

ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΒΑΪΤΣΑ ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία ανασκόπηση ερευνών σχετικών με την οπτική αντίληψη συμμετρίας σε ανθρώπους και ζώα. Ειδικότερα, παρουσιάζονται δεδομένα για την αντίληψη συμμετρίας σε βρέφη και παιδιά, σε ηλικιωμένους και σε άτομα με νευρολογικές ή ψυχιατρικές διαταραχές, ενώ δίνεται έμφαση στη διερεύνηση της αντίληψης συμμετρίας σε σχέση με άλλες γνωστικές διεργασίες και αισθητικές κρίσεις. Επίσης, παρουσιάζονται έρευνες για την εμπλοκή της οπτικής αντίληψης συμμετρίας στην αντίληψη προσώπων στους ανθρώπους, ενώ γίνεται μία προσπάθεια αναφοράς των τελευταίων απόψεων για το φυσιολογικό-νευρολογικό υπόβαθρο και τα θεωρητικά μοντέλα προσέγγισής της. Συμπερασματικά, παρά τους διάφορους μεθοδολογικούς προβληματισμούς προκύπτει από το σύνολο των σύγχρονων μελετών η σημαντικότητα της εξέτασης ενός κυρίως είδους συμμετρίας: της κατοπτρικής (ως προς κάθετο άξονα) συμμετρίας για την αίσθηση της όρασης.

Λέξεις κλειδιά: οπτική αντίληψη συμμετρίας, αισθητικές κρίσεις, γνωστικοί μηχανισμοί, νευρωνικό υπόβαθρο

Εισαγωγή

Η συμμετρία αποτελεί κομμάτι του φυσικού κόσμου που μας περιβάλλει. Αν και ως έννοια είναι δανεισμένη από τα μαθηματικά (γεωμετρία, βιβλίο Χ των Στοιχείων του Ευκλείδη) και μελετάται με τη Θεωρία συνόλων (Carter, 2009. Miller, 1972), εμφανίζεται και σε άλλους επιστημονικούς τομείς, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τη συμμετρία στη φυσική {πχ. κατοπτρική ανάκλαση (χωρική συμμετρία)} και διάδοση ηχητικών και μαγνητικών κυμάτων (ακτινωτή συμμετρία)}, στη χημεία {κρυσταλλικές δομές και μοριακές δομές (ακτινωτή συμμετρία)} και με ταΐσομερή (συμμετρία θέσης)}, αλλά και στη βιολογία {σχήματα έμβιων όντων (σώματα φυτικών και ζωικών οργανισμών με συμμετρία δεξιού-αριστερού ως προς άξονα) και ακτινωτά σχήματα στη φύση (αστερίες, χιονονιφάδες, άνθη κτλ.)} (Darvas, 2007. Gould, 2004. Jaeger, 1917. Meshkov, 2009. Nicholle, 1950. Rosen, 1975. 2009. Shubnikov & Koptsik, 1974. Weyl, 1952. Wigner, 1970). Αυτή η προτίμηση για την επιστημονική περιγραφή της φύσης με βάση τη συμμετρία ξεκινά ήδη από τον Πλάτωνα, ο οποίος στον «Τίμαιο», αναπτύσσει τη θεωρία ότι οι δομικές μονάδες του σύμπαντος είναι συμμετρικά πολύεδρα, που αντιστοιχούν στα στοιχεία του Εμπειδοκλή όπως είναι το τετράεδρο για το πυρ, ο κύβος για τη

γη, το οκτάεδρο για τον αέρα, το δωδεκάεδρο για τον αιθέρα και το εικοσάεδρο για το ύδωρ.

Η «συμμετρία» είναι θεμελιώδης τόσο για την κατανόηση της φύσης, όσο και της τέχνης (Boas, 1955. Field & Golubitsky, 1992. Stevens, 1981. Redies, Hasenstein & Denzler, 2007. Voloshinov, 1996. Washburn & Crowe, 1988). Παλαιοανθρωπολογικές μελέτες αναφέρουν την εμμονή στην κατασκευή συμμετρικών εργαλείων από διάφορα είδη ανθρωποειδών, κάτι που ίσως μετεξελίχθηκε στην προτίμηση για αισθητικά συμμετρικές κατασκευές στους ανθρώπους (Hodgson, 2011. Saragusti et al., 2004. Toth, 1990).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα βρίσκουμε διαχρονικά και διαπολιτισμικά στην τέχνη της ζωγραφικής (χωρική συμμετρία, χρωματική συμμετρία), στη γλυπτική (με συμμετρία στα σώματα αγαλμάτων ή ζωφόρων), στην αρχιτεκτονική (με συμμετρία και στο σύνολο των έργων-κτηρίων, όσο και στην επιμέρους διακόσμηση τους), στον έντεχνο λόγο (με επαναλήψεις λέξεων ή φράσεων στη λογοτεχνία-ποίηση και με ηχητικά-γραπτά καρκινικά παλίνδρομα), αλλά και στη μουσική (με αυτούσιες ή μετασχηματισμένες επαναλήψεις μουσικών μοτίβων τόσο στο μικρο-επίπεδο των συνθέσεων, όσο και στο μακρο-επίπεδο). Έτσι, αν και αρχικά η έννοια της συμμετρίας αφορούσε μια ειδική κατηγορία οπτικών μετασχηματισμών, δηλαδή έναν τρόπο μετακίνησης ενός αντικείμενου στο χώρο, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν περιορίζεται μόνο σε αντικείμενα στο χώρο (Hargittai & Hargittai, 1994. Tarasov, 1986). Το συνώνυμο (ή καλύτερα η υπερκείμενη έννοια) αρμονία, περιγράφει το καλά διαρθρωμένο όλο, που έχει μια σαφώς καθορισμένη δομή τόσο ως προς τα μέρη του, όσο και προς το σύνολο αυτών των μερών (Καϊμάκης, 2005), τονίζοντας όμως περισσότερο τις ηχητικές και μουσικές, παρά τις γεωμετρικές εφαρμογές της συμμετρίας (Wyle, 1952).

Βέβαια, τα αντιληπτικά συστήματα, όπως αυτά της όρασης και της ακοής φαίνεται να διαφέρουν ριζικά ως προς τη φύση τους, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι θα πρέπει να θεωρούνται τελείως ανεξάρτητα μεταξύ τους και ότι δεν ισχύουν κάποιοι γενικοί κανόνες στο σύνολο των αισθήσεων μας (Bregman, 1990. Calvert, Brammer & Iversen, 1998. Cronly-Dillon, Persaud & Blore, 2000. Cronly-Dillon, Persaud & Gregory, 1999. Peeples, 2010. Rosenblum, 2010. Stein & Meredith, 1993). Ένα τέτοιο παράδειγμα πιθανής σύγκλισης στην αντίληψη (οπτική και ακουστική) είναι η συμμετρία.

Ορισμός συμμετρίας και είδη συμμετρίας

Η συμμετρία αναφέρεται στην αντιστοιχία μεγέθους, σχήματος και θέσης αλληλοσχετιζόμενων μερών ενός όλου σε αναφορά προς έναν άξονα ή προς ένα σημείο (οπτικό ή ακουστικό). Η συμμετρία, λοιπόν, είναι η ιδιότητα ενός

* Ψυχολόγος, MSc Γνωστικής Ψυχολογίας και Νευροψυχολογίας, Υποψήφια Διδάκτωρ Ιατρική Σχολή, Α.Π.Θ.

αντικειμένου ή συστήματος να παραμένει αναλλοίωτο μετά από ένα σύνολο αλλαγών (μετασχηματισμών) (Ghyka, 1946). Η συμμετρία ως αφηρημένη ιδιότητα συγκεκριμένων οπτικών μορφών περιλαμβάνει τις έννοιες της ομοιότητας και της ισότητας, όπως η ασυμμετρία περιλαμβάνει τις έννοιες της διαφοράς και της ανισότητας (VandenBos, 2002. Παπαδόπουλος, 2005).

Αν στρέψουμε το ενδιαφέρον μας στις συμμετρίες στο επίπεδο, δηλαδή στους μετασχηματισμούς που διατηρούν ίση τη γεωμετρική απόσταση (ισομετρίες), τότε αναγνωρίζουμε τρεις τύπους μετασχηματισμών (μεταφορά, περιστροφή και καθρεπτισμό), που οδηγούν σε τέσσερις μορφές συμμετρίας: α) τη μεταβατική συμμετρία (translational symmetry-μετακίνηση/μετατόπιση ενός αντικειμένου χωρίς να το περιστρέψουμε ή να το καθρεφτίσουμε), β) την περιστροφική συμμετρία (rotational symmetry-στρέψη ενός αντικειμένου με κάποια επιλεγμένη γωνία και κέντρο περιστροφής), γ) την κατοπτρική συμμετρία (reflectional/ bilateral/ mirror symmetry-προβολή της εικόνας του αντικειμένου σαν σε καθρέπτη). Υπάρχουν επίσης και πιο σύνθετοι τύποι συμμετρίας, όπως δ) η ολισθαίνουσα κατοπτρική (glide-reflectional symmetry-που είναι ουσιαστικά συνδυασμός καθρεπτισμού και μεταφοράς κατά μήκος του άξονα), αλλά και πιο σύνθετοι συνδυασμοί των προηγούμενων (Armstrong, 1988. Δρίβας, 2009. Stewart & Golubitsky, 1992. Weyl, 1952).

Αντίληψη συμμετρίας στους ανθρώπους

Η προτίμηση των ανθρώπων για συμμετρικά σχέδια αναφέρεται ήδη από τον Αριστοτέλη στο έργο του 'Μετά τα Φυσικά', αλλά παρόμοια παρατήρηση γίνεται και από τον Δαρβίνο στο έργο του 'Η καταγωγή του ανθρώπου'.

Η σημασία της συμμετρίας ως οργανωτικού παράγοντα της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης τονίζεται ιδιαίτερα στο χώρο της πειραματικής ψυχολογίας (Baylis & Driver, 1995a. 1995b. Rock, 1983). Αυτό συμβαίνει ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα με τη σχολή Gestalt, η οποία υποστηρίζει ότι οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τα αντικείμενα περισσότερο ως καλά οργανωμένες ομάδες σχηματισμών, παρά σαν το άθροισμα των μεμονωμένων μερών τους (Koffka, 1935. Kohler, 1929). Αυτή η οργάνωση του ανθρώπινου οπτικού αντιληπτικού συστήματος γίνεται με βάση κάποιες αρχές (όπως η εγγύτητα, η ομοιότητα, η συμμετρία, η συνέχεια και η κοινή μοίρα). Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η ομοιότητα και η εγγύτητα μάλλον προηγούνται της συμμετρίας κατά την επεξεργασία ενός ερεθίσματος (Labonté et al., 2002), αλλά αυτό δεν μας περιορίζει να γενικεύσουμε την εφαρμογή αυτών των αρχών και για την ακουστική αντίληψη (Shepard & Levitin, 2002).

Σε γενικές γραμμές η αντίληψη της συμμετρίας στους ενήλικους γίνεται γρήγορα, χωρίς ιδιαίτερη καταβολή προσπάθειας και με μεγάλη ακρίβεια (Adams, Fitts, Rappaport & Weinstein, 1954. Arnheim, 1974. Barlow & Reeves, 1979. Belyne, 1971. Evans, Wenderoth & Cheng, 2000. Garner & Sutliff, 1974. Julesz, 1971. 1981. Koffka, 1935. Pomerantz, 1977. Quinlan, 2002. Tyler, 2002. Valentine, 1925. Wagemans, 1999. Wenderoth, 1994). Στους ανθρώπους, όμως, φαίνεται να περιορίζεται κυρίως σε συγκεκριμένους

μετασχηματισμούς στον Ευκλείδειο δισδιάστατο χώρο, όπως είναι η μεταφορά (μεταβατική συμμετρία), η περιστροφή (περιστροφική συμμετρία) και ο κατοπτρισμός (αμφίπλευρη ή κατοπτρική συμμετρία), τα οποία γίνονται αντιληπτά κυρίως ως επαναλήψεις, περιστροφές και (αντ)ανακλάσεις (Wagemans, 1997. Wyle, 1952).

Κατοπτρική (ως προς κάθετο άξονα) συμμετρία

Οι κατοπτρισμοί ως προς κάποιον κάθετο άξονα y αφορούν τα σημεία εκείνα (x, y) που ισχύει $f(x, y) = f(-x, y)$ (Mancini, Sally & Gurnsey, 2005. Tjan & Liu, 2005). Οι κατοπτρισμοί ως προς κάθετο άξονα είναι η περισσότερο μελετημένοι και θεωρούνται οι πιο σημαντικοί και εύκολοι στην αναγνώριση για την ανθρώπινη αντίληψη (Baylis & Driver, 1995. Beck, Pinski & Kastner, 2005. Braitenberg, 1990. Derogowski, 1971. Enquist & Arak, 1994. Fisher & Fracasso, 1987. Fitts & Simon, 1952. Fitts & Simon, 1952. Fitts et al., 1956. Goldmeier, 1972. Grammer & Thornhill, 1994. Johnstone, 1994. Julesz, 1971. Kirkpatrick & Rosenthal, 1994. Leyton, 1992. Masame, 1983. 1984. 1985. Munsinger & Forsman, 1966. Palmer & Hemenway, 1978. Pennisi, 1995. Szilagyi & Baird, 1977. Swaddle, 1999. Thomas, 1993. Thornhill, 1992. Thornhill & Gangestad, 1994. Tyler, 2002. Vetter, Poggio, & Bulthoff, 1994. Wagemans, 1995. 1997. Wenderoth, 1994). Οι κατοπτρισμοί ως προς κάθετο άξονα είναι οι πιο εύκολοι να εντοπιστούν (Mach effect), ακόμη και παρουσιαζόμενοι σε ερεθίσματα που διαρκούν από 10-160 ms (Barlow & Reeves, 1979. Carmody, Nodine & Locher, 1977. Corballis & Roldan, 1975. Julesz, 1981. Locher & Nodine, 1989. Palmer & Hemenway, 1978. Tyler, Hardage & Miller, 1995. Wagemans, van Gool & d'Ydewalle, 1992).

Το πλεονέκτημά μας στο να αντιλαμβανόμαστε καθρεπτισμούς ως προς κάθετο άξονα άμεσα (pop-out) και χωρίς ενεργοποίηση συνειδητών διεργασιών (όπως της προσοχής), είναι εμφανές σε σύγκριση με τη μειωμένη ικανότητά μας (ταχύτητα αντίδρασης) στο να εντοπίζουμε τις επαναλήψεις ή τις περιστροφές (σε γωνίες 90ο έως και 180ο) ή ακόμη και τους καθρεπτισμούς ως προς άλλους άξονες (οριζώντιους ή διαγώνιους) (Carmody, Nodine & Locher, 1977. Corballis & Beale, 1976. Goldmeier, 1972. Herbert & Humphrey, 1996. Locher & Nodine, 1989. Locher & Wagemans, 1993. Mach, 1959. Rock & Leaman, 1963. Royer, 1981. Wagemans, 1997. Wenderoth, 1994. 1996. Zimmer, 1984). Η προτίμηση αυτή της κατοπτρικής (ως προς κάθετο άξονα) συμμετρίας, δεν επιβεβαιώνεται από όλες τις έρευνες (Corballis, Miller & Morgan, 1971. Pothos & Ward, 2000). Τέλος, η προτίμηση για τους καθρεπτισμούς ως προς κάθετο άξονα φαίνεται ότι ισχύει και για άλλα πρωτεύοντα, όπως οι πίθηκοι και μάλιστα σχετίζεται με αύξηση της ενεργοποίησης του κάτω κροταφικού φλοιού (Rollenhagen & Olson, 2000).

Αντίληψη συμμετρίας σε βρέφη και παιδιά

Η αντίληψη της συμμετρίας στους ανθρώπους φαίνεται να ξεκινά ήδη από την βρεφική ηλικία, καθώς από την ηλικία των 4 μηνών τα βρέφη είναι ικανά να ξεχωρίσουν το είδος της κατοπτρικής συμμετρίας γύρω από κάθετο άξονα, από άλλες

μορφές συμμετρίας (Baylis, 1998. Bornstein, Ferdinassen & Gross, 1981. Bornstein & Krinsky, 1985. Fisher et al., 1981. Humphrey & Humphrey 1989. Rhodes et al., 2002). Η πρόωρα εμφανιζόμενη και πιθανώς έμφυτη δυνατότητα (Pinker, 1997) γρήγορης εξοικείωσης στην κατοπτρική συμμετρία ως προς κάθετο άξονα, σε σύγκριση με την οριζόντια συμμετρία ή την ασυμμετρία, δεν συνοδεύεται από προτίμηση για την κάθετη κατοπτρική συμμετρία (Fantz, Fagan & Miranda, 1975. Spears, 1964).

Η προτίμηση αυτή εμφανίζεται διαπολιτισμικά περίπου μετά την ηλικία των 12 μηνών (Bentley, 1977. Bornstein, Ferdinandsen & Gross, 1981. Boswell, 1976. Chipman & Mendelson, 1975. Deregowski, 1972. Paraskevopoulos, 1968). Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι αν και η αντίληψη της κάθετης συμμετρίας είναι έμφυτη ή μαθαίνεται πολύ πρώιμα, η προτίμηση για αυτό το είδος συμμετρίας εμφανίζεται αργότερα και αποτελεί μάλλον προϊόν ωρίμανσης ή/και σχετικής εμπειρίας (Bornstein, Ferdinandsen & Gross, 1981. Braine, 1978). Η παρατηρούμενη προτίμηση συμμετρίας για αφηρημένα σχέδια στα βρέφη, δεν έχει επιβεβαιωθεί απόλυτα και για τα ανθρώπινα συμμετρικά πρόσωπα (Rhodes et al., 2002. Samuels et al., 1994).

Η γνώση των παιδιών σχολικής ηλικίας και η επίδοσή τους ποικίλλει σε διαφορετικού τύπου και βαθμού δυσκολίας έργα, τα οποία εξετάζουν οπτική συμμετρία (Tuckey, 2005. Xistouri, 2007). Η δυνατότητα περαιτέρω εξοικείωσης παιδιών προσχολικής και σχολικής ηλικίας με την έννοια της συμμετρίας, μπορεί να γίνει είτε ενθαρρύνοντας το παιδί να παρατηρήσει διάφορα αντικείμενα τα οποία έχουν κατασκευαστεί με βάση τη συμμετρία (κενήματα, κεραμικά, κοσμήματα κλπ.) (Hoyles & Healy, 1997. Τζεκάκη & Χριστοδούλου, 2004), είτε με πραγματικές πράξεις όπως είναι το καθρέφτισμα ή το δίπλωμα (Knuchel, 2004. Seidel, 1998. Leikin, Berman & Zaslavsky, 2000. Servatius, 1997. Τζεκάκη, 1996).

Αντίληψη συμμετρίας σε ηλικιωμένους

Η μοναδική έρευνα που ασχολήθηκε με ηλικιακές διαφορές, αναφέρει ότι υγιείς νεαροί ενήλικες, μεσήλικες και ηλικιωμένοι κάνουν καλύτερη αναγνώριση κατοπτρικής συμμετρίας ως προς κάθετο άξονα, ενώ ακολουθούν η αναγνώριση ως προς οριζόντιο και διαγώνιο άξονα. Αυτό όμως που διαφοροποιεί νέους (ηλικίας 19-39), μεσήλικες (ηλικίας 40-60), νέους ηλικιωμένους (61-70) και μεγαλύτερους ηλικιωμένους (71-80), είναι η μεγαλύτερη ευαισθησία (ορθότητα αναγνώρισης) των δύο πρώτων ομάδων έναντι των δύο τελευταίων, δηλαδή των ατόμων τρίτης ηλικίας στα οποία παρουσιάζεται έκπτωση της επίδοσης (Herbert, Overbury, Singh & Faubert, 2002).

Συμμετρία και αισθητικές κρίσεις

Πάντως η συμμετρία (ως προς διάφορους άξονες) αποτελεί τον κύριο καθοριστικό παράγοντα κατά τις αισθητικές κρίσεις (ομορφιάς), ακόμη και τεχνητών δυσδιάστατων αντικειμένων (Eisenman, 1967. Eisenman & Gellens, 1968. Jacobsen & Hofel, 2001. 2002. 2003. Jacobsen, Schubotz, Hofel & van Cramon, 2006. Tinio & Leder, 2009). Η συνθετικότητα

του ερεθίσματος ακολουθεί ως προβλεπτικός παράγοντας, αλλά και επηρεάζεται η επίδρασή της (σε αντίθεση με την ανεπηρέαστη επίδραση της συμμετρίας) από την εξοικείωση με τα ερεθίσματα (Tinio & Leder, 2009). Η αισθητική προτίμηση για τη συμμετρία, ίσως να σχετίζεται με την ευκολότερη και πιο αποτελεσματική επεξεργασία από το γνωστικό-αντιληπτικό μας σύστημα για τα αντικείμενα που χαρακτηρίζονται ως συμμετρικά (Reber, Schwarz & Wienkielman, 2004. Reber, Wienkielman & Schwarz, 1998).

Αντίληψη συμμετρίας και άλλες γνωστικές διεργασίες

Η αντίληψη συμμετρίας επηρεάζει τον διαχωρισμό μορφής-περιβάλλοντος, καθώς τα συμμετρικά σημεία του χώρου τείνουν να θεωρούνται ενιαία αντικείμενα, ενώ τα μη-συμμετρικά σημεία θεωρούνται φόντο (Bahnsen, 1928. Driver & Baylis, 1992. Machilesen, Pauwels & Wagemans, 2009. Marshall & Halligan, 1994). Ακόμη, οι κρίσεις για την ταυτότητα διφορούμενων αντικειμένων επηρεάζονται από τη συμμετρία σε συνδυασμό με άλλες αρχές της Μορφολογικής θεωρίας Gestalt (Hong & Pavel, 2002). Η συμμετρία, λοιπόν, αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην διεργασία αναγνώρισης τρισδιάστατων αντικειμένων (Herbert, Humphrey & Jolicoeur, 1994. Large, Macmullen & Hamm, 2003. Liu & Kersten, 2003. Pashler, 1990. Sekuler & Swimmer, 2000. Vetter & Poggio, 1994. Vetter, Poggio & Bulhoff, 1994) και στην διεργασία αναγνώρισης δυσδιάστατων σχημάτων (Dinnerstein & Wertheimer, 1957. Giaquinto, 2005. Marr & Nishihara, 1978. Palmer, 1985), καθώς για τα αντικείμενα που είναι συμμετρικά, πέρα από την διευκόλυνση κατά την αναγνώρισή τους, θεωρείται ότι δίνει και πληροφορίες αιτιακού τύπου στον παρατηρητή (πχ. για το αν τους έχουν ασκηθεί φυσικές δυνάμεις στο παρελθόν) (Leyton, 1992).

Επίσης, συμβάλει στην διεργασία της αντίληψης του προσανατολισμού αντικειμένων στο χώρο (Howard & Templeton, 1966. Szlyck, Rock & Fisher, 1995. Wagemans, 1993. Wilson, Wilkinson, Lin & Castillo, 2000. Wenderoth, 1997b), ενώ ο βαθμός ευκολίας στην ανίχνευση του άξονα συμμετρίας ενός σχήματος τείνει να αυξάνεται όταν το υπό εξέταση σχήμα συνοδεύεται ή περικλείεται από άλλα σχήματα που έχουν την ίδια διεύθυνση άξονα συμμετρίας (Palmer, 1985). Έχει, επίσης, προταθεί ότι η αντίληψη συμμετρίας μπορεί να λειτουργεί (και) ανεξάρτητα από την αντίληψη του προσανατολισμού των αντικειμένων, δηλαδή μπορούμε να αναγνωρίσουμε συμμετρικά αντικείμενα άσχετα από τις συντεταγμένες τους από εμάς ή από προηγούμενες εμπειρίες μας με τα αντικείμενα αυτά από κάποια άλλη προοπτική. Αυτό υποστηρίζει μια object-centered προσέγγιση της όρασης, παρά μια viewer-centered προσέγγιση (Enquist & Arak, 1994. Marr, 1982).

Για την αντίληψη συμμετρίας φαίνεται ότι απαιτείται μικρή ποσότητα πληροφορίας, καθώς αρκεί η ύπαρξη ζευγαριών σημείων μόνο κοντά στον συμμετρικό άξονα (κυρίως κάθετο ή/και οριζόντιο) και όχι η ύπαρξη αντίστοιχων συμμετρικών ζευγαριών σημείων σε όλο τον υπόλοιπο χώρο της δυσδιάστατης επιφάνειας (Barlow & Reeves, 1979. Bruce & Morgan, 1975. Dakin & Herbert, 1998. Gurnsey, Herbert & Kenemy, 1998. Held & Richards, 1976. Jenkins, 1982. Julesz, 1971. Wenderoth, 1995. 2002).

Ο εντοπισμός συμμετρίας είναι ευκολότερος όταν ο άξονας συμμετρίας (συνήθως κάθετος ή οριζόντιος) είναι στο κέντρο εστίασης του οπτικού πεδίου του παρατηρητή (Barlow & Reeves, 1979. Locher & Nodine, 1989. Saarinen, 1988), με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται ο αυτόματος χαρακτήρας της όταν τα ερεθίσματα δεν είναι στο κέντρο εστίασής μας ή όταν υπάρχουν άλλοι διασπαστικοί ερεθισμοί (Herbert, 2008. Saarinen, 1988). Βέβαια, σε μερικές περιπτώσεις ίσως απαιτείται και ανάλυση-σύγκριση πληροφοριών που βρίσκονται διαμοιρασμένες σε μεγάλες αποστάσεις στο οπτικό πεδίο (Tyler & Hardage, 2002) και κυρίως κοντά στα περιγράμματα των αντικειμένων (Barlow & Reeves, 1979. Carmody et al., 1977. Wenderoth, 1995. 2002). Επίσης, επιβεβαιώνεται με βάση την καταγραφή των κινήσεων των ματιών μια σημείο-προς-σημείο, και άρα μη αυτόματη σύγκριση σε πολύπλοκα παρουσιαζόμενα οπτικά ερεθίσματα (Herbert et al., 2006).

Γενικά, αυτή η μη-αναγκαιότητα πληροφοριών για το σύνολο του χώρου, ότι μπορούσε να επεκταθεί και για τον χρόνο, καθώς φαίνεται, θα υπαρχε διαφοροποίηση στην ικανότητα διάκρισης του προσανατολισμού των αξόνων συμμετρίας όταν λαμβάνεται υπόψη και ο παράγοντας του χρόνου. Έτσι, για στατικά παρουσιαζόμενα οπτικά ερεθίσματα (ένα ερέθισμα ανά 853ms), σε σύγκριση με τα ίδια ερεθίσματα όταν αυτά παρουσιάζονται δυναμικά (πολλά διαφορετικά ερεθίσματα σε διαδοχική παρουσίαση για τον ίδιο χρόνο-853ms), φαίνεται ότι η δεύτερη συνθήκη έχει πλεονέκτημα - ορθότερες αποκρίσεις των συμμετεχόντων (Niimi, Watanabe & Yokosava, 2008). Ακόμη βρέθηκε ότι η δυνατότητα των παρατηρητών να αντιλαμβάνονται την ύπαρξη συμμετρίας για το ίδιο ερέθισμα (ομάδα σημείων) παραμένει ανεπηρέαστη ακόμη και όταν δίνονται κομμάτι-κομμάτι και χρονικά ασύγχρονα τα μέρη της εικόνας (van der Vloed, Csatho & Van der Helm, 2007).

Επίσης, ιδιαίτερη σημασία έχει η συμμετρία και για τη μνήμη, καθώς για τα συμμετρικά αντικείμενα ισχύει καλύτερη κωδικοποίηση, μνημονική αναγνώριση και μνημονική ανάκληση (Attneave, 1955. Deregowski, 1972. Gibson, 1929. Kayaert & Wagemans, 2009. Stucchi et al., 2010). Υποστηρίζεται, όμως, ότι κατά την αναγνώριση συμμετρίας (ήδη γνωστών ή καινούριων ερεθισμάτων) έχουμε εμπλοκή μόνο της βραχύχρονης μνήμης (κατά τη σύγκριση των σημείων του ερεθίσματος) και όχι εμπλοκή της μακρόχρονης μνήμης (πχ. με ενεργοποίηση παλαιότερων αναμνήσεων για παρόμοια ερεθίσματα και των χαρακτηρισμών που τους δόθηκαν ως συμμετρικών ή μη-συμμετρικών) (Hogben, Julesz & Ross, 1976. Julesz, 1966). Αυτό ίσως έρχεται σε αντίθεση με μια έρευνα (με οκτώ συμμετέχοντες), η οποία υποστηρίζει ότι μετά από εξάσκηση τα υποκείμενα εμφανίζουν μικρότερους χρόνους αντίδρασης κατά την κρίση μη-συμμετρικών ερεθισμάτων σε σχέση με συμμετρικά (Leone et al., 2002).

Οι κρίσεις συμμετρίας για εύκολα και μη-σύνθετα οπτικά ερεθίσματα δεν απαιτούν την ενεργοποίηση της προσοχής (Barlow & Reeves, 1979. Locher & Wagemans, 1993. Wolfe & Friedman-Hill, 1992), όμως για τον εντοπισμό περισσότερο σύνθετων ή περίπλοκα σχεδιασμένων συμμετρικών ερεθισμάτων στο χώρο, απαιτείται μεγαλύτερη εμπλοκή του γνωστικού συστήματος και μάλλον καταργείται ο αυτόματος χαρακτήρας της επεξεργασίας (Barlow & Reeves, 1979. Foster, 1971. Royer, 1981. Wenderoth, 1997a).

Οι άνθρωποι σε γενικές γραμμές αντιλαμβάνονται την ύπαρξη συμμετρίας ακόμη και μέσα σε μη-συμμετρικό 'οπτικό θόρυβο' (Barlow & Reeves, 1979. Dakin & Herbert, 1998. Rainville & Kingdom, 2002. Wagemans, van Gool, Swinnen, & van Horebeek, 1993). Σύμφωνα, όμως με ερευνητικά δεδομένα τείνουν να υπερεκτιμούν τα υψηλά επίπεδα συμμετρίας (symmetry effect), ενώ αντίθετα τείνουν να υποεκτιμούν τα χαμηλά επίπεδα συμμετρίας (asymmetry effect) τόσο σε φυσικά ερεθίσματα (πχ. τα ανθρώπινα πρόσωπα τα οποία ποτέ δεν είναι τέλεια συμμετρικά, αν και γίνονται αντιληπτά ως τέτοια), όσο και σε τεχνητά οπτικά ερεθίσματα (Carmody, Nodine & Locher, 1977. Freyd & Tversky, 1984. Garner, 1970. King, Meyer, Tangey & Biederman, 1976. McBeath, Schiano & Tversky, 1997). Η υπερεκτίμηση/υποεκτίμηση για την (α)συμμετρία επηρεάζεται από την αναλογία συμμετρικών προς μη-συμμετρικών σημείων που δίνονται στα ερεθίσματα (Csatho, van der Vloed & van der Helm, 2004).

Οι άνθρωποι αν και σύμφωνα με κάποιες έρευνες, σε γενικές γραμμές εντοπίζουν μικρές αποκλίσεις από την τέλεια συμμετρία (Gerbino & Zhang, 1991. Locher & Smets, 1992. Wagemans, van Gool, & d'Ydewalle, 1991. 1992. Wagemans, van Gool, Swinnen, & van Horebeek, 1993), ίσως σύμφωνα με άλλους ερευνητές να τείνουν στις κρίσεις τους να είναι πιο ευαίσθητοι σε μεγαλύτερες αποκλίσεις από τη συμμετρία, παρά σε μικρότερες, κάτι που θέτει ερωτήματα για τις μόλις αντιληπτές διαφορές που μπορεί να χειριστεί το γνωστικό μας σύστημα (Tjan & Liu, 2005). Πάντως σε καμία περίπτωση η αντίληψη συμμετρίας δεν είναι του τύπου όλα ή τίποτα, δηλαδή όπως εξετάζεται σε αρκετές έρευνες σαν μια ιδιότητα που την έχει ένα αντικείμενο ή δεν την έχει (κρίση συμμετρικού ή μη-συμμετρικού), αλλά είναι ένα συνεχές χαρακτηριστικό (Marsame, 1986. 1987. 1988. Zabrodsky & Algom, 2002).

Η ανθρώπινη αντίληψη οπτικής συμμετρίας διαφοροποιείται από την αντίληψη χρωμάτων, καθώς ερεθίσματα με χρώμα απαιτούν επιπλέον επένδυση προσοχής και επιβράδυνση στον χρόνο αντίδρασης (Morales & Pashler, 1999). Αντίθετα, φαίνεται ότι η φωτεινότητα άσπρων και μαύρων σημείων σε σχέση με γκριζο φόντο (και όχι το χρώμα), επηρεάζει την ευκολία αντίληψης συμμετρίας (Zhang & Gerbino, 1992).

Έρευνες σε ζώα

Πέρα όμως από τους ανθρώπους, έρευνες καταδεικνύουν την ικανότητα αντίληψης συμμετρικών οπτικών ερεθισμάτων και στα ζώα (κάτι που αποδεδειγμένα συμβαίνει με δελφίνια, μέλισσες, περιστέρια και πιθήκους) (Anderson et al., 2005. Benard, Stach & Giurfa, 2006. Delius & Habers, 1978. Delius & Nowak, 1982. Giurfa, Eichmann & Menzl, 1996. Horridge, 1997. Lehrer, et al., 1995. Menne & Curio, 1978. Radesater & Halldorsdottir, 1993. Rensch, 1958. von Ferson, Manos, Goldowsky & Roitblat, 1992). Η συμπεριφορά διαφόρων ζωικών ειδών υποστηρίζεται ότι επηρεάζεται από τη συμμετρία (Tyler, 1995), η οποία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο κατά την επιλογή συντρόφων (πχ. προτίμηση των περισσότερο κατοπτρικά, ως προς κάθετο άξονα, συμμετρικών προσώπων ή/και σχεδίων στα σώματα των άλλων ζώων) (Fiske & Amundsen, 1997. Moller, 1992. Moller & Thornhill,

Morris & Casey, 1998. Swaddle & Cuthill, 1994).

Αντίληψη συμμετρικών προσώπων στους ανθρώπους

Κάτι ανάλογο με την προτίμηση των περισσότερων συμμετρικών προσώπων ή σωμάτων στα ζώα, μάλλον συμβαίνει και για τον άνθρωπο (Berlyne, 1971. Cardenas & Harris, 2006. 2007. Grammer Fink, Juette, Ronzal & Thornhill, 2002. Grammer & Thornhill, 1994. Jacobsen & Hofel, 2002. Langlois & Roggman 1990. Little et al., 2001. Mealey et al., 1999. Penton-Voak et al., 2001. Perrett et al., 1999. Rhodes, Proffitt, Grady & Sumich, 1998. Rhodes, Sumich & Byatt, 1999. Rhodes et al., 2001. Rhodes & Zebrowitz, 2002. Scheib, Gangestad & Thornhill, 1999. Thornhill & Gangestad, 1993. 1999. Tovee, Taske & Benson, 2000), χωρίς όμως η προτίμηση αυτή για τη συμμετρία προσώπων να επηρεάζεται από τη μάθηση (Rentschler, Juttner, Unzicker & Landis, 1999. Washburn & Humphrey, 2001). Ο εντοπισμός συμμετρίας στα πρόσωπα φαίνεται να είναι καλύτερος για φυσιολογικά προσανατολισμένες φωτογραφίες, παρά για αναποδογυρισμένες, κάτι όμως που δεν μας διευκρινίζει το αν αυτή η ικανότητα είναι απόλυτα έμφυτη ή μαθημένη (Rhodes et al., 2005). Ως νευρωνικά αντίστοιχες περιοχές για την αντίληψη συμμετρίας στα πρόσωπα προτείνεται η OFA (occipital face area), ενώ για την αναγνώριση συμμετρίας σε οποιοδήποτε οπτικό ερέθισμα προτείνονται οι MOG και IOS (middle occipital gyri-μεσαίες ινιακές έλικες και intraoccipital sulci-ενδοινιακές αύλακες) (Chen, Kao & Tyler, 2007).

Η 'έννοια της συμμετρίας' σε παθολογικούς πληθυσμούς

Παθολογική παρουσίαση καθρεπτισμών γραμμάτων εμφανίζεται σε παιδιά με δυσλεξία, τα οποία κατά την παραγωγή γραπτού λόγου κάνουν συστηματικά αντιστροφές γραμμάτων ή συλλαβών (Κάκουρος & Μανιαδάκη, 2005). Επίσης, ασθενείς με μετωπιαία ατροφία εμφανίζουν συνήθως λεκτικές και οπτικές εμμονές με τη μορφή επαναλήψεων (Bayles, Tomoeda & Kaszniak, 1985. Neary, Snowden, Northern & Goulding, 1988. Sandson & Albert, 1987) και ασθενείς με ψυχαναγκαστική διαταραχή εμφανίζουν συνήθως εμμονές για τη συμμετρία των πραγμάτων στο χώρο τους (Hyman & Pedrick, 1999. Radozsky & Rachman, 2004). Ασθενείς οι οποίοι υποφέρουν από μονόπλευρη χωρική παραμέληση αδυνατούν να υποδείξουν το μέσο μιας ευθείας γραμμής, δηλαδή το κέντρο συμμετρίας της (Martin, 1999) και παρά την άθικτη ικανότητα αναγνώρισης συμμετρικών ως προς οριζόντιο άξονα αντικειμένων όταν αυτά εμφανίζονται εντός του πεδίου που αντιλαμβάνονται, αδυνατούν να αναγνωρίσουν κάθετα κατοπτρικά αντικείμενα ή τις αντανάκλασεις πραγματικών αντικειμένων από την περιοχή του οπτικού πεδίου που αγνοούν (Driver, Baylis & Rafal, 1992. Priftis et al. 2003. Ramachandran, Altschuler & Hillyer, 1997).

Ακόμη, ασθενείς με αμβλυωπία (ετερόπλευρη, ή σπανιότερα αμφοτερόπλευρη, ελάττωση της οξύτητας που προκαλείται από μη χρησιμοποίηση του ματιού κατά τη διάρκεια της νεογνικής και βρεφικής ηλικίας), αδυνατούν να αντιληφθούν την κατοπτρική συμμετρία (Levi & Saarinen, 2004), μια ανάλογη δυσκολία που εμφανίζεται και σε ασθενείς με μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια (retinitis pigmentosa, δηλαδή

σταδιακή εκφύλιση του αμφιβληστροειδούς) (Szleike, Seiple & Xie, 1995). Τέλος, άτομα που κάνουν χρήση LSD ή άλλων παραισθησιογόνων ουσιών ή που έχουν επιληπτικές κρίσεις αναφέρουν έντονα συμμετρικές παραισθήσεις (Ermentrout & Cowan, 1979. Siegel, 1976).

Φυσιολογικό υπόβαθρο

Το νευρολογικό υπόβαθρο της αντίληψης οπτικά συμμετρικών ερεθισμάτων αρχικά υποστηρίχθηκε ότι βασιζόταν σε ενεργοποίηση της περιοχής V1, η οποία είναι ευαίσθητη ως προς τον εντοπισμό του προσανατολισμού ενός ερεθίσματος (Lee et al., 1995. 1998). Πιο πρόσφατες έρευνες υποδεικνύουν αύξηση της ενεργοποίησης στην εξωταινωτή περιοχή του οπτικού φλοιού (Sasaki et al., 2005. van der Zwan et al., 1998). Η ενεργοποίηση μόνο του οπτικού φλοιού, και όχι άλλων εγκεφαλικών περιοχών, μάλλον θα πρέπει να ερμηνευθεί ως απόδειξη του ότι η αντίληψη συμμετρίας ακολουθεί επεξεργασία από κάτω προς τα επάνω (Sasaki et al., 2005). Αυτό ισχύει μέσω απεικόνισης fMRI τόσο στους ανθρώπους (με ενεργοποίηση των φλοιικών περιοχών V3A, V4, V7 και πλάγιων ινιακών περιοχών-LOC), όσο και στους πιθήκους του γένους *Macaca mulatta* (με ασθενέστερη όμως ενεργοποίηση σε σύγκριση με τους ανθρώπους των περιοχών V3A, V4, V7 και TEO) (Sasaki et al., 2005. Tyler et al., 2005).

Και σε αυτό το πείραμα επιβεβαιώνεται η υπεροχή στην αντίληψη κατοπτρικής συμμετρίας ως προς κάθετο άξονα, καθώς όταν παρουσιάζονταν συμμετρικές κουκκίδες ως προς οριζόντιο άξονα (συμμετρία του πάνω και κάτω μισού της εικόνας), εμφανιζόταν ελαφρώς μικρότερη ενεργοποίηση, σε σύγκριση με τις κουκκίδες που παρουσιάζονταν συμμετρικά ως προς κάθετο άξονα (συμμετρία δεξιού και αριστερού μισού της εικόνας) (Rollenhagen & Olson, 2000). Επίσης, επιβεβαιώνεται και πάλι η προτίμηση για τον καθρεπτισμό, έναντι της επανάληψης-μεταφοράς (Bruce & Morgan, 1975. Corballis & Roldan, 1974).

Πιθανή αναλογία των προηγούμενων εγκεφαλικών περιοχών με αντίστοιχα κέντρα στον ανθρώπινο φλοιό θα μπορούσε να βοηθήσει στην διαλεύκανση του νευρωνικού υποστρώματος που σχετίζεται με την αντίληψη συμμετρίας (Beck, Pinsk & Kastner, 2005). Βέβαια, αν και φαίνεται ότι η περιοχή V3A να ταυτίζεται σε ανθρώπους και πιθήκους (Tootell et al., 1997), υπάρχει διαφωνία ως προς το αν οι άλλες περιοχές μπορούν να θεωρηθούν ομόλογες ή όχι (Kastner et al., 2001. Wade et al., 2002). Άλλη περιοχή που έχει προταθεί η εμπλοκή της για την αντίληψη συμμετρίας είναι η κεντρική βρεγματική περιοχή, η οποία βρίσκεται μπροστά από τον ινιακό λοβό και θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν τοπολογική επέκτασή του (Croise et al., 2004. Jacobsen et al., 2006).

Μοντέλα αντίληψης συμμετρίας

Παρά το γεγονός της ύπαρξης πλήθος θεωρητικών προτάσεων για το μηχανισμό της αντίληψης συμμετρίας, μέχρι στιγμής δεν υπάρχει μια κοινά αποδεκτή θεωρία για το πώς το οπτικό σύστημα εντοπίζει και ανταποκρίνεται σε συμμετρικά σχέδια (Swaddle, 1999. Tyler, Hardage & Miller, 1995).

Κάποιοι ερευνητές προτείνουν έναν γενικό μηχανισμό

εντοπισμού και κωδικοποίησης της οπτικής συμμετρίας, ο οποίος λειτουργεί παράλληλα για το σύνολο των αντικειμένων του οπτικού πεδίου, ενώ άλλοι απορρίπτουν αυτήν την θέση και προτείνουν σειριακή επεξεργασία συγκρίσεων (Dakin & Herbert, 1998. Dakin & Watt, 1994. Huang, Pashler & Junge, 2004. Jenkins, 1982. Palmer & Hemenway, 1978).

Το πιο διαδεδομένο μοντέλο είναι αυτό των δύο σταδίων επεξεργασίας (two-stage model), το οποίο υποστηρίζει ότι όταν ζητείται από παρατηρητές να διαχωρίσουν ένα συμμετρικό σχέδιο από ένα τυχαίο σχέδιο, τότε λαμβάνει χώρα μια αδρή ανάλυση στην οποία δεν εμπλέκεται η προσοχή. Όταν όμως ζητείται από τα υποκείμενα να κάνουν πιο εξειδικευμένες κρίσεις (πχ. να ξεχωρίσουν τέλειες συμμετρίες από ελαφρώς διαταραγμένες συμμετρίες), τότε έχουμε ενεργοποίηση της προσοχής και διεργασιών «ένα-προς-ένα» αντιστοίχισης σημείων ή ομάδων σημείων (Dakin & Hess, 1997. Gurnsey, Herbert & Kenemy, 1998. Palmer & Hemenway, 1978. Rainville & Kingdom, 2000. Royer, 1981. Tapirovaara, 1990. van der Helm & Leeuwenberg, 1996).

Αυτήν την στιγμή υπάρχουν πέντε ομάδες προσέγγισης της συμμετρίας (Treder, 2010):

1) Τα *αναπαραστατικά μοντέλα* (Representational Models), τα οποία ασχολούνται με τις δομές και τις σχέσεις των μερών των ερεθισμάτων. Βασίζονται στα μαθηματικά και χωρίζονται σε δύο ομάδες: τη μετασχηματιστική προσέγγιση (transformational approach, TA) και την ολογραφική προσέγγιση (holographic approach, HA). Η πρώτη παρουσιάζει τις συμμετρίες ως γεωμετρικούς μετασχηματισμούς (μεταφορά, περιστροφή και αντανάκλαση) ομάδων σημείων, για τους οποίους υπάρχει μια εγγενής τάση προτίμησης και καλύτερης επεξεργασίας (Garner, 1974. Palmer, 1983), ενώ η δεύτερη προσέγγιση (ολογραφική) τονίζει τη σημασία των σημείων, έναντι των συνόλων σημείων για την αντίληψη συμμετρίας (van der Helm & Leeuwenberg, 1996. 1999).

2) Τα *διαδικαστικά μοντέλα* (Process Models) προσπαθούν να προσδιορίσουν τα βήματα επεξεργασίας που πρέπει να γίνουν στα οπτικά εισιόντα για να γίνει δυνατή η αναπαράσταση της συμμετρίας, αναφέροντας εξέταση των σχέσεων του ερεθίσματος, σημείο προς σημείο (Jenkins, 1983. Wagemans et al., 1993). Επίσης έχουν προταθεί και παρόμοιου τύπου μοντέλα που όμως προτείνουν τεμαχισμό του χώρου σε μικρότερα κελιά που περιέχουν τις μεμονωμένες κουκκίδες (όπως συμβαίνει με τα διαγράμματα Voronoi) (Barlow & Reeves, 1979. Dry, 2008).

3) Λόγω έλλειψης πειραματικών δεδομένων για τα *νευρωνικά μοντέλα* (Neural Models), δεν υπάρχει μια ικανοποιητική βιολογική προσέγγιση. Παρόλα αυτά η σημασία της κάθετης συμμετρίας έχει προταθεί απλοϊκά ότι μπορεί να προκύπτει από την κάθετα συμμετρική οργάνωση-αρχιτεκτονική του οπτικού φλοιού (Mach, 1950. Julesz, 1971), πράγμα όμως που δεν εξηγεί την επιτυχή αναγνώριση και άλλων μορφών συμμετρίας γύρω από διαφορετικούς άξονες. Ακόμη υπάρχουν δύο είδη υβριδικών μοντέλων που αντλούν στοιχεία και από τα διαδικαστικά μοντέλα και από τα νευρωνικά μοντέλα.

4) Τα *χωρικά μοντέλα φίλτραρίσματος* (Spatial Filtering Models) είναι ουσιαστικά διαδικαστικά μοντέλα, αλλά των οποίων οι προτεινόμενες υποθετικές διεργασίες είναι νευρωνικά

πιθανές, δηλαδή ικανές να συμβαίνουν σε βιολογικό επίπεδο (Dakin & Watt, 1994. Gurnsey, Herbert & Kenemy, 1998. Poirer & Wilson, 2010).

5) Τέλος, τα *μοντέλα τεχνητών νευρωνικών δικτύων* (Artificial Neural Network Models) προέρχονται από το χώρο της πληροφορικής. Τα ANN προτείνουν ότι η προτίμηση των ζωικών ειδών για τη συμμετρία και η αυτοματοποίηση κατά την εντόπισή της να αποτελούν υποπροϊόν της διαδικασίας αναγνώρισης εικόνας (Enquist & Arak, 1994. Osorio, 1996), καθώς -η σύμφωνα με αυτούς- μάλλον επίκτητη μαθημένη αναγνώριση συμμετρίας να οφείλεται στην πρώιμη εμπειρία με αντικείμενα που είναι προσανατολισμένα ως προς τον κάθετο ή και τον οριζόντιο άξονα (Latimer, Joung & Stevens, 1994).

Η αρχιτεκτονική των δικτύων αυτών είναι η κλασική (για τη συνδυαστική προσέγγιση), δηλαδή στοιχειώδεις μονάδες επεξεργασίας του δικτύου (υπολογιστικοί κόμβοι-νευρώνες) τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους στις συνάψεις, έχοντας συγκεκριμένα συναπτικά βάρη. Τα συστήματα αυτά μετά από μια φάση εκπαίδευσης με οπτικά ερεθίσματα, μαθαίνουν να εντοπίζουν συμμετρίες. Πέρα από τη χρήση νευρωνικών δικτύων στο χώρο της πληροφορικής, γίνεται έρευνα για τον εντοπισμό συμμετρίας και με χρήση αλγορίθμων που αφορούν επεξεργασία συγκεκριμένων πληροφοριών, όπως είναι τα περιγράμματα των σχεδίων, τα άκρα ή σύνολα σημείων (Atallah, 1985. Bowns & Morgan, 1993. Burton, Kollias & Alexandridis, 1984. Parry-Barwick & Bowyer, 1993. Sun, 1995. Marola, 1989. Wolter, Woo & Volz, 1985. Yen & Chan, 1994). Βέβαια, οι μελετητές της συμμετρίας που ακολουθούν αυτή την προσέγγιση αν και μελετούν και αυτοί το θέμα της συμμετρίας, δεν έχουν τον ίδιο στόχο με την πειραματική ψυχολογική έρευνα, καθώς αποσκοπούν στην δημιουργία συστημάτων που θα ανιχνεύουν επιτυχώς τη συμμετρία, χωρίς να ενδιαφέρονται για την εύρεση και προσομοίωση των πραγματικών διεργασιών της ανθρώπινης αντίληψης (Latimer, Joung & Stevens, 1994).

Μεθοδολογικοί προβληματισμοί

Κλείνοντας θα πρέπει να αναφερθεί ότι παρά την εκτεταμένη βιβλιογραφία που αφορά τη μελέτη της οπτικής αντίληψης συμμετρίας, οι μεθοδολογίες των αναφερόμενων ερευνών διαφοροποιούνται σε τέτοιο βαθμό, ώστε είναι σχεδόν αδύνατον να συγκριθούν μεταξύ τους, καθώς αφορούν διαφορετικά ζωικά είδη ή για τις έρευνες σε ανθρώπους αφορούν κυρίως μικρά δείγματα συμμετεχόντων, η ηλικία των οποίων κυμαίνεται κατά κύριο λόγο στο φάσμα 18-30. Επίσης, διαφέρει ο τρόπος και ο χρόνος παρουσίασης των ερεθισμάτων, αλλά και τα ίδια τα οπτικά ερεθίσματα, με κάποιους ερευνητές να χρησιμοποιούν ανθρώπινα πρόσωπα (Tjan & Liu, 2005), άλλους ερευνητές να χρησιμοποιούν συμμετρικούς σχηματισμούς με κουκκίδες μέσα σε μη-συμμετρικές ομάδες κουκκίδων (Barlow & Reeves, 1979) και άλλους να μελετούν γεωμετρικά σχήματα (Freyd & Tversky, 1984), είτε στον δυοδιάστατο, είτε στον τρισδιάστατο χώρο. Ακόμη, το γεγονός ότι οι έρευνες είναι συγχρονικές και όχι διαχρονικές, αποτελεί ένα πιθανό μεθοδολογικό μειονέκτημα, καθώς δεν έχουμε μια πλήρη εικόνα για την εξέλιξη της οπτικής, αλλά και της ακουστικής ανάπτυξης όσον αφορά την αντίληψη της συμμετρίας. Τέλος, η περιορισμένη έως ανύπαρκτη θεωρητική και ερευνητική

βιβλιογραφία για την ακουστική αντίληψη συμμετρίας –των μετασχηματισμών στη μουσική, οι οποίοι λειτουργούν ως αντίστοιχοι με τους οπτικούς μετασχηματισμούς-, αποτελεί

περιορισμό, καθώς δεν είναι δυνατή μια πλήρης συγκριτική εξέταση (με εφαρμογή των βασικών τριών γεωμετρικών μετασχηματισμών) και για τις δύο αισθήσεις.

Η εργασία αυτή βασίστηκε σε αποσπάσματα από την εισαγωγή της αδημοσίευτης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας: Γιαννούλη, Β. (2011). Διερεύνηση αντίληψης οπτικής και ακουστικής συμμετρίας, Τμήμα Ψυχολογίας, Α.Π.Θ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, O. S., Fitts, P. M., Rappaport, M., & Weinstein, M. (1954). Relations among some measures of pattern discriminability. *Journal of Experimental Psychology*, 48, 81-88.
- Alter, A., Oppenheimer, D., Epley, N., & Eyre, R. (2007). Overcoming intuition: Difficulty activates analytic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 136(4), 569-576.
- Anderson, J. R., Kuwahata, H., Kuroshima, F., Leighty, K. A. & Fujita, K. (2005). Are monkeys aesthetists? Rensch (1957) revisited. *Journal of Experimental Psychology*, 31, 71-78.
- Armstrong, M. A. (1988). *Groups and symmetry*. New York: Springer.
- Arnheim, R. (1974). *Art and visual perception*. Berkeley: University of California Press.
- Atallah, M. I. (1985). On symmetry detection. *IEEE Transactions on Computers*, 34(7), 663-666.
- Attneave, F. (1955). Symmetry, information, and memory for patterns. *American Journal of Psychology*, 68, 209-222.
- Bahnsen, P (1928). Eine untersuchung über symmetrie und asymmetrie bei visuellen wahrnehmungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 108, 129- 154.
- Barlow, H. B., & Reeves, B. C. (1979). The versatility and absolute efficiency of detecting mirror symmetry in random dots displays. *Vision Research*, 19, 783-793.
- Baylis, G. C. (1998). Visual parsing and object-based attention: A developmental perspective. In J. Richards (Ed.), *The cognitive neuroscience of attention: A developmental perspective*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Baylis, G. C., & Driver, J. (1995a). One-sided edge assignment in vision: I. Figure-ground segmentation and attention to objects. *Current Directions in Psychological Science*, 4, 140-146.
- Baylis, G. C., & Driver, J. (1995b). Obligatory edge assignment in vision: The role of figure and part segmentation in symmetry detection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 1323-1342.
- Baylis, G. C., & Driver, J. (2001). Perception of symmetry and repetition within and across visual shapes: Part-descriptions and object-based attention. *Visual Cognition*, 8(2), 163-196.
- Bayles, K. A., Tomoeda, C. K., & Kaszniak, A.W. (1985) Verbal perseveration of dementia patients. *Brain and Language*, 25, 102-116.
- Beck, D. M., Pinsk, M. A., & Kastner, S. (2005). Symmetry perception in humans and macaques. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(9), 405-406.
- Benard, J., Stach, S., & Giurfa, M. (2006). Categorization of visual stimuli in the honeybee *Apis mellifera*. *Animal Cognition*, 9, 257-270.
- Bentley, A. M. (1977). Symmetry in pattern reproduction by Scottish and Kenyan children. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 8, 415-424.
- Benton, A. L., Sivan, A. B., Hamsher, K. deS., Varney, N. R., & Spreen, O. (1983). Judgment of line orientation. *Contributions to neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Berlyne, D. E. (1971). *Aesthetics and psychobiology*. New York: Appleton.
- Boas, F. (1955). *Primitive art*. New York: Dover Publications.
- Bornstein, M., Ferdinandsen, K., & Gross, C. (1981). Perception of symmetry in infancy. *Developmental Psychology*, 17, 82- 86.
- Bornstein, M. H., & Krinsky, S. J. (1985). Perception of symmetry in infancy: The salience of vertical symmetry and the perception of pattern wholes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 39, 1-19.
- Boswell, S. L. (1976). Young children's processing of asymmetrical and symmetrical patterns. *Journal of Experimental Child Psychology*, 22, 309-318.
- Bowns, L., & Morgan, M. J. (1993). Facial features and axis of symmetry extracted using natural orientation information. *Biological Cybernetics*, 70, 137-144.
- Braine, L. G. (1978). A new slant on orientation perception. *American Psychologist*, 33, 10-22.
- Braitenberg, V. (1990). Reading the structure of brains. *Network*, 1, 1-11.
- Bregman, A. S. (1990). *Auditory scene analysis*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- Bruce, V. G., & Morgan, M. J. (1975). Violations of symmetry and repetition in visual patterns. *Perception*, 4, 239-249.
- Burton, F. W., Kollias, J. G., & Alexandridis, N. A. (1984). An implementation of the exponential pyramid data structure with application to determination of symmetries in pictures. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 25, 218-225.
- Calvert, G. A., Brammer, M. J., & Iversen, S. D. (1998). Crossmodal identification. *Trends in Cognitive Science*, 2(7), 247-253.
- Cardenas, R. A., & Harris, L. J. (2006). Symmetrical decorations enhance the attractiveness of faces and abstract designs. *Evolution and Human Behaviour*, 27, 1-18.
- Cardenas, R. A., & Harris, L. J. (2007). Do women's preferences for symmetry change across the menstrual cycle? *Evolution and Human Behaviour*, 28, 96-105.
- Carmody, D. P., Nodine, C. F., & Locher, P. (1977). Global detection of symmetry. *Perceptual and Motor Skills*, 45, 1267-1273.
- Carter, N. C. (2009). *Visual group theory: Classroom resource materials series*, Washington, D.C.: Mathematical Association of America.
- Chen, C. C., Kao, K-L. C., & Tyler, C. W. (2007). Face configuration processing in the human brain: The role of symmetry. *Cerebral Cortex*, 17, 1423-1432.
- Chipman, S. F., & Mendelson, M. J. (1975). The development of sensitivity to visual structure. *Journal of Experimental Child Psychology*, 20, 411-429.
- Corballis, M. C., & Beale, I. L. (1976). *The psychology of left and right*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Corballis, M. C., Miller, A., & Morgan, M. J. (1971). The role of left-right orientation in interhemispheric matching of visual information. *Perception & Psychophysics*, 10, 385-388.
- Corballis, M. C., & Roldan, C. E. (1974). On the perception of symmetrical and repeated patterns. *Perception and Psychophysics*, 16, 136-142.
- Corballis, M. C., & Roldan, C. E. (1975). Detection of symmetry as a function of angular orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 221-230.
- Croize, A. C., Ragot, R., Garnero, L., Ducorps, A., Pelegrini-Issac, M., Dauchot, K., Benali, H., Burnod, Y. (2004). Dynamics of parietofrontal networks underlying visuospatial short-term memory encoding. *NeuroImage*, 23, 787-99.
- Cronly-Dillon, J., Persaud, K., & Blore, R. (2000). Blind subjects construct conscious mental images of visual scenes encoded in musical form. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 267, 2231-2238.
- Cronly-Dillon, J., Persaud, K., & Gregory, R. P. F. (1999). The perception of visual images encoded in musical form: A study of

- cross-modality information transfer. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266, 2427-2433.
44. Csatho, A., van der Vloed, G., & van den Helm, P. A. (2004). The force of symmetry revisited: Symmetry-to-noise ratios regulate (a) symmetry effects. *Acta Psychologica*, 117, 233-250.
 45. Dakin, S. C., & Herbert, A. M. (1998). The spatial region of integration for visual symmetry detection. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 265, 659-664.
 46. Dakin, S. C., & Hess, R. F. (1997). The spatial mechanisms mediating symmetry perception. *Vision Research*, 37, 2915-2930.
 47. Dakin, S. C., & Watt, R. J. (1994). Detection of bilateral symmetry using spatial filters. *Spatial Vision*, 8, 393-413.
 48. Darvas G. (2007). *Symmetry*. Basel-Boston-Berlin: Birkhäuser.
 49. Delius, J. D., & Habers, G. (1978). Symmetry: Can pigeons conceptualize it? *Behavioural Biology*, 22, 336-342.
 50. Delius, J. D., & Nowak, B. (1982). Visual symmetry recognition by pigeons. *Psychological Research*, 44, 199-212.
 51. Deregowski, J. B. (1971). Symmetry, Gestalt and information theory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 23, 381-385.
 52. Deregowski, J. B. (1972). The role of symmetry in pattern reproduction by Zambian children. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 3, 303-307.
 53. Dinnerstein, D., & Wertheimer, M. (1957). Some determinants of phenomenal overlapping. *American Journal of Psychology*, 70, 21-37.
 54. Δρίβαζ, Β. (2009). Συμμετρία και επίπτεδο. Ανασύρθηκε από την ιστοσελίδα http://nicomedia.math.upatras.gr/~oxy/symmetry/symmetry_chap3.pdf.
 55. Driver, J., Baylis, G. C., & Rafal, R. (1992). Preserved figure-ground segregation and symmetry detection in visual neglect. *Nature*, 360, 73-75.
 56. Dry, M. J. (2008). Using relational structure to detect symmetry: A Voronoi tessellation based model of symmetry perception. *Acta Psychologica* 128, 75-90.
 57. Driver, J., Baylis, G. C., & Rafal, R. D. (1992). Preserved figure-ground segregation and symmetry perception in visual neglect. *Nature*, 360, 73-75.
 58. Eisenman, R. (1967). Complexity-simplicity: I. Preference for symmetry and rejection of complexity. *Psychonomic Science*, 8, 169-170.
 59. Eisenman, R., & Gellens, H. K. (1968). Preference for complexity - simplicity and symmetry-asymmetry. *Perceptual & Motor Skills*, 26, 888-890.
 60. Ekstom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976). *Kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, N.J.: Educational Testing Service.
 61. Enquist, M., & Arak, A. (1994). Symmetry, beauty and evolution. *Nature*, 372, 169-172.
 62. Ermentrout, G. B., & Cowan, J. D. (1979). A mathematical theory of visual hallucination patterns. *Biological Cybernetics*, 34, 137-150.
 63. Evans, C., Wenderoth, P., & Cheng, K. (2000). Detection of bilateral symmetry in complex biological images. *Perception*, 29, 31-42.
 64. Fantz, R. L., Fagan, H. F., & Miranda, S. B. (1975). Early visual selectivity as a function of pattern variables, previous exposure, age from birth and conception, and expected cognitive deficit. In B. Cohen & P. Salapatek (Eds.), *Infant Perception* (Vol. 1). New York: Academic Press.
 65. Field, N., & Golubitsky, M. (1992). *Symmetry in chaos. A search for pattern in mathematics, art and science*. New York: Oxford University Press.
 66. Fisher, C. B., Ferdinandsen, K., Bornstein, M. H. (1981). The role of symmetry in infant form discrimination. *Child Development*, 52, 457-462.
 67. Fisher, C. B., & Fracasso, M. P. (1987). The Goldmeier effect in adults and children: Environmental, retinal, and phenomenal influences on judgments of visual symmetry. *Perception*, 16, 29-39.
 68. Fiske, P., & Amundsen, T. (1997). Female bluethroats prefer males with symmetric colour bands. *Animal Behaviour*, 54, 81-87.
 69. Fitts, P. M., & Simon, C. W. (1952). Some relations between stimulus and performance in a continuous dual-pursuit task. *Journal of Experimental Psychology*, 43, 428-436.
 70. Fitts, P. M., Weinstein, M., Rappaport, M., Anderson, N., & Leonard, J. A. (1956). Stimulus correlates of visual pattern recognition: A probability approach. *Journal of Experimental Psychology*, 51, 1-11.
 71. Foster, D. H. (1991). Operating on spatial operations. In R. J. Watt (Ed.), *Pattern recognition by man and machine* (pp. 50-58). Basingstoke, UK: Macmillan.
 72. Freyd, J., & Tversky, B. (1984). Force of symmetry in form perception. *American Journal of Psychology*, 97(1), 109-126.
 73. Frijda, N. (1986). *The emotions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
 74. Garner, W. R. (1970). Good patterns have few alternatives. *American Scientist*, 58, 34-42.
 75. Garner, W.R. (1974). *The Processing of Information and Structure*. Potomac, MD, USA: Erlbaum.
 76. Garner, W. R., & Sutliff, D. (1974). The effect of goodness on encoding time in visual pattern discrimination. *Perception and Psychophysics*, 16, 426-430.
 77. Gerbino, W., & Zhang, L. (1991). Visual orientation and symmetry detection under affine transformations. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 480.
 78. Ghyska, M. (1946). *The geometry of art and life*. New York: Dover Publications.
 79. Giaquinto, M. (2005). From symmetry perception to basic geometry. In P. Mancosu, K. F. Jorgensen & S. A. Pendersen (Eds.), *Visualization, explanation and reasoning styles in mathematics* (pp. 31-55). New York: Springer.
 80. Gibson, J. J. (1929). The reproduction of visually perceived forms. *Journal of Experimental Psychology*, 12, 1-39.
 81. Giurfa, M., Eichmann, B., & Menzl, R., (1996). Symmetry perception in an insect. *Nature*, 382,458-461.
 82. Glass, L. (1969). Moiré effect from random dots. *Nature*, 223, 578-580.
 83. Glass, L., & Perez, R. (1973). Perception of random dot interference patterns. *Nature*, 246, 360-362.
 84. Glass, L., & Switkes, E. (1976). Pattern recognition in humans: Correlations which cannot be perceived. *Perception*, 5, 67-72.
 85. Goldmeier, E. (1972). Similarity in visually perceived forms. *Psychological Issues*, 8(1), 1-135.
 86. Gould, L. I. (2004). Seeing science through symmetry. An interdisciplinary multimedia course. *Symmetries in Science*, 9, 227-238.
 87. Grammer, K., Fink, B., Juette, A., Ronzal, G., & Thornhill, R. (2002). Female faces and bodies: n-dimensional feature space and attractiveness. In G. Rhodes & L. Zebrowitz, (Eds.), *Facial attractiveness: Evolutionary, cognitive, and social perspectives. Advances in visual cognition*, vol. 1 (pp. 91- 125). Westport, CT: Ablex Publishing.
 88. Grammer, K., & Thornhill, R. (1994). Human (Homo sapiens) facial attractiveness and sexual selection: The role of symmetry and averageness. *Journal of Comparative Psychology*, 108(3), 233-242.
 89. Gurnsey, R., Herbert, A. M., & Kenemy, J. (1998). Bilateral symmetry embedded in noise is detected accurately only at fixation. *Vision Research*, 38, 3795-3803.
 90. Hann, M. A., & Thomas, B. G. (2007 November). Beyond the bilateral- symmetry in two dimensional design. Paper presented at the meeting of the International Association of Societies of Design Research. The Hong Kong Polytechnic University.
 91. Hargittai, I., & Hargittai, M. (1994). *Symmetry: A unifying concept*. Bolinas, California: Shelter Publications, Inc.
 92. Held, R., & Richards, W. (1976). Recent progress in the perception. *Readings from Scientific American*. San Francisco: W. H. Freeman & Company.
 93. Herbert, A. (2008, March). Visual perception: Bilateral symmetry-detection and possible implications. Retrieved from <http://www.cis.rit.edu/seminar>.
 94. Herbert, A. M., Humphrey, G. K., & Jolicoeur, P. (1994). The detection of bilateral symmetry: Effects of surrounding frames. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 48, 140-148.
 95. Herbert, A., Overbury, O., Singh, J., & Faubert, J. (2002). Aging and bilateral symmetry detection. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57(3), 241-245.
 96. Herbert, A., Pelz, J. F., Calderwood, L., Cook, M., Curtis, M., DeAngelis, C., & Garrison, B. (2006). Searching for symmetry: Eye

- movements during a difficult symmetry detection task. Paper presented at the Optical Society of America Fall Vision Meeting. Rochester New York.
97. Hodges, W. (2003). The geometry of music. In J. Fauvel, R. Flood & R. Wilson (Eds.), *Music and mathematics: From Pythagoras to fractals* (pp. 91-112). New York: Oxford University Press.
 98. Hodgson, D. (2011). The first appearance of symmetry in the human lineage: Where perception meets art. *Symmetry*, 3, 37-53.
 99. Hogben, J. H., Julesz, B. & Ross, J. (1976). Short-term memory for symmetry. *Vision Research*, 16, 861-866.
 100. Hong, S., & Pavel, M. (2002). Determinants of symmetry perception. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 135-156). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 101. Horridge, G. A. (1996). The honeybee (*apis mellifera*) detects bilateral symmetry and discriminates its axis. *Journal of Insect Physiology*, 42, 755-764.
 102. Howard, I. P., & Templeton, W. B. (1966). *Human spatial orientation*. Oxford, England: John Wiley & Sons.
 103. Hoyles, C., & Healy, L. (1997). Unfolding meanings for reflective symmetry. *International Journal of Computers in Mathematical Learning*, 2(1), 27-59.
 104. Huang, L. Q., Pashler, H., & Junge, J. (2004). Are there capacity limitations in symmetry perception? *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(5), 862-869.
 105. Humphrey, G. K., & Humphrey, D. E. (1989). The role of structure in infant visual pattern perception. *Canadian Journal of Psychology*, 43, 165-182.
 106. Hyman, B. M., & Pedrick, C. (1999). *The OCD workbook*. Oakland: New Harbinger Publications.
 107. Jacklin, C. N. (1989). Female and male: Issues of gender. *American Psychologist*, 44, 127-133.
 108. Jacobsen, T., & Hofel, L. (2001). Aesthetics electrified: An analysis of descriptive symmetry and evaluative aesthetic judgment processes using event-related brain potentials. *Empirical Studies in the Arts*, 19, 177-190.
 109. Jacobsen, T., & Hofel, L. (2002). Aesthetics judgments of novel graphic patterns: Analyses of individual judgments. *Perceptual and Motor Skills*, 95, 755-766.
 110. Jacobsen, T., & Hofel, L. (2003). Descriptive and evaluative judgment processes: Behavioral and electrophysiological indices of processing symmetry and aesthetics. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 3, 289-299.
 111. Jacobsen, T., Schubotz, R. I., Hofel, L., & van Cramon, D. Y. (2006). Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *NeuroImage*, 29, 276-285.
 112. Jaeger, F. M. (1917). *Lectures on the principle of symmetry and its applications on natural science*. Amsterdam: Elsevier.
 113. Jenkins, B. (1982). Redundancy in the perception of bilateral symmetry in dot textures. *Perception and Psychophysics*, 32, 443-448.
 114. Jenkins, B. (1983). Component processes in the perception of bilaterally symmetric dot textures. *Perception and Psychophysics*, 34, 433-440.
 115. Johnstone, R. A. (1994). Female preference for symmetrical males as a by-product of selection for mate recognition. *Nature*, 372, 172-175.
 116. Julesz, B. (1966). Binocular disappearance of monocular symmetry. *Science*, 153, 657-658.
 117. Julesz, B. (1971). *Foundations of cyclopean perception*. Chicago: University of Chicago Press.
 118. Julesz, B. (1981). Figure and ground perception in briefly presented isodipole textures. In M. Kubovy, & J. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization* (pp. 27-54). Hillsdale: Erlbaum.
 119. Καϊμάκης, Π. (2005). Φιλοσοφία και μουσική: Η μουσική στους Πυθαγορείους, τον Πλάτωνα, τον Αριστοτέλη και τον Πλωτίνιο. Αθήνα: Μεταίχμιο.
 120. Κάκουρος, Ε., & Μανιαδάκη, Κ. (2005). Ψυχοπαθολογία παιδιών και εφήβων: Αναπτυξιακή προσέγγιση. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.
 121. Kastner, S., De Weerd, P., Pinski, M. A., Elizonzo, M. I., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2001). Modulation of sensory suppression: Implications for receptive field sizes in the human visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 86, 1398-1411.
 122. Kay, J., Lesser, R., & Coltheart, M. (1997). *Psycholinguistic Assessments of Language Processing in Aphasia*. Sussex: Psychology Press.
 123. Kayaert, G., & Wagemans, J. (2009). Delayed shape matching benefits from simplicity and symmetry. *Vision Research*, 49, 708-717.
 124. Kersteem-Tucker, Z. (1991). Long-term repetition priming with symmetrical polygons and words. *Memory & Cognition*, 19, 37-43.
 125. King, M., Meyer, G. E., Tangey, J., & Biederman, I. (1976). Shape constancy and a perceptual bias toward symmetry. *Perception and Psychophysics*, 19(2), 129-136.
 126. Kirkpatrick, M., & Rosenthal, G. G. (1994). Animal behaviour. Symmetry without fear. *Nature*, 372, 134-135.
 127. Knuchel, C. (2004). Teaching Symmetry in the Elementary Curriculum. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 1(1), 3-8.
 128. Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. Harcourt Brace: New York.
 129. Kolher, W. (1929). *Gestalt Psychology*. Liveright: New York.
 130. Labonté, F., Shapira, Y., Cohen, P., & Faubert, J. (2002). A model for global symmetry detection in dense images. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 265-287). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 131. Langlois, J. H., Roggman, L. A., & Musselman, L. (1994). What is average and what is not average about attractive faces? *Psychological Science*, 5, 214-220.
 132. Large, M. E., McMullen, P. A., & Hamm, J. P. (2003). The role of axes of elongation and symmetry in rotated object naming. *Perception and Psychophysics*, 65, 1-19.
 133. Latimer, C., Joung, W., & Stevens, C. (1994) Modelling symmetry detection with back-propagation networks. *Spatial Vision*, 8, 415-431.
 134. Lee, T. S., Mumford, D., Romero, R., & Lamme, V. A. (1998). The role of the primary visual cortex in higher level vision. *Vision Research*, 38, 2429-2454.
 135. Lee, T. S., Mumford, D., & Schiller, P. H. (1995). Neural correlates of boundary and medial axis representations in primate striate cortex. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 36, 477.
 136. Lehrer, M., Horridge, G. A., Zhang, S. W. & Gadagkar, R. (1995). Shape vision in bees: Innate preference for flower-like patterns. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 347, 123-137.
 137. Leikin, R., Berman, A., & Zaslavsky, O. (2000). Learning through teaching: The case of symmetry. *Mathematics Education Research Journal*, 12(1), 18-36.
 138. Leone, G., Lipshits, M., McIntyre, G., & Gurfinkel, V. (2002). Independence of bilateral symmetry detection from a gravitational reference frame. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 111-121). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 139. Levi, D. M., & Saarinen, J. (2004). Perception of mirror symmetry in amblyopic vision. *Vision Research*, 44, 2475-2482.
 140. Leyton, M. (1992). *Symmetry, causality, mind*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
 141. Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., Hannay, H. J., & Fischer, J. S. (2009). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
 142. Little, A. C., Burt, D. M., Penton-Voak, I. S., & Perrett, D. I. (2001). Self-perceived attractiveness influences human female preferences for sexual dimorphism and symmetry in male faces. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 268, 39-44.
 143. Liu, Z., & Kersten, D. (2003). Three-dimensional symmetric shapes are discriminated more efficiently than asymmetric ones. *Journal of Optical Society of America*, 20, 1331-1340.
 144. Locher, P. J., & Nodine, C. F. (1989). The perceptual value of symmetry. *Computational and Mathematics Applied*, 17, 475-484.
 145. Locher, P. J., & Smets, G. (1992). The influence of stimulus dimensionality and viewing orientation on detection of symmetry in dot patterns. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 30, 43-46.
 146. Locher, P. J., & Wagemans, J. (1993). The effects of element type and spatial grouping on symmetry detection. *Perception*, 22, 565-

- 587.
147. Mach, E. (1959). *The analysis of sensations*. New York: Dover Publications.
148. Machilsen, B., Pauwels, M., & Wagemans, J. (2009). The role of vertical mirror symmetry in visual shape detection. *Journal of Vision*, 9(12), 1–11.
149. Mancini, S., Sally, S. L., & Gurnsey, R. (2005). Detection of symmetry and anti-symmetry. *Vision Research*, 45, 2145–2160.
150. Marola, G. (1989). Using symmetry for detecting and locating objects in a picture. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 46, 179–195.
151. Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: W. H. Freeman.
152. Marr, D., & Nishihara, H. K. (1978). Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 200, 269–294.
153. Marshall, J. C., & Halligan, P. W. (1994). The Yin and the Yang of visuo-spatial neglect: A case study. *Neuropsychologia*, 32, 1037–1057.
154. Martin, G. N. (2006). *Human neuropsychology*. New Jersey: Prentice Hall.
155. Masame, K. (1983). Detection of symmetry in complex patterns: Is symmetrical projection to the visual system necessary for the perception of symmetry? *Tohoku Psychologica Folia*, 42, 27–33.
156. Masame, K. (1984). Detection of symmetry in relatively simple patterns. *Tohoku Psychologica Folia*, 43, 42–48.
157. Masame, K. (1985). Perception of symmetry in patterns constructed from two kinds of elements. *Tohoku Psychologica Folia*, 44, 59–65.
158. Masame, K. (1986). Rating of symmetry as continuum. *Tohoku Psychologica Folia*, 45, 17–27.
159. Masame, K. (1987). Judgment of degree of symmetry in block patterns. *Tohoku Psychologica Folia*, 46, 43–50.
160. Masame, K. (1988). Sampling of patterns varying on degree of symmetry with subject-generating method. *Tohoku Psychologica Folia*, 47, 57–62.
161. McBeath, M. K., Schiano, D. J., & Tverksy, B. (1997). Three-dimensional bilateral symmetry bias in judgments of figural identity and orientation. *Psychological Science*, 8, 217–223.
162. Mealey, L., Bridgestock, R., & Townsend, G. C., (1999). Symmetry and perceived facial attractiveness: A monozygotic co-twin comparison. *Journal of Personality & Social Psychology*, 76, 151–158.
163. Menne, M., & Curio, E. (1978). Untersuchungen zum symmetrie-konzept bei kohlmeisen (*Parus major* L.). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 47, 299–322.
164. Meshkov, S. (2009). The symmetries of nature. *Journal of Physics: Conference Series*, 196, 1–7.
165. Miller, W. (1972). *Symmetry groups and their applications*. London: Academic Press.
166. Moller, A. P. (1992). Female swallow preference for symmetrical male sexual ornaments. *Nature*, 357, 238–240.
167. Moller, A. P., & Thornhill, R. (1998). Bilateral symmetry and sexual selection: A meta-analysis. *American Naturalist*, 151, 174–192.
168. Morales, D., & Pashler, H. (1999). No role for colour in symmetry perception. *Nature*, 399(6732), 115–116.
169. Morris, M. R., & Casey, K. (1998). Female swordtail prefer symmetrical sexual signal. *Animal Behaviour*, 52, 33–39.
170. Munsinger, H., & Forsman, R. (1966). Symmetry, development, and tachistoscopic recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 3, 168–176.
171. Neary, D., Snowden, J. S., Northern, B., & Goulding, P. J. (1988). Dementia of frontal lobe type. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 51, 353–361.
172. Nicholle, J. (1950). *La symétrie et ses applications*. Paris: Albin Michell.
173. Niimi, R., Watanabe, K., & Yokosawa, K. (2008). The dynamic-stimulus advantage of visual symmetry perception. *Psychological Research*, 72, 567–579.
174. Osorio, D. (1996). Symmetry detection by categorization of spatial phase, a model. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 263, 105–110.
175. Palmer, S. E. (1983). *Human and machine vision*. New York: Academic Press.
176. Palmer, S. E. (1985). The role of symmetry in shape perception. *Acta Psychologica*, 59, 67–90.
177. Palmer, S. E., & Hemenway, K. (1978). Orientation and symmetry: effects of multiple, rotational, and near symmetries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 691–702.
178. Παπαδόπουλος, Ν. (2005). *Λεξικό της ψυχολογίας*. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική.
179. Paraskevopoulos, I. (1968). Symmetry, recall, and preference in relation to chronological age. *Journal of Experimental Child Psychology*, 6, 254–264.
180. Parry-Barwick, S., & Bowyer, A. (1993). Symmetry analysis and geometric modeling. In K. K. Fung and A. Ginige (Eds.), *Digital image computing: Techniques and applications*, Vol. I. (pp. 39–46). Australia: Australian Pattern Recognition Society.
181. Pashler, H. (1990). Coordinate frame for symmetry detection and object recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(1), 150–163.
182. Peoples, L. (2010). Making scents of sounds. *Scientific American*, 302(4), 28–29.
183. Pennisi, E. (1995). Not simply symmetry. *Science News*, 147, 46–47.
184. Penton-Voak, I. S., Jones, B. C., Little, A. C., Baker, S., Tiddeman, B., Burt, D. M., & Perrett, D. I. (2001). Symmetry, sexual dimorphism facial proportions and male facial attractiveness. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 268, 1–7.
185. Perrett, D. I., Burt, D. M., Penton-Voak, I., Lee, K., Rowland, D., & Edwards, R. (1999). Symmetry and human facial attractiveness. *Evolution and Human Behaviour*, 20, 295–307.
186. Pinker, S. (1997). *How the mind works*. New York: Norton.
187. Poirer, F., & Wilson, H. R. (2010). A biologically plausible model of human shape symmetry perception. *Journal of Vision*, 10(1), 1–16.
188. Pomerantz, J. R. (1977). Pattern goodness and speed of encoding. *Memory and Cognition*, 5, 235–241.
189. Pothos, E., & Ward, R. (2000). Symmetry, repetition, and figural goodness: An investigation of the Weight of Evidence theory. *Cognition*, 75, 65–78.
190. Priftis, K., Rusconi, E., Umiltà, C., & Zorzi, M. (2003). Pure agnosia for mirror stimuli after right inferior parietal lesion. *Brain*, 126, 8–19.
191. Quinlan, P. T. (2002). Evidence for the use of scene-based frames of reference in two-dimensional shape recognition. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 85–109). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
192. Radesiter, T., & Halldorsdottir, H. (1993). Fluctuating asymmetry and forceps size in earwigs, *Forficula auricularia*. *Animal Behaviour*, 45, 626–628.
193. Radomsky, A. S., & Rachman, S. (2004). Symmetry, ordering and arranging compulsive behaviour. *Behaviour Research and Therapy*, 42, 893–913.
194. Rainville, S. J. M., & Kingdom, F. A. A. (2000). The functional role of oriented spatial filters in the perception of mirror symmetry. *Psychophysics modeling. Vision Research*, 40, 2621–2644.
195. Rainville, S. J. M., & Kingdom, F. A. A. (2002). Scale invariance is driven by stimulus density. *Vision Research*, 42, 351–367.
196. Ramachandran, V. S., Altschuler, E. L., & Hillyer, S. (1997). Mirror agnosia. *Proceedings of Biological Sciences*, 264, 645–647.
197. Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365, 611.
198. Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience? *Personality and Social Psychology Review*, 8, 364.
199. Reber, R., Winkielman, P., & Schwarz, N. (1998). Effects of perceptual fluency on affective judgements. *Psychological Science*, 9, 45–48.
200. Redies, C., Hasenstein, J., & Denzler, J. (2007). Fractal-like image statistics in visual art: Similarity to natural scenes. *Spatial Vision*, 21, 137–148.
201. Rensch, B. (1958). Die wirksamkeit ästhetischer faktoren bei wirbeltieren. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 15, 447–461.
202. Rentschler, I., Juttner, M., Unzicker, A., & Landis, T. (1999). Innate

- and learned components of human visual preference. *Current Biology*, 9, 665–671.
203. Rhodes, G., Geddes, K., Jeffery, L., Dziurawiec, S., & Clark, A. (2002). Are average and symmetric faces attractive to infants? Discrimination and looking preferences. *Perception*, 31, 315-321.
 204. Rhodes, G., Peters, M., Lee, K., Morrone, M. C., & Burr, D. (2005). Higher-level mechanisms detect facial symmetry. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 272, 1379–1384.
 205. Rhodes, G., Proffitt, F., Grady, J., & Sumich, A. (1998). Facial symmetry and the perception of beauty. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5, 659–669.
 206. Rhodes, G., Sumich, A., & Byatt, G. (1999). Are average facial configurations only attractive because of their symmetry? *Psychological Science*, 10, 52-58.
 207. Rhodes, G., Yoshikawa, S., Clark, A., Lee, K., MacKay, R., & Akamatsu, S. (2001). Attractiveness of facial averageness and symmetry in non-Western cultures: In search of biologically based standards of beauty. *Perception*, 30(5), 611-625.
 208. Rhodes, G., & Zebrowitz, L. A. (2002). *Advances in visual cognition (Volume 1) Facial attractiveness: Evolutionary, cognitive and social perspectives*. Westport, CT: Ablex.
 209. Rock, I. (1983). *The logic of perception*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
 210. Rock, I., & Leaman, R. (1963). An experimental analysis of visual symmetry. *Acta Psychologica*, 21, 171-183.
 211. Rollenhagen, J. E., & Olson, C. R. (2000). Mirror-image confusion in single neurons of the macaque inferotemporal cortex. *Science*, 287, 1506-1508.
 212. Romei, V., Murray, M. M., Cappe, C., & Thut, G. (2009). Preperceptual and stimulus-selective enhancement of low-level human visual cortex excitability by sounds. *Current Biology* 19, 1799–1805.
 213. Rosen, J. (1975). *Symmetry discovered. Concepts and applications in nature and science*. New York: Dover Publications.
 214. Rosen, J. (2009) Commentary: Symmetry at the foundation of science and nature. *Symmetry*, 1, 3–9.
 215. Rosenblum, L. D. (2010). *See what I'm saying: The extraordinary powers of our five senses*. New York: W. W. Norton & Company.
 216. Royer, F. L. (1981). Detection of symmetry. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(6), 1186-1210.
 217. Saarinen, J. (1988). Detection of mirror symmetry in random dot patterns at different eccentricities. *Vision Research*, 28(6), 755-759.
 218. Sacks, O. (2007). *Musophilia. Tales of music and the brain*. New York: Alfred A. Knopf.
 219. Samuels, C. A., Butterworth, G., Roberts, T., Graupner, L., & Hole, G. (1994). Facial aesthetics babies prefer attractiveness to symmetry. *Perception*, 23, 823–831.
 220. Sandson, J., & Albert, M. L. (1987). Perseveration in behavioral neurology. *Neurology*, 37, 1736-1741.
 221. Saragusti, I., Karasik, A., Sharon, I., & Smilansky, U. (2004). Symmetry and roughness of pre-historical tools: Archaeological evidence on the development of the human capability to produce symmetric and smooth-edged tools during the Lower Paleolithic. Paper presented at Kimmel Centre for archaeological studies. The Weizmann Institute of Science, Israel.
 222. Sasaki, Y., Vanduffel, W., Knutsen, T., Tyler, C., & Tootell, R. (2005). Symmetry activates extrastriate visual cortex in human and nonhuman primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 102, 3159-3163.
 223. Scheib, J. E., Gangestad, S. W., & Thornhill, R. (1999). Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266, 1913–1917.
 224. Seidel, J. (1998). Symmetry in season. *Teaching Children Mathematics*, 4, 244-246.
 225. Sekuler, A. B., & Swimmer, M. B. (2000). Interactions between symmetry and elongation in determining reference frames for object perception. *Canadian Journal of Psychology*, 54, 42–55.
 226. Servatius, B. (1997). The geometry of folding paper dolls. *The Mathematical Gazette*, 81(490), 29-36.
 227. Shepard, R. N., & Levitin, D. J. (2002). Cognitive psychology and music. In D. J. Levitin (Ed.), *Foundations of cognitive psychology: Core Readings*. (pp. 503-514). Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
 228. Shubnikov, A. V., & Koptsik, V. A. (1974). *Symmetry in science and art*. New York: Plenum Press.
 229. Siegel, R. (1976). *Hallucinations in the mind's eye. Readings from Scientific American*. New York: W. H. Freeman & Co.
 230. Snyder, B. (2000). *Music and memory: An introduction*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
 231. Spears, W. C. (1964). Assessment of visual preference and discrimination in the four-month-old infant. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 57, 381-386.
 232. Stein, B. A., & Meredith, M. A. (1993). *The merging of the senses*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
 233. Stevens, P. (1981). *Handbook of regular patterns: An introduction to symmetry in two dimensions*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
 234. Stewart, I., & Golubitsky, M. (1992). *Fearful symmetry: Is god a geometer?* Cambridge, MA: Blackwell.
 235. Stucchi, N., Graciò, V., Toneatto, C., & Scocchi, L. (2010). The perceptual salience of symmetrical and asymmetrical sections of a line. *Perception*, 39, 1026–1042.
 236. Sun, C. (1995). Symmetry detection using gradient information. *Pattern Recognition Letters*, 16, 987-996.
 237. Swaddle, J. P. (1999). Visual signalling by asymmetry: A review of perceptual processes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 354, 1383–1393.
 238. Swaddle, J. P., & Cuthill, I. C. (1994). Preference for symmetric males by female zebra finches. *Nature*, 367, 165-166.
 239. Szilagy, P. G., & Baird, J. C. (1977). A quantitative approach to the study of visual symmetry. *Perception and Psychophysics*, 22, 287-292.
 240. Szlyck, J. P., Rock, I., & Fisher, C. B. (1995). Level of processing in the perception of symmetrical forms viewed from different angles. *Spatial Vision*, 9(1), 139-150.
 241. Szlyck, J. P., Seiple, W., & Xie, W. (1995). Symmetry discrimination in patients with retinitis pigmentosa. *Vision Research*, 35(11), 1633-1640.
 242. Tapiovaara, M. (1990). Ideal observer and absolute efficiency of detecting mirror symmetry in random images. *Journal of Optical Society of America*, 7, 2245-2253.
 243. Tarasov, L. V. (1986). *This amazingly symmetrical world. Symmetry around us. Symmetry at the heart of everything*. New York: Mir Publishers.
 244. Temperley, D. (2001). *The cognition of basic musical structures*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
 245. Τζεκάκη, Μ. (1996). *Μαθηματικές δραστηριότητες για την προσχολική ηλικία*. Αθήνα: Gutenberg.
 246. Τζεκάκη, Μ., & Χριστοδούλου, Ι. (2004). Τα μαθηματικά, ένα παιχνίδι. Στο Π. Χατζηκαμάρη & Μ. Κοκκίδου (Επιμ.), *Το παιχνίδι στην εκπαιδευτική διαδικασία, Πρακτικά διημερίδας*, (σ. 109-118). Θεσσαλονίκη: University Press.
 247. Thomas, A. L. R. (1993). On avian asymmetry: The evidence of natural selection for symmetrical tails and wings in birds. *Proceedings of the Royal Society of London B. Biological Sciences*, 252, 245-251.
 248. Thornhill, R. (1992). Fluctuating asymmetry and the mating system of the Japanese scorpionfly, *Panorpa japonica*. *Animal Behaviour*, 44, 867-879.
 249. Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1993). Human facial beauty: Averageness, symmetry, and parasite resistance. *Human Nature*, 4, 237–269.
 250. Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1994). Human fluctuating asymmetry and sexual behavior. *Psychological Science*, 5, 297-302.
 251. Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1999). Facial attractiveness. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 452–460.
 252. Tinio, P. P. L., & Leder, H. (2009). Just how stable are stable aesthetic features? Symmetry, complexity, and the jaws of massive familiarization. *Acta Psychologica*, 130, 241-150.
 253. Tjan, B. S., & Liu, Z. (2005). Symmetry impedes symmetry discrimination. *Journal of Vision*, 5, 88-900.
 254. Tootell, R. B. H., Mendola, J. D., Hadjikhani, N. K., Ledden, P. J., Liu, A. K., Reppas, J. B., Sereno, M. I., & Dale, A. M. (1997). Functional

- analysis of V3A and related areas in human visual cortex. *The Journal of Neuroscience*, 17(18), 7060–7078.
255. Toth, N. (1990). The prehistoric roots of a human concept of symmetry. *Symmetry: Culture and Science*, 1(3), 257–281.
256. Touroutoglou, A., & Efklides, A. (2010). Cognitive interruption as an object of metacognitive monitoring: Feeling of difficulty and surprise. In A. Efklides & P. Misailidi (Eds.), *Trends and prospects in metacognition research* (pp. 171–208). New York: Springer.
257. Tovee, M. J., Tasker, K., & Benson, P. J. (2000). Is symmetry a visual cue to attractiveness in the human female body? *Evolution and Human Behaviour*, 21, 191–200.
258. Treder, M. S. (2010). Behind the looking-glass: A review on human symmetry perception. *Symmetry*, 2, 1510–1543.
259. Tuckey, S. F. (2005). Mind the tempo: Children's conceptions of symmetry in time. Paper presented at the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.
260. Tyler, C.W. (1995). Empirical aspects of symmetry perception. *Spatial Vision*, 9, 1–7.
261. Tyler, C. W. (2002). *Human symmetry perception and its computational analysis*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
262. Tyler, C. W., Baseler, H. A., Kontsevich, L. L., Likova, L. T., Wade, A. R., & Wandell, B. A. (2005). Predominantly extra-retinotopic cortical response to pattern symmetry. *NeuroImage*, 24, 306–314.
263. Tyler, C.W., & Hardage, L. (2002). Mirror symmetry detection: Predominance of second-order pattern processing throughout the visual field. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 157–172). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
264. Tyler, C. W., Hardage, L., & Miller, R. T. (1995). Multiple mechanisms for the detection of mirror symmetry. *Spatial Vision*, 9(1), 79–100.
265. Valentine, C. W. (1925). *An introduction to the experimental psychology of beauty*. London: Jack.
266. VandenBos, G. (2002). *APA dictionary of psychology*. Washington D.C.: American Psychological Association.
267. van der Helm, P. A., & Leeuwenberg, E. L. (1996). Goodness of visual regularities: A nontransformational approach. *Psychological Review*, 103, 429–456.
268. van der Helm, P.A., & Leeuwenberg, E. L. (1999). A better approach to goodness: Reply to Wagemans. *Psychological Review*, 106, 622–630.
269. Van der Vloed, G., Csatho, A., & van der Helm, P. A. (2007). Effects of asynchrony on symmetry perception. *Psychological Research*, 71, 170–177.
270. van der Zwan, R., Leo, E., Joung, W., Latimer, C., & Wenderoth, P. (1998). Evidence that both area V1 and extrastriate visual cortex contribute to symmetry perception. *Current Biology*, 8, 889–892.
271. Vetter, T., & Poggio, T. (1994). Symmetrical 3D objects are an easy case for 2D object. *Spatial Vision*, 8(4), 443–453.
272. Vetter, T., Poggio, T., & Bulthoff, H. H. (1994). The importance of symmetry and virtual views in three dimensional object recognition. *Current Biology*, 4, 18–23.
273. Voloshinov, A. V. (1996). Symmetry as a superprinciple of science and art. *Leonardo*, 29(2), 109–113.
274. von Ferson, L., Manos, C. S., Goldowsky, B., & Roitblat, H. (1992). *Marine mammal sensory systems*. New York: Plenum.
275. Wade, A. R., Brewer, A. A., Rieger, J. W., & Wandell, B. A. (2002). Functional measurements of human ventral occipital cortex: Retinotopy and colour. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. Biological Sciences*, 357, 963–973.
276. Wagemans, J. (1993). Skewed symmetry: A nonaccidental property used to perceive visual forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(2), 364–380.
277. Wagemans, J. (1995). Detection of visual symmetries. *Spatial Vision*, 9, 9–32.
278. Wagemans, J. (1997). Characteristics and models of human symmetry detection. *Trends in Cognitive Science*, 1(9), 346–352.
279. Wagemans, J. (1999). Parallel visual processing in symmetry perception: Normality and pathology. *Documenta Ophthalmologica*, 95, 359–370.
280. Wagemans, J., van Gool, L., & d'Ydewalle, G. (1991). Detection of symmetry in tachistoscopically presented dot patterns: Effects of multiple axes and skewing. *Perception & Psychophysics*, 50, 413–427.
281. Wagemans, J., van Gool, L., & d'Ydewalle, G. (1992). Orientational effects and component processes in symmetry detection. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44, 475–508.
282. Wagemans, J., van Gool, L., Swinnen, V., & van Horebeek, J. (1993). Higher-order structure in regularity detection. *Vision Research*, 33, 1067–1088.
283. Washburn, D. K., & Crowe, D. S. (1988). *Symmetries of Culture*. Seattle: University of Washington Press.
284. Washburn, D., & Humphrey, D. (2001). Symmetries in the mind: Production, perception, and preference for seven one-dimensional patterns. *Visual Arts Research*, 70, 57–68.
285. Wenderoth, P. (1994). The salience of vertical symmetry. *Perception*, 23, 221–236.
286. Wenderoth, P. (1995). The role of pattern outline in bilateral symmetry detection with briefly flashed dot patterns. *Spatial Vision*, 9, 57–77.
287. Wenderoth, P. (1996). The effects of dot pattern parameters and constraints on the relative salience of vertical bilateral symmetry. *Vision Research*, 36, 2311–2320.
288. Wenderoth, P. (1997a). The effects on bilateral symmetry detection of multiple symmetry, near symmetry, and axis orientation. *Perception*, 26, 891–904.
289. Wenderoth, P. (1997b). The role of implicit axes of bilateral symmetry in orientation processing. *Australian Journal of Psychology*, 49(3), 176–181.
290. Wenderoth, P. (2002). The role of pattern outline in bilateral symmetry detection with briefly flashed dot patterns. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 49–70). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
291. Weyl, H. (1952). *Symmetry*. New Jersey: Princeton University Press.
292. Wislon, H. R., & Wilkinson, F. (2002). Symmetry perception: A novel approach for biological shapes. *Vision Research*, 42, 589–597.
293. Wilson, H. R., Wilkinson, F., Lin, L. M., & Castillo, M. (2000). Perception of head orientation. *Vision Research*, 40(5), 459–472.
294. Wigner, E. O. (1970). *Symmetries and reflections. Scientific essays*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
295. Wolfe, J. M., & Friedman-Hill, S. R. (1992). On the role of symmetry in visual search. *Psychological Science*, 3, 194–198.
296. Wolter, J. D., Woo, T. C., & Volz, R. A. (1985). Optimal algorithms for symmetry detection in two and three dimensions. *The Visual Computer*, 1, 37–48.
297. Xistouri, X. (2007). Students' ability in solving line symmetry tasks. *CERME*, 5, 526–535.
298. Xistouri, X., & Pitta-Pantazi, D. (2006). Spatial rotation and perspective taking abilities in relation to performance in reflective symmetry tasks. In J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká & N. Stehlíková (Eds.), *Proceedings 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Vol. 5*, (pp. 425–432). Prague: PME.
299. Yuen, K. S. Y., & Chan, W. W. (1994). Two methods for detecting symmetries. *Pattern Recognition Letters*, 15, 279–286.
300. Zabrodsky, H., & Algom, D. (2002). Continuous symmetry: A model for human figural perception. In C. W. Tyler (Ed.), *Human symmetry perception and its computational analysis* (pp. 289–301). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
301. Zhang, L., & Gerbino, W. (1992). Symmetry in opposite-contrast dot patterns. *Perception*, 21(2), 95.
302. Zimmer, A. C. (1984). Foundations for the measurement of phenomenal symmetry. *Gestalt Theory*, 6, 118–157.