως επιστήμη που εξετάζει τη μακροσκοπική συμπεριφορά των ρευστών, αγνοεί τα φαινόμενα στην κλίμακα των σωματιδίων που τα αποτελούν και που είναι και διακριτά σαν δομή.

Σε μια εικόνα όμως, τα αντικείμενα που την αποτελούν μπορούν να έχουν οποιοδήποτε μέγεθος. Οι έννοιες της κλίμακας και της ανάλυσης βασίζομενης στην κλίμακα (analyse multi-echelle) προκύπτουν έτσι τελείως φυσιολογικά, αφού σε μια εικόνα είναι παρούσες πολλές κλίμακες.<sup>12</sup> Π.χ., αν παρατηρώ ένα δάσος, το δέντρο δεν υπάρχει στην κλίμακα των φύλλων του, αλλά ούτε στην κλίμακα του δάσους στο σύνολό του. Σίγουρα, λοιπόν, μια πραγματική θεωρία της όρασης θα πρέπει να συμβιβαστεί με την κλίμακα για να μπορεί να περιγράψει τις φυσικές εικόνες σε όλη την ποικιλία τους. Ένα άλλο επιχείρημα για τη σημασία της έννοιας της κλίμακας προέρχεται από τη νευροφυσιολογία της όρασης. Πρόκειται για τις δομές δεκτικών πεδίων (champ recepteur-receptive field) οι οποίες τείνουν να δείξουν ότι η έννοια της κλίμακας αφορά και στη συσκευή μέτρησης του οπτικού σήματος.

12. Από τους πρώτους που επισήμαναν τον πρωταρχικό ρόλο της κλίμακας στο χώρο της όρασης ήταν ο Ολλανδός Jan Koenderink, στο θεμελιώδες άρθρο, «The Structure of Images». *Biological Cybernetics*, 50 (1984), σσ. 363-370.

#### 4. Τα βιολογικά δεδομένα

Το οπτικό σήμα που «χτυπά» το μάτι μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα στο πέρασμά του από τον αμφιβληστροειδή. Έπειτα μεταφέρεται από το οπτικό νεύρο στο έσω γονατώδες σώμα και από εκεί στην περιοχή V1 που είναι ο πρωτογενής οπτικός φλοιός. Εδώ μας ενδιαφέρει αποκλειστικά η επεξεργασία που γίνεται στο ύψος του αμφιβληστροειδή. Να αναφέρω ότι ο αμφιβληστροειδής αποτελείται από τρία στρώματα κυττάρων, τα οποία συνδέονται και από οριζόντια κύτταρα που συμμετέχουν σε μια σημαντική λειτουργία, η οποία είναι η ολοκλήρωση των πληροφοριών.

Από τα 120 εκατομμύρια φωτοδεκτικά κύτταρα στην είσοδο του αμφιβληστροειδή μόνο το ένα εκατομμύριο βρίσκεται στην έξοδό του και αποτελεί τις ίνες του οπτικού νεύρου. Αυτή είναι και η πρώτη ουσιώδης παρατήρηση που αφορά στη βιολογία του οπτικού συστήματος και που θα είναι ένα βασικό κριτήριο για την αξιολόγηση των μοντέλων: δηλαδή, η συμπίεση της πληροφορίας.

Τώρα όσον αφορά στην πράξη της ολοκλήρωσης, δηλαδή το πώς ένα κύτταρο «μαθαίνει» για την πληροφορία που δέχονται οι γείτονές του, κάποιες πειραματικές παρατηρήσεις αποκάλυψαν τις δομές δεκτικών πεδίων. Αυτές είναι παρούσες στα διάφορα στάδια της οπτικής επεξεργασίας. Ιδιαίτερα, όμως, σε κάθε νευρώνα ενός εσωτερικού στρώματος του αμφιβληστροειδή, αντιστοιχεί μια κυκλική περιοχή στην εξωτερική επιφάνεια που την αποκαλούμε δεκτικό πεδίο.

Για να αποφύγουμε τις λεπτομέρειες, θα αναφέρουμε απλώς ότι οι νευροφυσιολόγοι τούς αποδίδουν ένα διπλό ρόλο που είναι ταυτόχρονα γεωμετρικός και υπολογιστικός. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα δεκτικά πεδία μπορούν να ερμηνευτούν σαν φίλτρα, τα οποία δρουν πάνω στο φυσικό σήμα που είναι η εικόνα. Αυτό που ενισχύει την ιδέα της κλιμακωτής ανάλυσης είναι ότι τα δεκτικά πεδία έχουν διάφορα μεγέθη.

### 5. Το μοντέλο και η εξίσωση διάχυσης

Αυτή η προσέγγιση προέρχεται από τους φορμαλισμούς της Φυσικής. Η κλίμακα εμφανίζεται ως παράμετρος μιας διαδικασίας που πραγματοποιεί μια τοπική ανάλυση της εικόνας σύμφωνα με κάποιους νόμους αρκετά γενικούς. Οι διαδικασίες αυτές δεν αντιστοιχούν σε παρατηρήσιμα φυσικά φαινόμενα, αλλά περιγράφουν μια ανάλυση της εικόνας.

Δεν θα περιγράψω αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο φτάνει κανείς στην εξίσωση διάχυσης. Θα δώσω απλά τις βασικές ιδέες, έτσι όπως τις διατύπωσε ο Λ. Φλόρακ<sup>13</sup> το 1993, αν και υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις, αλλά όχι τόσο πολύ εμπνευσμένες από την Φυσική. Πρώτα απ' όλα πρέπει να επισημάνω ότι πρόκειται για μια σκέψη γύρω από τη συσκευή μέτρησης, είτε αυτή είναι μια κάμερα CCD είτε είναι ο αμφιβλήττρος. Το φυσικό υπόστρωμα της συσκευής είναι ένα σύνολο αισθητήρων που πραγματοποιούν τη μέτρηση. Το ζήτημα είναι να κατανοηθεί πώς οι πληροφορίες που συλλέγουν οι αισθητήρες, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, μπορούν να δομηθούν, ώστε να χρησιμεύσουν σε μια ενδεχόμενη ανάλυση συστατικότητας.

Η κλίμακα εμφανίζεται για τον ορισμό μιας περιοχής ολοκλήρωσης της πληροφορίας σε ένα σημείο. Το γεγονός ότι οι περιοχές αυτές επικαλύπτονται, επιτρέπει τον ορισμό μιας τοπολογίας, δηλαδή μιας γεωμετρίας. Τελικά, μιας και συσχετίζεται με το μέγεθος των φυσικών ανοιγμάτων, η έννοια της κλίμακας θεμελιώνεται από τη μέτρηση που γίνεται πάνω στην εικόνα.

Μια σειρά από περιορισμούς φυσικής φύσεως, οι οποίοι ασκούνται πάνω στο είδος της ανάλυσης, οδηγούν τελικά στην εξίσωση διάχυσης. Χωρίς να εκθέσουμε τις λεπτομέρειες αυτών των περιορισμών, θα αναφερθούν κάποιοι από αυτούς, προκειμένου να καταδειχθεί η γενικότητά τους, όπως π.χ. προσδιορίζουμε την ανάλυση ως ανεξάρτητη από τα φυσικά χαρακτηριστικά

13. Luc Florack, *The Syntactical Structure of Scalar Images*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης, 1993.

της συσκευής μέτρησης. Επίσης, μια σημαντική συνθήκη είναι η μη-αντιστρεψιμότητα της ανάλυσης κατά την αύξηση της κλίμακας, πράγμα πολύ διαισθητικό, αφού η πράξη του zoom-out οδηγεί αναπόφευκτα σε μια απώλεια πληροφοριών.

Έτσι, οι πιο γενικοί περιορισμοί, αν κάνουμε την υπόθεση ότι η ανάλυση δεν έχει καμιά λοξότητα (με την έννοια ότι δεν ευνοεί καμία δομή στις εικόνες, όπως είναι οι άκρες των αντικειμένων) —μιλάμε επίσης για καθολική επεξεργασία (traitement universel)— οδηγούν σε μια ΔΕΜΠ πολύ γνωστή από την Φυσική: πρόκειται για την εξίσωση διάχυσης στην πιο απλή της μορφή:

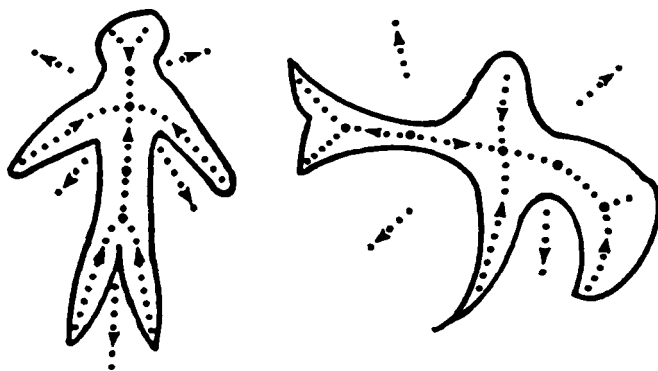
$$\frac{\partial I}{\partial t} = \Delta I$$

Η τελευταία είχε διατυπωθεί πρώτα από τον Φουριέ το 1821 στο «Traité analytique de la chaleur», όπου εξετάζει τη διάχυση της θερμότητας κατά μήκος μιας μεταλλικής ράβδου. Μεταφορικά μπορούμε να πούμε ότι αυτή η ΔΕΜΠ εξισώνει τη χρονική εξέλιξη της θερμοκρασίας σε ένα σημείο με το μέσο όρο της θερμοκρασίας σε μια μικρή περιοχή γύρω απ' αυτό το σημείο. Η διαδικασία της διάχυσης τείνει, λοιπόν, στην ομαλοποίηση της συνάρτησης. Η σημαντική διαφορά είναι ότι εδώ η παράμετρος  $t$  δεν αντιπροσωπεύει το χρόνο, αλλά συνδέεται με την κλίμακα οπότε δεν περιγράφει μια φυσική διαδικασία αλλά μια διαδικασία απλοποίησης της εικόνας. Το φυσικό σχήμα (format physique) μιας εικόνας  $I$  αποτελείται από το σύνολο των εικόνων στις διάφορες κλίμακες  $I(x,y,t)$  που είναι η λύση της εξίσωσης διάχυσης με αρχική συνθήκη την αρχική εικόνα.

### 6. Η ανάλυση του σκελετού μιας μορφής

Η εφαρμογή ενός σχήματος διάχυσης πάνω σε μια εικόνα δεν ανιχνεύει δομές, αλλά περιγράφει τη δομή των πληροφοριών. Η ανάλυση συστατικότητας προϋποθέτει ότι διαθέτουμε μια θεωρία για την περιγραφή των

μορφών.<sup>14</sup> Το ζήτημα, όμως, είναι ποιες δομές πρέπει να ευνοηθούν. Για να βρεθούν τα συστατικά της εικόνας, θα πρέπει η ανάλυση να εκπληρώσει την ανίχνευση των άκρων και των αξόνων συμμετρίας των μορφών. Οι άξονες συμμετρίας εντοπίζονται με βάση την άκρη της μορφής, όπως δείχνουν τα παραδείγματα στο ΣΧΗΜΑ 2:



ΣΧΗΜΑ 2: Παραδείγματα σκελετών για επίπεδες μορφές (Χ. Μπλουμ).<sup>15</sup>

Όντως, η μελέτη των αξόνων συμμετρίας μιας μορφής αποτελεί κατάλληλο τρόπο περιγραφής των σχέσεων σύνολο-μέρος. Πρόκειται για μια σχηματική περιγραφή της μορφής σαν μονοδιάστατο γράφημα. Έτσι, τα σημαντικά προτερήματα των περιγραφών που είναι βασισμένες στους άξονες συμμετρίας (χρησιμοποιείται επίσης ο όρος σκελετός) μιας μορφής είναι τα εξής:

14. Η έννοια της μορφής αντιστοιχεί εδώ στη χρήση που έκαναν οι ψυχολόγοι της Gestalt. Βλ., σχετικά, J. Petitot. «Forme». *Encyclopaedia Universalis*, 1989, XI, σσ. 712-728, και όχι στην κοινή χρήση που γίνεται στο χώρο της επεξεργασίας εικόνων με τη λεγόμενη «αναγνώριση μορφών» (reconnaissance de formes).

15. H. Blum, «Biological Shape and Visual Science». *Journal of Theoretical Biology*, 38 (1973), σσ. 205-287.

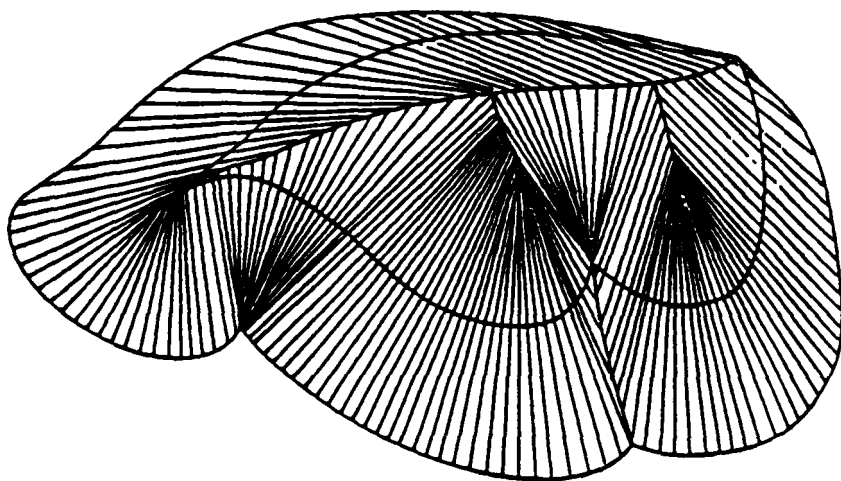
– Ο σκελετός μιας μορφής αποτελεί μια συμπυκνωμένη αναπαράστασή της. Αυτό το κριτήριο είναι πολύ σημαντικό για την ποιοτική αξιολόγηση της ανάλυσης.

– Μια τέτοια περιγραφή είναι ευέλικτη και «κατευθυνόμενη από κάτω». Βασίζεται σε τοπικές χαρακτηριστικές των άκρων της μορφής (όπως δείχνουν οι μαθηματικοί ορισμοί, οι οποίοι όμως δεν παρατίθενται εδώ). Μπορούν να περιγραφούν σαν διαδικασίες, με βάση την αναλογία με την Φυσική. Να σημειώσουμε εδώ ότι ο σκελετός μπορεί να ερμηνευτεί ως μια δυναμική μορφή. Αν θεωρήσουμε ότι το κάθε σημείο πάνω στην άκρη της μορφής είναι μια πηγή που εκπέμπει ομοιογενή και ισότροπο κυματικό μέτωπο, τότε ο άξονας συμμετρίας ορίζεται ως η περιοχή σύγκρουσης της διάδοσης των κυμάτων (αντιστοιχεί μια ΔΕΜΠ). Μπορούμε, επίσης, να αναπαραστήσουμε οπτικά αυτή την περιγραφή με μια επιφάνεια που προκαλείται από τη διάδοση (βλ. ΣΧΗΜΑ 3). Οι κορυφογραμμές της επιφάνειας αποτελούν και το σκελετό της μορφής.

– Ο σκελετός έχει, επίσης, μια ψυχολογική σημασία. Υπάρχουν κάποιες εικασίες (οφείλονται στον Μπλουμ) που εμφανίζουν τις δομές σκελετού ως καθοριστικές για τη σύνδεση ανάμεσα σε αντίληψη και πράξη. Πιο πρόσφατα, ο Μ. Λέιτον<sup>16</sup> υπογράμμισε τη σημασία των αξόνων συμμετρίας, προσθέτοντας ότι οι μηχανισμοί που βρίσκονται από πίσω είναι θεμελιώδεις, όχι μόνο για την οπτική αντίληψη, αλλά, γενικότερα, για κάθε γνωστική διαδικασία. Ο Λέιτον δείχνει πώς αυτοί οι άξονες μπορούν να θεμελιώσουν μια ψυχολογική θεωρία της γνώσης που να μην είναι καθαρά αντιληπτική, αλλά που να βασίζεται σε δυναμικές ανακατασκευές.

Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι οι περισσότερες μελέτες για το σκελετό προηγήθηκαν των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούν την κλίμακα. Ο λόγος για τον οποίο είχαν μικρή απήχηση είναι ότι πρόκειται για δομές ιδιαίτερα ασταθείς (με την έννοια ότι μια πολύ μικρή παρεμβολή στο άκρο της μορφής μπορεί να δημιουργήσει άξονες παρασιτικούς), πράγμα που

16. M. Leyton. *Symmetry, Causality, Mind*, Μασσαχουσέτη, MIT Press, 1992.



ΣΧΗΜΑ 3: Επιφάνεια που προκαλεί η διάδοση (από τον Blum, 1973). Η άκρη της μορφής διαδίδεται με σταθερή ταχύτητα προς το εσωτερικό της, ο κάθετος άξονας είναι ο χρονικός άξονας.

τις έκανε πρακτικά άχρηστες. Τώρα, πλέον, στο πλαίσιο των πολυκλίμακων αναλύσεων, αυτές οι δομές μπορούν να σταθεροποιηθούν και, μάλιστα, να προσφέρουν πληροφορίες για τις ιεραρχικές σχέσεις μεταξύ δομών.

#### 7. Η ψυχολογική ερμηνεία της εξίσωσης διάχυσης (Μ. Λέιτον, 1992)

Το πρόγραμμα της υπολογιστικής όρασης έχει επικεντρωθεί, παραδοσιακά, γύρω από το αντίστροφο πρόβλημα που είναι αυτό της ανασύστασης του εξωτερικού τρισδιάστατου κόσμου πάνω στη βάση, δισδιάστατων εικόνων του αμφιβληστροειδή. Τότε, το ζήτημα για το οπτικό σύστημα είναι να συνάγει τη δομή του περιβάλλοντος. Ιδιαίτερα, στη λεγόμενη, οικολογική προσέγγιση του Γκίμπσον<sup>17</sup> σκοπός της αντίληψης είναι να ανοικοδο-

17. J.J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Βοστώνη, Houghton-Mifflin, 1979.

μήσει τις επιφάνειες του φυσικού κόσμου. Ο Λέιτον προτείνει μια άλλη προοπτική πάνω στην όραση, τη ριζική υπολογιστική όραση, όπως την αποκαλεί, σύμφωνα με την οποία η αντίληψη αποτελεί μια δυναμική ανακατασκευή. Για τον Λέιτον, κάθε στατική εικόνα είναι το αποτέλεσμα αιτιωδών αλληλεπιδράσεων στις οποίες το αντιληπτικό σύστημα δεν παραβρέθηκε, αλλά τις ανοικοδομεί. Είναι εύκολο να φανταστεί κανείς τέτοιου είδους μηχανισμούς για σκληρές της καθημερινής ζωής στις οποίες ξέρουμε να αποδώσουμε νόημα. Το ζήτημα, λοιπόν, είναι να αφαιρέσει κανείς το χρόνο από εικόνες που βρίσκονται στο παρόν. Κατά τον Λέιτον κάπως έτσι θα έπρεπε να προσεγγιστεί το ζήτημα της μνήμης: αυτό που ονομάζουμε μνήμη είναι ένα φυσικό αντικείμενο στο παρόν, που κάποιος παρατηρητής ερμηνεύει ως κάτοχος μιας πληροφορίας για το παρελθόν.

Για να τεκμηριώσει αυτή τη θέση, ο Λέιτον έδειξε πως μια στατική μορφή μπορεί να κατανοηθεί ως αποτέλεσμα μιας δυναμικής διαδικασίας. Η ιδέα του ήταν ότι τα ακρότατα καμπύλης και οι ιδιότητες συμμετρίας είναι τα βασικά στοιχεία για να ανασυσταθεί η ιστορικότητα μιας μορφής. Έτσι, κάθε φυσική μορφή, όπως είναι ένα σύννεφο, ένα έμβρυο, ένας όγκος, είναι το προϊόν μιας εξέλιξης.

Η σχέση μεταξύ των δύο εννοιών διαφωτίστηκε από το θεώρημα της δυαδικότητας μεταξύ καμπύλης και συμμετρίας του Λέιτον: σε κάθε ακρότητα καμπύλης μιας επίπεδης και ομαλής καμπύλης αντιστοιχεί ένας μοναδικός άξονας συμμετρίας (βλ. ΣΧΗΜΑ 4).

Το πρόγραμμα για να βρεθούν οι διαδικασίες συγκρότησης της μορφής περιέχει δύο βήματα. Πρώτα, πρέπει να βρεθούν οι ακρότητες καμπύλης, διότι έχουν ψυχολογική σημασία για την οπτική περιληψη μιας μορφής. Η επόμενη αρχή αλληλεπίδρασης βοηθά στην κατανόηση του είδους των διαδικασιών που επέδρασαν πάνω σε μια μορφή κατά την εξέλιξή της: Οι άξονες συμμετρίας μιας μορφής ερμηνεύονται ως οι κύριες κατευθύνσεις κατά μήκος των οποίων είναι πιθανόν να επιδράσουν οι διαδικασίες συγκρότησης της μορφής. Με άλλα λόγια, οι συμμετρικοί άξονες μπορούν να ερμηνευτούν ως τα ίχνη που αφήνουν οι διαδικασίες (η μνήμη των διαδικασιών).





ΣΧΗΜΑ 4: Εικονογράφηση της δυαδικότητας μεταξύ καμπύλης και συμμετρίας: το  $M$  είναι ένα μέγιστο της καμπύλης, ενώ το  $m_1$  και το  $m_2$  είναι ελάχιστα της καμπύλης.

Είναι αρκετά σημαντικό να παρατηρηθεί ότι ο Λέιτον πραγματοποίησε αυτό το πρόγραμμα για μορφές που τις είχε ταξινομήσει κατά ποιοτικό είδος και που είχαν μέχρι και οκτώ ακρότητες καμπύλης. Έδειξε ότι υπάρχει μια πραγματική γραμματική των διαδικασιών εξέλιξης μιας μορφής. Παρουσίασε, κατ' αρχάς, τις στοιχειώδεις διαδικασίες και, ύστερα, απέδειξε ότι το πέρασμα από μία μορφή στην άλλη μπορούσε να περιγραφεί ως μια σειρά από στοιχειώδεις διαδικασίες. Το πρόβλημα που προκύπτει σε μια τέτοια γραμματική είναι ότι μπορεί να υπάρξουν διαφορετικές ιστορίες που είναι πιθανές για μια ίδια μορφή. Στην ουσία, όμως, μόνο μία αντιστοιχεί σε μια «φυσική εξέλιξη». Ο Λέιτον υποδεικνύει έναν περιορισμό για να περιορίσει τις δυνατότητες για τη σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι διάφορες διαδικασίες. Προτείνει να συνδεθεί το μέγεθος κάθε δομής με το χρόνο και αναφέρεται σε μια size-is-time heuristic.

Έχουμε, λοιπόν, μια ψυχολογική ερμηνεία της εξίσωσης διάχυσης που περιγράφει μια φυσική διαδικασία απλοποίησης, η οποία είναι αντίστροφη μιας μορφογένεσης. Άρα μια τέτοια διαδικασία επιτρέπει την ανασύσταση της ιστορίας της μορφής με βάση την παρούσα κατάστασή της. Σε μια τέτοια προοπτική, η παράμετρος  $t$  πρέπει να θεωρηθεί ως χρονική παράμετρος.

III. ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

Τα μοντέλα της οπτικής αντίληψης που περιγράψαμε εντάσσονται στο πρόγραμμα του Μαρ, αφού λαμβάνουν υπόψη τους τα διάφορα επίπεδα ανάλυσης (ψυχολογικό, βιολογικό, υπολογιστικό, μαθηματικό). Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα μπορεί να θεμελιώσει ένα ολοκληρωμένο (;) μοντέλο όρασης. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι στο μαθηματικό μοντέλο που οδηγεί σε μια υπολογιστική έκφραση με την εξίσωση διάχυσης, συναντήσαμε τόσο μια βιολογική ερμηνεία (ο συνδυασμός της έννοιας της κλίμακας με το μέγεθος των δεκτικών πεδίων του αμφιβληστροειδούς), όσο και μια ψυχολογική ερμηνεία, αυτήν που προτείνει ο Λέιτον, σύμφωνα με την οποία η διάχυση είναι το αντίστροφο της μορφογένεσης.

Χρειάζεται, όμως, να διευκρινήσουμε ότι οι διαδικασίες που περιγράφουμε είναι οι πιο πρόωρες και δεν έχουν να κάνουν με την αναγνώριση των μορφών (δηλαδή, με την αντιστοίχιση, π.χ., του ονόματος με τα αντικείμενα της εικόνας, όπως η αναγνώριση του δέντρου σαν δέντρο με όλη τη σημασία της λέξεως, που είναι κάτι παραπάνω από μία αντιληπτική μονάδα που συνθέτει την οπτική σκηνή). Αυτό που δείχνουν είναι ότι υπάρχει μια συντακτική των εικόνων, η οποία μεταφέρεται από τα πρώτα στρώματα του οπτικού συστήματος και, συγκεκριμένα, από τον αμφιβληστροειδή.

Στην προσέγγιση αυτή, η «παρομοίωση της κάμερας» είναι κεντρική. Αποτελεί τη διατύπωση της «παρομοίωσης της μηχανής» για το ζήτημα της αντίληψης, η οποία είναι και κυρίαρχη στο πλαίσιο της υπολογιστικής προσέγγισης. Δεν σκοπεύουμε να εξετάσουμε το ζήτημα αν θα μπορέσει ποτέ μια μηχανή να φτάσει τις ικανότητες του ανθρώπου —άλλωστε υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία γύρω από αυτό. Για την ώρα, θα θέλαμε απλώς να συζητήσουμε την έννοια του μοντέλου γενικά στις επιστήμες. Έπειτα θα δείξουμε πώς μπορούμε να διατηρήσουμε το υπολογιστικό μοντέλο με κάπως ασθενέστερες επιστημολογικές επιπτώσεις για το γνωστικό status της πραγματικότητας.

1. Η έννοια του μοντέλου στις επιστήμες

Είναι αξιοσημείωτο ότι ο όρος μοντέλο έχει αντίστροφη έννοια από αυτήν στην κοινή γλώσσα. Συνήθως, το μοντέλο είναι αυτό που απομιμείται ή που αξίζει να μιμηθεί. Το επιστημονικό μοντέλο, όμως, είναι μια απομίμηση. Αποτελεί ένα αντίγραφο που μπορεί κανείς να χειριστεί πιο εύκολα. Ο επιστημολόγος Ζαν Πιερ Ντιπουί<sup>18</sup> παρατηρεί ότι αυτή η αντίστροφή του όρου αξίζει να μελετηθεί, αφού, στη φιλοσοφία ή στην ιστορία των επιστημών συζητούνται πολύ η φύση και τα θεμέλια της επιστημονικής γνώσης. Όμως, παρ' ότι οι μη-επιστήμονες συνήθως το αγνοούν, είναι αναμφισβήτητο ότι η επιστήμη ως δραστηριότητα οικοδομεί κατά κύριο λόγο αντικείμενα με τη μορφή μοντέλων (παλαιότερα, μιλάγαμε περισσότερο για δομές, ίσως λόγω της επιρροής του στρουκτουραλισμού). Το μοντέλο είναι μια αφηρημένη μορφή η οποία θα ενσαρκώνεται ή θα πραγματοποιείται μέσα στα φαινόμενα. Να πούμε εδώ ότι τα ίδια μοντέλα μπορούν να περιγράψουν διάφορα πεδία της φαινομενικής πραγματικότητας, όπως, στην περίπτωση μας, η εξίσωση διάχυσης είναι μια αναπαράσταση της μεταφοράς θερμότητας αλλά και της ανάλυσης της εικόνας. Ο Ντιπουί επισημαίνει ότι, με αυτόν τον τρόπο, το μοντέλο αποκτά ένα κύρος, «σαν μια πλατωνική Ιδέα της οποίας η πραγματικότητα δεν είναι παρά μια χλωμή απομίμηση». Κάπως έτσι δημιουργείται η σύγχυση μεταξύ του μιμούμενου και του μιμημένου και το επιστημονικό μοντέλο, που είναι μια ανθρώπινη απομίμηση της φύσης, γίνεται για τον επιστήμονα ένα «μοντέλο» με την κοινή έννοια.

Νομίζουμε ότι με αυτή τη διευκρίνηση μπορεί να αξιολογηθεί σωστά το υπολογιστικό μοντέλο χωρίς να συμμερίζεται κανείς ούτε την υπερβολική αισιοδοξία ορισμένων γνωστικιστών, αλλά ούτε και τον απόλυτο σκεπτικισμό των σολιφιστών. Χωρίς να προδικάζει ότι το ανθρώπινο μάτι «κλίνει» την εξίσωση διάχυσης, το μοντέλο της οπτικής αντίληψης που εκτέθηκε παραπάνω δείχνει το είδος των διαδικασιών που μπορούν να πραγματοποιηθούν

18. J.P. Dupuy. *Aux origines des sciences cognitives*, Παρίσι, La Decouverte, 1994.

σε ένα αυτόνομο σύστημα, μόνο και μόνο με βάση τους περιορισμούς φυσικής φύσεως. Η τελευταία παρατήρηση δίνει και το στίγμα της επιστημολογικής συμβολής μιας τέτοιας προσέγγισης στο χώρο των Γνωστικών Επιστημών την οποία και θα αναλύσω παρακάτω.

## 2. Η αντικειμενικότητα της μορφής και το μορφολογικό επίπεδο

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι όροι της συζήτησης, θα αναφερθούμε στην κριτική του γνωστικισμού και, γενικότερα, του υπολογιστικού μοντέλου που ασκεί ο Βαρέλα.<sup>19</sup> Ας υπενθυμίσουμε ότι, για τους γνωστικιστές, η γνωστική δραστηριότητα είναι μια επεξεργασία συμβόλων σύμφωνα με κάποιους κανόνες, η οποία προϋποθέτει, κυρίως, την ανεξαρτησία του σημασιολογικού περιεχομένου των συμβόλων από το φυσικό τους υπόβαθρο. Κατά τον Βαρέλα όμως, μια τέτοια προσέγγιση δεν εξηγεί το πώς τα σύμβολα αποκτούν τη σημασία τους. Αυτό που κατακρίνει ουσιαστικά ο Βαρέλα είναι η έννοια της αναπαράστασης ως θεμελιώδους έννοιας για τη μελέτη των γνωστικών δραστηριοτήτων. Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο «αναπαράσταση», κάνουμε ταυτόχρονα μια ισχυρή υπόθεση σχετικά με το οντολογικό status της πραγματικότητας, που, συγκεκριμένα, μας κατατάσσει σε μια αντικειμενιστική προοπτική. Ως φαινομενολόγος, ο Βαρέλα προτείνει μια άλλη επιστημολογική τοποθέτηση, η οποία τονίζει τη δημιουργική διάσταση της γνωστικής δραστηριότητας.

Δεν μπορούμε να την εκθέσουμε αναλυτικά στην εργασία αυτή, αν και παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον, τόσο από επιστημολογικής πλευράς όσο και από τις προτεινόμενες ερευνητικές κατευθύνσεις στη νευροβιολογία. Ας σημειώσουμε όμως ότι, η κατεύθυνση αυτή, που υπόσχεται πράγματι πολλά (αν και, μέχρι στιγμής, δεν έχει να επιδείξει συγκεκριμένα μοντέλα), δεν καταδικάζει πλήρως τα υπολογιστικά μοντέλα, όπως αυτά που εκτέθηκαν στο δεύτερο μέρος αυτής της μελέτης. Μπορούμε να τα ενσωματώσουμε σε μια φιλοσοφική κοσμολογία που να αποφεύγει τις κύριες

19. Fr. Varela, *Connaitre les sciences cognitives. Tendances et perspectives*, Παρίσι, Seuil, 1989, και, *L'inscription corporelle de l'esprit*, Παρίσι, Seuil, 1993.

«αμαρτίες» που εκτέθηκαν παραπάνω. Αυτή η επιστημολογία μπορεί να εκτεθεί ως εξής: Όσον αφορά στο status της πραγματικότητας, θα ήταν σκόπιμο να αποφύγουμε μια καθαρά αντικειμενιστική θέση. Προτείνεται, λοιπόν, μια ασθενέστερη θέση, στην οποία αναγνωρίζεται η αντικειμενικότητα της μορφής ως φυσικο-γεωμετρική δομή. Έτσι, η αντίληψη ενός αντικειμένου δεν παραπέμπει στη σημασιολογική αξία που μπορεί να έχει για κάποιο σύστημα. Ακόμη και σε μια υποκειμενιστική προοπτική, χρειάζεται να δοθεί χώρος στη φυσική οντότητα του κόσμου, αφού αυτή αποτελεί, αν μη τι άλλο, το φόντο της αντίληψης και των αισθήσεών μας.

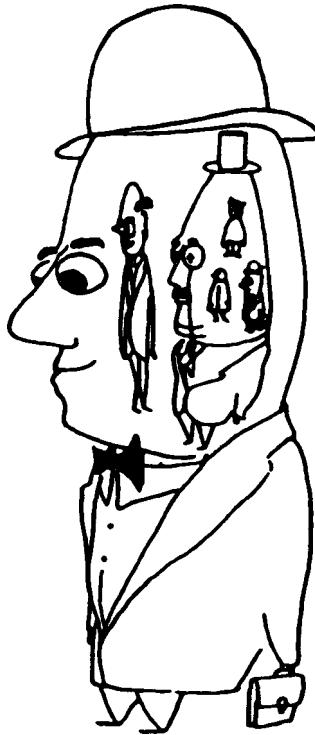
Τα μοντέλα της οπτικής αντίληψης που παρουσιάστηκαν τείνουν να δείξουν ότι μεταξύ του φυσικού (βιολογικού) επιπέδου ανάλυσης του συστήματος και του συμβολικού, υπάρχει και ένα μορφολογικό επίπεδο όπως το περιγράφει ο Ζ. Πετιτό<sup>20</sup> που αφορά τις φυσικό-γεωμετρικές δομές. Τα μοντέλα διάχυσης για την όραση περιγράφουν αρκετά καλά τον τρόπο, με τον οποίο θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί το πέρασμα από το φυσικό στο μορφολογικό επίπεδο. Αν και το πέρασμα στο συμβολικό παραμένει ασαφές, ωστόσο, η υποθετική του υποστήριξη από το μορφολογικό δείχνει πολύ ενδιαφέρουσα, ειδικά για την προοπτική σχεδιασμού προγραμμάτων Τεχνητής Όρασης.

### 3. Το ζήτημα του «ανθρωπάκου»

Ένα τελευταίο ζήτημα που πρέπει να αναφέρουμε είναι αυτό που είναι γνωστό ως το ζήτημα του «ανθρωπάκου» μέσα στον εγκέφαλο (l'homoneule). Αυτό προκύπτει και στην ανάλυση των εικόνων: τελικά ποιος κρίνει την ποιότητα της ανάλυσης; Όταν μιλάμε για κάποια εικόνα, προϋποθέτουμε ότι υπάρχει κάποιος για να την κοιτάξει. Όμως, όταν λέω ότι μέσα στον αμφιβληστροειδή, μέσω των δεκτικών πεδίων, η ανάλυση που γίνεται μπορεί να περιγραφεί από την εξίσωση διάχυσης, υποθέτω ότι υπάρχει παρά πέρα ένας μηχανισμός που επεξεργάζεται το αποτέλεσμα αυτής της ανάλυσης.

20. J. Petitot, «Le Physique, le Morphologique, le Symbolique. Remarques sur la vision». *Revue de Synthèse*, 1-2(1990), σσ. 139-183.

Τελικά, πάλι εγώ κρίνω την ποιότητα της ανάλυσης μέσω της εξίσωσης διάχυσης. Για να σταθεί ολόκληρο το οικοδόμημά μου, πρέπει να αποδεχτώ την ύπαρξη ενός «ανθρωπάκου» πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Μέχρι εδώ, μπορούμε να δεχτούμε ότι υπάρχει ένας αντίστοιχος μηχανισμός μέσα στο οπτικό σύστημα. Το πρόβλημα είναι πού σταματούν τα «ανθρωπάκια» (βλ. ΣΧΗΜΑ 5).



ΣΧΗΜΑ 5: Τα «ανθρωπάκια» που μας κατευθύνουν κατά τον Heinz von Foerster.

Η εύκολη απάντηση είναι βέβαια ότι στα άδυτα του εγκεφάλου υπάρχει ένα τελευταίο «ανθρωπάκι» που στηρίζει όλα τα άλλα και που το ονομάζουμε συνείδηση. Δεν είναι λίγοι οι νευροβιολόγοι, όπως ο διάσημος πρόεδρος της γαλλικής Επιτροπής Ηθικής Ζαν Πιερ Σανζό, που προσπαθούν πειραματικά να εντοπίσουν την τοποθεσία της συνείδησης μέσα στον εγκέφαλο. Μια τέτοια ελπίδα συνδέεται με μια συγκεκριμένη επιστημολογική θέση, την οποία προσπαθήσαμε να αμφισβητήσουμε μέσα από αυτή τη μελέτη. Ειδικότερα, πολλές μελέτες που επιχειρούν να συνδέσουν με απόλυτο τρόπο τη συμπεριφορά με τις νευροφυσιολογικές παρατηρήσεις διαπράττουν το «πειραματικό λάθος» («experience error»), όπως το αποκαλούν οι ψυχολόγοι, με το οποίο μεταφέρουν στο πεδίο της συνείδησης ιδιότητες που αφορούν στα πράγματα του κόσμου. Πιστεύουμε ακράδαντα ότι η συζήτηση γύρω από το θέμα της συνείδησης είναι κεντρική, για λόγους επιστημολογίας, αλλά και ηθικής. Άλλωστε, υπάρχουν εναλλακτικές και πολύ ενδιαφέρουσες απόψεις για το θέμα αυτό, ακόμα και από το χώρο των Γνωστικών Επιστημών. Η τελευταία παρατήρησή, δείχνει πόσο εμφανής είναι, μέσα σε αυτό το χώρο, η εξάρτηση της καθημερινής πρακτικής της νευροβιολογίας από κάποια λεπτά φιλοσοφικά ζητήματα. Εξού και η ανάγκη να γίνουν όλο και περισσότερες εγκάρσιες συζητήσεις και κριτικές.