

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ

Χρωματική αντίληψη ουδέτερων χρωμάτων

Πτυχιακή εργασία

ΣΚΛΑΒΕΝΙΤΗ ΣΟΦΙΑ
ΑΜ : 2049

Επιβλέπων καθηγητής : Οικονόμου Ηλίας

ΡΕΘΥΜΝΟ
2010

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή.....	2
Κεφάλαιο 1 : Βασικές αρχές που διέπουν την χρωματική αντίληψη.....	3 - 8
Κεφάλαιο 2 : Θεωρίες της οπτικής αντίληψης	
2.1 Θεωρίες γνωστικών μηχανισμών.....	9 - 22
2.2 Θεωρίες αντίθεσης.....	23 - 34
2.3 Θεωρίες σταθερού σημείου.....	35 - 46
Κεφάλαιο 3 : Λάθη της οπτικής αντίληψης : Εμπειρικά συμπεράσματα.....	47 - 49
Κεφάλαιο 4 : Καταγραφή και ερμηνεία των οπτικών πλανών.....	50
4.1 Πλάνες σύμφωνες με το φαινόμενο της αντίθεσης.....	51 - 63
4.2 Πλάνες που δεν συμφωνούν με το φαινόμενο της αντίθεσης.....	64 - 78
4.3 Πλάνες κρυφού φωτισμού.....	79 - 84
Συμπεράσματα.....	85 - 87
Βιβλιογραφία.....	88 - 96

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των βασικότερων θεωριών χρωματικής αντίληψης στο πεδίο των ουδέτερων χρωμάτων και με βάση αυτές επιχειρεί να ερμηνεύσει τις κυριότερες οπτικές πλάνες που έχουν μελετηθεί ερευνητικά. Στόχος μέσα από αυτή τη διαδικασία είναι να διαφωτιστούν οι παράγοντες που συνθέτουν την χρωματική αντίληψη, μέσω της μελέτης των λαθών της, και να αποτιμηθούν οι θεωρίες με βάση το πόσο προσεγγίζουν σύνθετα χρωματικά φαινόμενα και συνεπώς την πολυπλοκότητα της οπτικής αντίληψης.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μία σύντομη παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών και αρχών που διέπουν την χρωματική αντίληψη. Ακολουθεί η αναφορά στα σημαντικότερα θεωρητικά ρεύματα που έχουν αναπτυχθεί σε αυτό το πεδίο. Στο τρίτο κεφάλαιο καταγράφονται τα εμπειρικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τη συστηματική μελέτη των οπτικών λαθών και τέλος γίνεται η καταγραφή και ερμηνεία των οπτικών πλανών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασικές αρχές που διέπουν την χρωματική αντίληψη

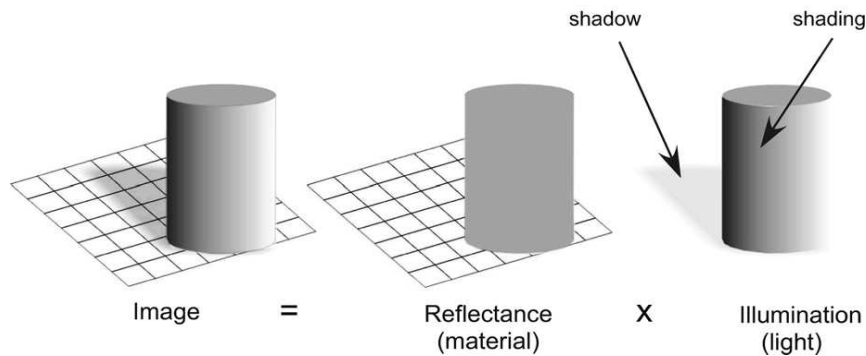
Η σχετική φυσική διαφορά μεταξύ μιας επιφάνειας που φαίνεται μαύρη και μιας άλλης που φαίνεται άσπρη εκφράζεται στην ανακλαστικότητα (reflectance). Όλες οι επιφάνειες απορροφούν ένα ποσοστό από το φως που τα φωτίζει και αντανακλούν το υπόλοιπο. Το ποσοστό του φωτός που ανακλάται ονομάζεται ανακλαστικότητα. Οι άσπρες επιφάνειες αντανακλούν περίπου το 90% του φωτός που δέχονται, ενώ οι μαύρες επιφάνειες αντανακλούν περίπου το 3%. Παρ' όλα αυτά αν μία άσπρη και μία μαύρη επιφάνεια βρεθούν η μία δίπλα στην άλλη στο ίδιο επίπεδο, η άσπρη επιφάνεια θα αντανακλά 30 φορές περισσότερο φως στο μάτι από τη μαύρη επιφάνεια. Επίσης εάν πάνω στην άσπρη επιφάνεια πέσει σκιά, τότε θα μπορεί να αντανακλά ακριβώς την ίδια ποσότητα φωτός με τη μαύρη επιφάνεια που βρίσκεται εκτός σκιάς. Αυτό συμβαίνει όταν ο φωτισμός της επιφάνειας εκτός σκιάς είναι 30 φορές μεγαλύτερος από τον φωτισμό την επιφάνειας που βρίσκεται μέσα στη σκιά (Gilchrist, 2006, p. 4).

Το φως που ανακλάται από κάθε επιφάνεια ξεχωριστά, δεν περιέχει καθόλου ίχνη από τη γκρίζα επιφάνεια από την οποία ανακλάστηκε. Επομένως, η ποσότητα του φωτός που ανακλάται από μία επιφάνεια στο μάτι είναι προϊόν τόσο της ανακλαστικότητας της επιφάνειας (r) όσο και της έντασης του φωτισμού της επιφάνειας που δέχεται (illumination). Η σχέση αυτή αποτυπώνεται στην εξίσωση

$$L = R \times E,$$

όπου L είναι η αντίληψη φωτεινότητας, η ποσότητα δηλαδή τυχαίου φωτός που φτάνει στο μάτι από μία επιφάνεια, R η ανακλαστικότητα, δηλαδή το ποσοστό τυχαίου φωτός που ανακλάται από μία επιφάνεια που συχνά αναφέρεται και ως albedo, και E η ένταση του φωτισμού της επιφάνειας, η ποσότητα δηλαδή του τυχαίου φωτός πάνω στην επιφάνεια (Gilchrist, 2006, p. 5).

Αυτό που φτάνει στο μάτι του παρατηρητή είναι το L και προσπαθεί να προσδιορίσει το E και το R που πολλαπλασιάζονται για να το σχηματίσουν.



Μία εικόνα διαχωρισμένη σε κλίμακα ανακλαστικότητας και φωτισμού επιφάνειας

Πηγή : Kingdom, Perceiving light versus material, 2008

Αν όμως το E και το R είναι αυθαίρετες αναλογίες, είναι αδύνατο να διαχωριστούν, αφού για κάθε E υπάρχει και ένα R που παράγει την παρατηρούμενη εικόνα. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι μπορούν και προσαρμόζονται σε αυτό το πρόβλημα που φαίνεται άλυτο υποδηλώνει ότι ο φωτισμός της επιφάνειας και ανακλαστικότητα δεν είναι αυθαίρετες αναλογίες. Στην πραγματικότητα ενώ η ανακλαστικότητα τυπικά ποικίλει κατά ένα συντελεστή όχι μεγαλύτερο από 30, ο φωτισμός της επιφάνειας μπορεί να διαφέρει κατά συντελεστή της τάξης των 100 εκατομμύριων. (Gilchrist, 2006)

Καταλαβαίνουμε λοιπόν, ότι δεν υπάρχει σχέση μεταξύ της ποσότητας του φωτός που ανακλάται από μία επιφάνεια και της φυσικής απόχρωσης του γκρι που έχει. Φως κάθε έντασης μπορεί να γίνεται αντιληπτό σαν οποιαδήποτε απόχρωση του γκρι. Αυτό είναι ένα αρκετά μεγάλο μυστήριο! Ένα μαύρο χαρτί σε άσπρο φως και ένα άσπρο χαρτί στη σκιά αντανακλούν την ίδια ακριβώς ποσότητα φωτός στο μάτι. Παρ' όλα αυτά συνεχίζουμε να αντιλαμβανόμαστε το μαύρο σα μαύρο και το άσπρο σαν άσπρο. Συνεπώς το οπτικό μας σύστημα δεν συμπεριφέρεται σαν φωτόμετρο, κάνοντας μόνο μαθηματικές μετρήσεις (Gilchrist, 2006; Adelson, 2000).

Η ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας καθορίζεται από τη μοριακή της δομή και είναι σταθερό χαρακτηριστικό μιας επιφάνειας. Οι ουδέτερες επιφάνειες, δηλαδή οι επιφάνειες αποχρώσεων άσπρου, μαύρου και γκρι, αντανακλούν το ίδιο ποσοστό φωτός σε όλα τα μήκη κύματος, δεν παρουσιάζουν επιλεκτική ανακλαστικότητα. Μία εντελώς ματ επιφάνεια (Lambertian surface) αντανακλά ίση ποσότητα φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις. Μία λεία επιφάνεια αντανακλά αρχικά φως σε μία γωνία της

επιφάνειας που είναι ίση με τη γωνία του τυχαίου φωτός. Μία εντελώς λεία επιφάνεια είναι καθρέφτης. (Gilchrist, 2006, p. 5)

Είναι αναγκαίο στη μελέτη της οπτικής αντίληψης να διαχωρίσουμε τρία πεδία ορισμού για να αποφευχθούν συγχύσεις : το «περιφερικό ερέθισμα», το «τοπικό ερέθισμα» και την αντίληψη. Αυτά αντιστοιχούν στο αντικείμενο, την εικόνα και την εμφάνιση αντίστοιχα. Ο όρος «περιφερικό ερέθισμα» αφορά το φυσικό περιβάλλον χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο παρατηρητής. Είναι δηλαδή, το εξωτερικό αντικείμενο.

Το «τοπικό ερέθισμα» ή αλλιώς εσωτερικό αντικείμενο, αναφέρεται στην κατάσταση όπου το περιβάλλον αλληλεπιδρά με τον οργανισμό, όταν το φως που ανακλάται από το περιβάλλον αντιδρά με τους φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδή. Αυτό που σχηματίζεται ονομάζεται «αμφιβληστροειδική εικόνα» και η ένταση σε κάθε σημείο της εικόνας αποκαλείται «φωτεινότητα» (luminance). Φωτεινότητα είναι λοιπόν η ποσότητα ή η ένταση του φωτός που ανακλάται από μία επιφάνεια και φτάνει στο μάτι και περιλαμβάνει το συνδυασμένο αποτέλεσμα της ανακλαστικότητας μείον το φωτισμό της επιφάνειας. Η φωτεινότητα είναι απόλυτη τιμή και χρειάζεται μονάδα μέτρησης σε αντίθεση με την ανακλαστικότητα που μετριέται επί τοις εκατό. (Gilchrist, 2006, p. 6)

Σε σχέση με την αντίληψη, αυτό που τελικά αντιλαμβανόμαστε δεν αντιστοιχεί πάντα στο αντικείμενο που είδαμε. Το φεγγάρι, για παράδειγμα, φαίνεται άσπρο, ενώ στην πραγματικότητα η ανακλαστικότητά του είναι πιο κοντά σε αυτή του μαύρου. Αναφερόμαστε στην αντιλαμβανόμενη τιμή του μαύρου, άσπρου ή γκρι χρώματος με τον όρο χρωματική αντίληψη (lightness) (Gilchrist, 2006, p. 6). Για την ακρίβεια είναι η αντιλαμβανόμενη ανακλαστικότητα μίας επιφάνειας, η προσπάθεια του οπτικού μας συστήματος να εξάγει την ανακλαστικότητα από την φωτεινότητα μίας εικόνας. (Adelson, 2000). Αυτή διαχωρίζεται από τη λαμπρότητα (brightness) που είναι η αντιλαμβανόμενη φωτεινότητα. Ενώ και τα δύο είναι αντιληπτικοί όροι, μόνο η χρωματική αντίληψη αναφέρεται στην ίδια την επιφάνεια. Η λαμπρότητα αναφέρεται στην αντίληψη μιας σχετικής ποσότητας, της φυσικής έντασης κάποιων μερών της εικόνας. Είναι δηλαδή, η αντίληψή μας για την ένταση του φωτός που σχετίζεται με μία μερίδα του οπτικού μας πεδίου. Η διάκριση μεταξύ χρωματικής αντίληψης και λαμπρότητας είναι ανάλογη με τη διάκριση ανάμεσα στο αντιλαμβανόμενο μέγεθος ενός αντικειμένου και στην αντίληψη της οπτικής του γωνίας (Gilchrist, 2006, p. 6).

Η λαμπρότητα περιγράφει την αντιλαμβανόμενη ένταση του ερεθίσματος. Ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται το ερέθισμα η λαμπρότητα μπορεί είτε να σχετίζεται είτε όχι με τη φωτεινότητα ή την ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας (Blakeslee & McCourt, 1999).

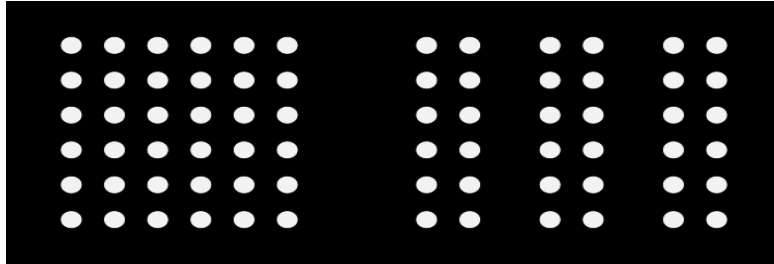
Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της οπτικής αντίληψης είναι η χρωματική σταθερότητα (lightness constancy). Αναφέρεται στο γεγονός ότι η αντίληψη για το χρώμα μιας επιφάνειας παραμένει σχετικά σταθερή ακόμα και αν ο φωτισμός της επιφάνειας και η φωτεινότητά της αλλάζουν. Η χρωματική αντίληψη δεν είναι 100% σταθερή κάτω από μία αλλαγή στο φωτισμό της επιφάνειας, αλλάζει κατά ένα μικρό ποσοστό. Πριν από μερικές δεκαετίες έγινε γνωστό ότι υπάρχει και ένα ακόμα είδος χρωματικής σταθερότητας. Η αντίληψη για το χρώμα μίας επιφάνειας παραμένει σταθερή όταν οι επιφάνειες που συνορεύουν ή περικυκλώνουν την επιφάνεια αλλάζουν, αλλά και όταν ο φωτισμός της επιφάνειας αλλάζει. Επομένως μιλάμε για δύο τύπους χρωματικής σταθερότητας, την σταθερότητα σε σχέση με το φωτισμό της επιφάνειας (illumination – independent constancy) ή Τύπου I και την σε σχέση με το πλαίσιο σταθερότητα (background – independent constancy) ή αλλιώς Τύπου II. (Gilchrist, 2006, p. 7-8.)

Το οπτικό μας σύστημα λειτουργεί σε πολλά επίπεδα επεξεργασίας μέχρι την τελική αντίληψη μίας εικόνας. Στον αμφιβληστροειδή υπάρχει το χαμηλό επίπεδο όρασης (low - level vision) το οποίο περιλαμβάνει την προσαρμογή στη φωτεινότητα και τα υποδεκτικά πεδία κέντρου – περιφέρειας των γαγγλιακών κυττάρων. Στο άλλο άκρο βρίσκεται το υψηλό επίπεδο όρασης (high - level vision) το οποίο περιλαμβάνει γνωστικές διεργασίες που ενσωματώνουν τη γνώση γύρω από αντικείμενα, υλικά και καθημερινές σκηνές. Κάπου ανάμεσα βρίσκεται το μεσαίο επίπεδο όρασης (mid – level vision) όπου οι αναπαραστάσεις και η επεξεργασία περιλαμβάνουν συνήθως επιφάνειες, περιγράμματα ομαδοποιήσεις κλπ. Η χρωματική αντίληψη φαίνεται να περιλαμβάνει και τα τρία στάδια επεξεργασίας. (Adelson, 2000)

Μία από τις βασικότερες διαδικασίες για την αναγνώριση ενός ερεθίσματος από το οπτικό μας σύστημα είναι η αντιληπτική οργάνωση, δηλαδή, η διαδικασία ομαδοποίησης μικρών τμημάτων μίας εικόνας σε μεγαλύτερα σύνολα που έχουν κάποιο νόημα, όπως εκφράζεται από την Gestalt θεωρία. Η βασικότερη αρχή αυτής της θεωρίας είναι ότι η αντίληψη δεν είναι ένα απλό άθροισμα επιμέρους αισθήσεων,

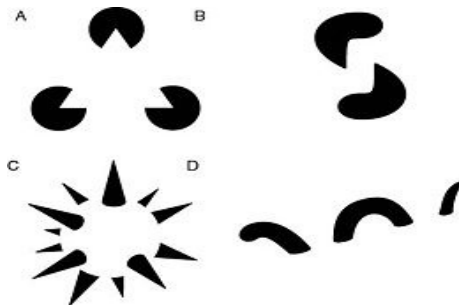
και συνογίζεται στη φράση «το όλο είναι διαφορετικό από το άθροισμα των μερών του». Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η αντίληψη είναι αποτέλεσμα οργάνωσης των αισθητηριακών πληροφοριών με βάση οργανωτικές αρχές του εγκεφάλου οι βασικότερες από τις οποίες είναι οι εξής :

1. Εγγύτητα : Τμήματα της εικόνας που βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο τείνουν να ομαδοποιηθούν.



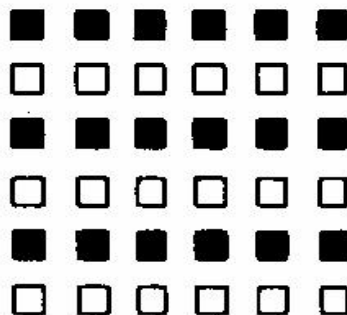
Πηγή : <http://upload.wikimedia.org>

2. Απλότητα : Η αρχή της απλότητας ορίζει ότι το αντιληπτικό μας σύστημα οργανώνει την εικόνα με τον πιο απλό δυνατόν τρόπο. Η αρχή της απλότητας εξηγεί πώς βλέπουμε τα σχήματα επικαλυπτόμενων αντικειμένων στο περιβάλλον



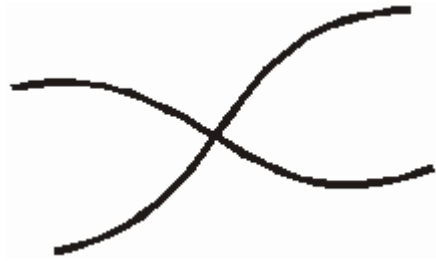
Πηγή:http://www.cg.tuwien.ac.at/courses/Seminar/WS2005/index.php/Optische_Taeuschungen#Lightness_Constancy

3. Ομοιότητα : τμήματα της εικόνας που μοιάζουν μεταξύ τους τείνουν να ομαδοποιηθούν.



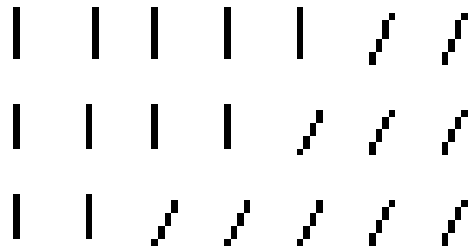
Πηγή : www.users.totalise.co.uk/.../similarity.png

4. Ομαλή συνέχεια : το σύστημα τείνει να αντιληφθεί ως ένα αντικείμενο εκείνο που το περίγραμμά του έχει ομαλή συνέχεια.



Πηγή : www.pc.rhul.ac.uk/.../PS1061/L4/gestalt4.gif

5. Κοινός προσανατολισμός : το σύστημα τείνει να ομαδοποιεί τμήματα της εικόνας που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό. (Ghosh & Bhaumik, 2010)



Εικ. 1.5 Πηγή : <http://upload.wikimedia.org>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

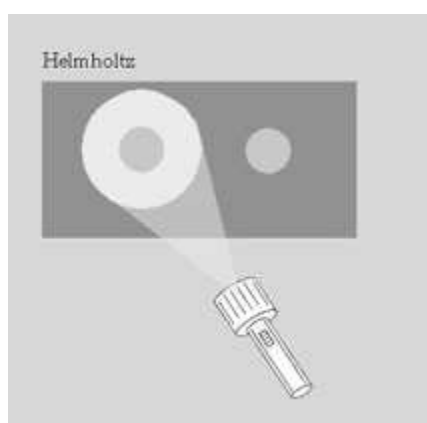
Θεωρίες της οπτικής αντίληψης

2.1

Θεωρίες γνωστικών μηχανισμών

2.1.1 Hermann von Helmholtz

Κατά το 19^ο αιώνα μπορεί κανείς να βρει αναφορές στο πρόβλημα της χρωματικής σταθερότητας χωρίς όμως παρατεταμένες πειραματικές μελέτες. Η πιο σημαντική φιγούρα της εποχής ήταν σίγουρα ο Hermann von Helmholtz, ο πρώτος που διατύπωσε καθαρά το πρόβλημα της χρωματικής σταθερότητας. Διαπίστωσε ότι ένα άσπρο χαρτί στη σκιά και ένα μαύρο χαρτί σε λαμπερό φως μπορεί να έχουν την ίδια φωτεινότητα. Αλλά ακόμα και κάτω από αυτή την κατάσταση εύκολα αναγνωρίζουμε το άσπρο χαρτί σαν άσπρο και το μαύρο σα μαύρο ακόμα και αν τα δύο χαρτιά θα έπρεπε να δημιουργούν ολόιδια αίσθηση. Αυτό συνεπάγεται ότι αυτό που βλέπουμε δεν αντιστοιχεί στην τοπική διέγερση, αλλά στις περιφερικές ιδιότητες του αντικειμένου που κοιτάζουμε. (Gilchrist, 2006)



Στην εικόνα παρουσιάζεται η πλάνη SLC, όπως θα την προέβλεπε η θεωρία του Helmholtz. Η αριστερή πλευρά έχει πιο υψηλό φωτισμό επιφάνειας από τη δεξιά. Επειδή όμως η ποσότητα φωτός που φτάνει στο μάτι είναι ίδια και από τις δύο πλευρές, δημιουργείται το συμπέρασμα ότι η αριστερή πλευρά θα έχει μικρότερη ανακλαστικότητα, γι' αυτό την αντιλαμβανόμαστε ως λιγότερο φωτεινή.

Πηγή : Kingdom, Levels of brightness perception, p. 22)

Μιλώντας για το χρώμα επιπρόσθετα με την χρωματική αντίληψη έγραψε (1866/1924, p.287) «στις παρατηρήσεις μας με την αίσθηση της όρασης ξεκινάμε πάντα σχηματίζοντας μία κρίση σχετικά με το χρώμα των αντικειμένων ,

εξαλείφοντας τις διαφορές του φωτισμού της επιφάνειας τις οποίες μας αποκάλυψε το αντικείμενο. Το κάνουμε αυτό μέσω της προηγούμενης εμπειρίας που έχουμε για τα αντικείμενα σε διαφορετικούς φωτισμούς επιφανειών. Δεν είμαστε ποτέ ενήμεροι για αυτές τις διαφορές στο φωτισμό της επιφάνειας οι οποίες μπορεί να αποδίδονται συχνά και σε σκιές. Με το να βλέπουμε αντικείμενα ίδιου χρώματος κάτω από διαφορετικούς φωτισμούς, πέρα από τις διαφορές στο φωτισμό της επιφάνειας, μαθαίνουμε να σχηματίζουμε σωστή αντίληψη για το χρώμα των αντικειμένων, που σημαίνει, είμαστε σε θέση να κρίνουμε πώς θα έμοιαζε ένα αντικείμενο σε άσπρο φως. Και εφόσον μας ενδιαφέρει μόνο το χρώμα που το αντικείμενο έχει μόνιμα, δεν έχουμε καμία επίγνωση για όλες εκείνες τις χωριστές αισθήσεις που συμβάλλουν στο να δημιουργηθεί η τελική μας αντίληψη» (Gilchrist, 2006, p. 15-16). Επομένως, το οπτικό μας σύστημα «μαντεύει» την ακατέργαστη εικόνα από την προηγούμενη εμπειρία του αντικειμένου, μαθαίνοντας πώς θα έμοιαζε ένα αντικείμενο σε άσπρο φως και δεν ασχολείται καθόλου με τις παραμέτρους που δίνουν την τελική αντίληψη του αντικειμένου. Η αντίληψη λοιπόν είναι προϊόν ασυνείδητων συμπερασμάτων, και η οπτική αντίληψη τοποθετείται σε ένα high-level επίπεδο. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι κατά τον Helmholtz, αυτό που αντιλαμβανόμαστε είναι η καλύτερη «μαντεψιά» του οπτικού μας συστήματος για το τι υπάρχει στον κόσμο. (Adelson, 2000)

Ο Helmholtz κατάφερε να συνδυάσει τα δεδομένα της χρωματικής σταθερότητας χωρίς να απορρίψει την άμεση σύνδεση μεταξύ αίσθησης και τοπικής διέγερσης, διαχωρίζοντας την οπτική «απάντηση» στη διέγερση σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι αυτό της ακατέργαστης αίσθησης και αντιστοιχεί ακριβώς στην τοπική διέγερση. Το δεύτερο επίπεδο, το επίπεδο της αντίληψης αντιστοιχεί στην περιφερική διέγερση, στην περιβαλλοντική κατάσταση που δημιουργεί την τοπική διέγερση. Το πρώτο επίπεδο αντιπροσωπεύει την υποκειμενική ποιότητα της όρασης ενώ το δεύτερο επίπεδο την αντικειμενική. Παρά την έλλειψη οικονομίας, ο διαχωρισμός της οπτικής απόκρισης σε δύο επίπεδα μοιάζει να ανταποκρίνεται στην πρόκληση της χρωματικής σταθερότητας χωρίς να απορρίπτει τα θεωρία του τοπικού προσδιορισμού. Όμως η θεωρία αυτή δεν εξηγεί με ποιον τρόπο οι ακατέργαστες αισθήσεις σχηματίζουν τελικά αντιλήψεις και πώς μία αντίληψη αναπαριστά το αντικείμενο της όρασης όταν είναι κτισμένη έξω από την τοπική διέγερση. Επίσης δε δίνει ικανοποιητική απάντηση στο πώς το οπτικό μας σύστημα διαχωρίζει τις λεπτές διαφορές φωτεινότητας μεταξύ των χρωμάτων. Άλλωστε, οι λεπτομέρειες των

διαδικασιών της χαμηλού επιπέδου όρασης, δεν πρέπει να μας αφορούν, κατά τον Helmholtz, αφού η χρωματική αντίληψη απαιτεί τη λειτουργία ολόκληρου του οπτικού συστήματος και το οπτικό μας σύστημα είναι σχεδιασμένο να ερμηνεύει φυσικές σκηνές (Gilchrist, 2006, p. 16 - 17).

Κατά τον Helmholtz η αντίληψη για το χρώμα εξάγεται από τον ασυνείδητα αντιλαμβανόμενο φωτισμό της επιφάνειας σε συσχέτιση με την υπολογιζόμενη φωτεινότητα. Ο Helmholtz υποστήριζε ότι μπορούμε να εξαλείψουμε την αίσθηση για το φωτισμό της επιφάνειας μέσω συνδέσμων που σχηματίζονται από την προηγούμενη εμπειρία. Για παράδειγμα αν κοιτάμε ένα άσπρο αντικείμενο σε κόκκινο φωτισμό, ο τοπικός ερεθισμός είναι ο κόκκινος φωτισμός, παρ' όλα αυτά αντιλαμβανόμαστε την άσπρη επιφάνεια. Αυτή η οπτική αντικατάσταση είναι δυνατή γιατί στο παρελθόν έχουμε δει επιτυχώς την άσπρη επιφάνεια κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, έτσι σχηματίζεται ένα πλέγμα σχέσεων που αντιπροσωπεύουν τις αισθήσεις που δημιουργούνται από το ίδιο αντικείμενο κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Υπάρχει όμως ένα λογικό πρόβλημα : Η ίδια «αίσθηση του κόκκινου» θα μπορούσε να δημιουργηθεί και από ένα κόκκινο χαρτί σε άσπρο φως. Επομένως η ίδια αίσθηση σχετίζεται επίσης με ένα εντελώς ξεχωριστό πλέγμα σχέσεων που αντιστοιχεί στο κόκκινο χαρτί κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. (Gilchrist, 2006, p. 16)

Πώς όμως ενεργοποιείται το ένα πλέγμα σχέσεων αντί του άλλου; Για να λύσει αυτό το πρόβλημα το οπτικό σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίσει επιτυχώς το χρώμα του φωτισμού της επιφάνειας στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο. Αν όμως το οπτικό σύστημα ήταν σε θέση να αναγνωρίσει το χρώμα του φωτισμού της επιφάνειας, θα μπορούσε να λύσει τη βασική εξίσωση $L = R \times E$, αφού θα είναι γνωστά το L και το E , χωρίς να χρειάζεται να ανατρέξει στη μνήμη ή σε σχετικές διαδικασίες. Επομένως δεν είναι σαφές πως η μάθηση και σύνδεση συνεισφέρουν στη χρωματική σταθερότητα. (Gilchrist, 2006, p. 17)

Το βασικό ερώτημα είναι πώς αναγνωρίζονται το χρώμα και ο φωτισμός της επιφάνειας και σε αυτό το ερώτημα ο Helmholtz δε μπορεί να δώσει μία σαφή απάντηση. Φαίνεται να μη γνωρίζει τη σημασία της ερώτησης όταν γράφει (Helmholtz, 1868, p.144) «αυτό που λέμε σταθερότητα στο χρώμα ενός αντικειμένου δεν είναι η λαμπρότητα και το χρώμα του φωτός που αντανακλά, αλλά η σχέση

μεταξύ της έντασης των διαφορετικά χρωματισμένων συστατικών αυτού του φωτός από τη μία, και μεταξύ των αντίστοιχων συστατικών του φωτός που το φωτίζει από την άλλη. Αυτή μόνο η αναλογία είναι η έκφραση της σταθερής ιδιότητας του εν λόγω αντικειμένου» (Gilchrist, 2006, p. 17).

Αναφέρει επίσης (Helmholtz, 1866/1924, p. 276) «όταν μία μεγάλη ποικιλία αντικειμένων συγκρίνεται, το άσπρο φως του ήλιου είναι το κύριο χρώμα, από το οποίο υπολογίζονται οι αποκλίσεις των άλλων χρωμάτων στο χρωματολόγιο. Αν όμως ένα χρώμα A είναι επικρατέστερο ώστε ο μέσος όρος των υπόλοιπων χρωμάτων να φαίνεται παρόμοιος με το A, τείνουμε να χρησιμοποιούμε αυτό το μέσο όρο σαν σημείο αναφοράς για τη προσωρινή μας χρωματική διάκριση και να το συνταυτίζουμε με το λευκό.» (Gilchrist, 2006, p. 17).

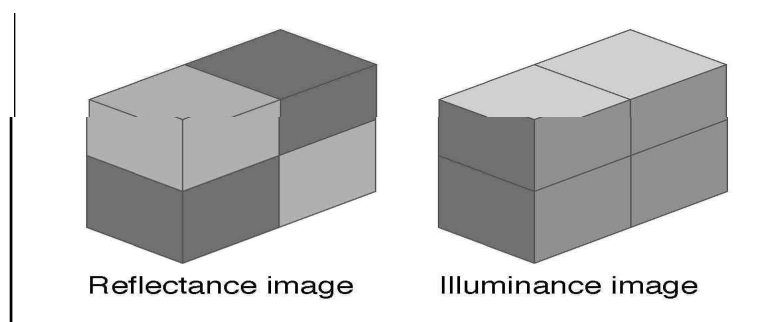
Για τα φαινόμενα αντίθεσης, ο Helmholtz κάνει σαφή διάκριση ανάμεσα στη «συνεχή αντίθεση» (successive contrast), την οποία ανάγει σε ψυχολογικές αιτίες και στην «ταυτόχρονη αντίθεση» (simultaneous contrast) την οποία αποδίδει σε ψυχολογικές διαδικασίες. Υποστηρίζει ότι η ταυτόχρονη αντίθεση προκύπτει από κάποιο λάθος στην κρίση, αλλά χωρίς να το διασαφηνίζει. Υποθέτει ότι όταν μία διαφορά είναι ευδιάκριτη, όπως με δύο γειτονικά κομμάτια χαρτί, αντιλαμβανόμαστε περισσότερο τη διαφορά. Ισχυρίζεται επίσης ότι οι μικρές διαφορές υπερεκτιμώνται, όταν είναι μονοδιάστατες, δηλαδή, όταν η διαφορά προέρχεται αμιγώς από το χρώμα ή αμιγώς από τη φωτεινότητα, αλλά ποτέ και από τα δύο (Gilchrist, 2006, p. 17).

Ο Helmholtz βλέπει τη χρωματική αντίληψη σαν μία συμπεριφορά πολύ έξυπνη και επίσης ως προϊόν μάθησης. Παρ' όλα αυτά προβλέπει την ύπαρξη λαθών του οπτικού συστήματος, αφού η μάθηση μπορεί να επηρεάσει το μετασχηματισμό, που έτσι κι αλλιώς στο θέμα της χρωματικής σταθερότητας είναι μόνο κατά προσέγγιση, ποτέ ολοκληρωμένος (Gilchrist, 2006).

2.1.2 Edward Adelson

Η φωτεινότητα μίας εικόνας προκύπτει σαν προϊόν δύο ακόμα εικόνων : την εικόνα αντανάκλασης (reflectance image) και την εικόνα φωτισμού (illumination image). Αυτές οι δύο εικόνες ονομάζονται εσωτερικές εικόνες (intrinsic images), εικόνες δηλαδή που αντιπροσωπεύουν τις βαθύτερες ιδιότητες μίας εικόνας – στόχου. (Barrow & Tenenbaum, 1987). Οι προηγούμενες μελέτες γύρω από τη χρωματική σταθερότητα σε δυσδιάστατες εικόνες κατέληξαν στο ότι μικρές αλλαγές στη φωτεινότητα προκύπτουν από την κλίση του φωτισμού της επιφάνειας, ενώ έντονες αλλαγές στη φωτεινότητα είναι αποτέλεσμα των γωνιών αντανάκλασης (Land & McCann, 1971). Αυτές οι θεωρίες, γνωστές ως *retinex model*, που επικεντρώνουν στις τοπικές αλλαγές φωτεινότητας για την τελική χρωματική αντίληψη, δε μπορούν να εξηγήσουν σύνθετα φαινόμενα όπως η αντίληψη του βάθους και της μορφής, παράγοντες οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν έντονες αλλαγές στην χρωματική αντίληψη (Adelson, 1993).

Ο Adelson προτείνει ένα μοντέλο αποσύνθεσης των εσωτερικών εικόνων για την ερμηνεία της αντίληψης της φωτεινότητας, που προκύπτει από ανάλυση σε τρισδιάστατες εικόνες, τις οποίες τα προηγούμενα μοντέλα αδυνατούσαν να ερμηνεύσουν (Adelson & Petland, 1996). Συγκεκριμένα, η αντίληψη φωτεινότητας μίας εικόνας προέρχεται από την εικόνα αντανάκλασης (reflectance image) και από τη σκιασμένη εικόνα (shading / illuminance image)



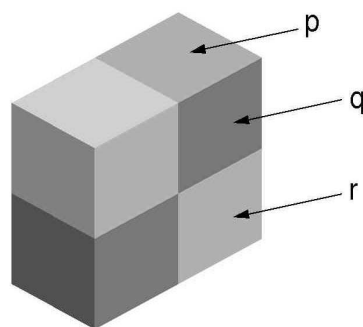
Πηγή : Adelson, *Lightness Perception and Lightness Illusions*, 2000

Η σχέση αυτή αποτυπώνεται στον τύπο :

$$I(x,y) = R(x,y) \times S(x,y),$$

όπου I η εικόνα φωτεινότητας, R , η εικόνα ανακλαστικότητας, S , η σκιασμένη εικόνα και (x,y) τα διάφορα σημεία σε αυτές τις εικόνες. Το οπτικό μας σύστημα, εφ' όσον δε μπορεί να διαχωρίσει τα R και S που παράγουν κάθε φορά μία I θα πρέπει να χρησιμοποιήσει κάποιο μηχανισμό προκειμένου να αποσυνθέσει αυτές τις εικόνες κάνοντας υποθέσεις με βάση αναλογίες που υπάρχουν στον φυσικό κόσμο. Αυτές οι υποθέσεις χαρακτηρίζονται από οικονομία. Αρχικά γίνεται μία πρώτη εκτίμηση του σχήματος, όπου αναζητείται η κατάλληλη τρισδιάστατη εικόνα που να εξηγεί τις δυσδιάστατες «υποενότητές» της. Έπειτα γίνεται εκτίμηση για τη φωτεινότητα όπου υπολογίζονται τα αποτελέσματα από το φωτισμό, διαφορετικών κατευθύνσεων, προς την εικόνα. Εκεί, εκτιμάται η ανακλαστικότητα της επιφάνειας, η φυσική ιδιότητα της επιφάνειας και η ένταση του φωτισμού της επιφάνειας που αποτυπώνονται σε σχέσεις για κάθε γωνία της εικόνας. Αυτές οι σχέσεις τελικά συνδυάζονται για να γίνει η συνολική εκτίμηση της φωτεινότητας. Τέλος, έρχεται η εκτίμηση της ανακλαστικότητας για κάθε περιοχή της εικόνας που οι δύο προηγούμενες διαδικασίες δε μπόρεσαν να εξηγήσουν (Adelson & Pentland, 1996). Ακόμα και σε συνθήκες όπου ο φωτισμός της επιφάνειας είναι άγνωστος, οι άνθρωποι τείνουν να κάνουν εκτιμήσεις για την αντίληψη του χρώματος μιας επιφάνειας με βάση την προηγούμενη γνώση που έχουν, υπολογίζοντας τις αναλογίες φωτισμού που υπάρχουν στο φυσικό περιβάλλον (Adelson, 2001).

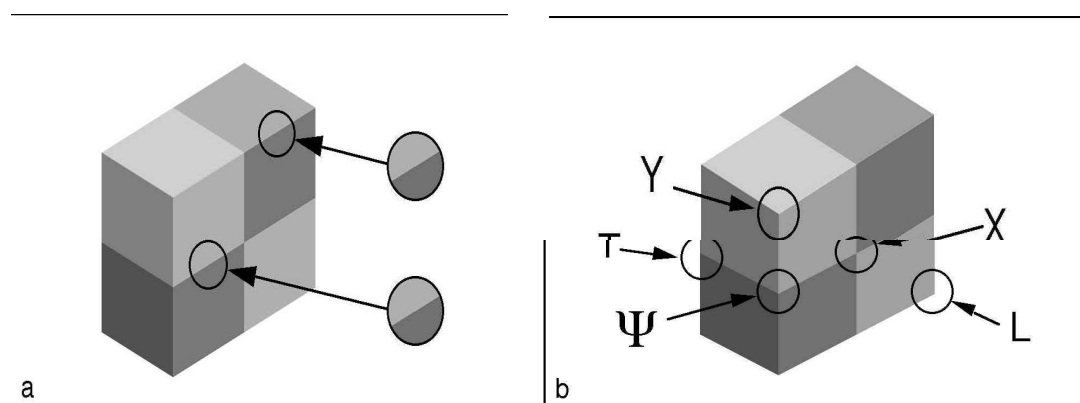
Για να γίνει κατανοητή η θεωρία του Adelson θα χρησιμοποιήσουμε ένα μπλοκ τετραγώνων 2×2 , που το ονομάζουμε checker – block. Το κάθε τετράγωνο είναι χρωματισμένο με διαφορετικές αποχρώσεις του γκρι, ανοιχτό ή σκούρο. Ο φωτισμός της επιφάνειας έρχεται από μία πλάγια γωνία και φωτίζει διαφορετικά κάθε πλευρά.



Πηγή : Adelson, Lightness Perception and Lightness Illusions, 2000

Οι πλευρές p και q έχουν ίδια ανακλαστικότητα αλλά διαφορετική φωτεινότητα. Οι πλευρές q και r έχουν διαφορετικές ανακλαστικότητες και διαφορετικές φωτεινότητες, ενώ μοιράζονται τον ίδιο φωτισμό επιφάνειας. Οι πλευρές p και r έχουν την ίδια φωτεινότητα γιατί η χαμηλότερη ανακλαστικότητα της p αντισταθμίζεται από το φωτισμό της επιφάνειας που είναι μεγαλύτερος. Οι πλευρές p και q φαίνεται να είναι χρωματισμένες με το ίδιο χρώμα επομένως θα δίνουν την ίδια χρωματική αντίληψη. Παρ' όλα αυτά η πλευρά p έχει περισσότερη φωτεινότητα από την πλευρά q , έτσι οι δύο πλευρές διαφέρουν στη λαμπρότητα. Οι πλευρές p και r διαφέρουν τόσο στην χρωματική αντίληψη όσο και στη λαμπρότητα. (Adelson, 2000)

Το οπτικό μας σύστημα, προκειμένου να ερμηνεύσει τις λεπτές αυτές διαφορές, οργανώνει τις γωνίες αυτές σε ένα μεγαλύτερο πλαίσιο διασταυρώσεων (junctions). Οι διασταυρώσεις είναι ένα μέρος όπου δύο ή περισσότερα περιγράμματα συναντιούνται, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα :



Πηγή : Adelson, Lightness Perception and Lightness Illusions, 2000

Τα X , Y , L , T και ψ , που φαίνονται αποτελούν τις πιο απλές μορφές διασταυρώσεων. Η διαμόρφωση των διασταυρώσεων, όπως επίσης και τα επίπεδα του γκρι χρώματος που σχηματίζουν τη διασταύρωση μπορούν να μας προσφέρουν πολύτιμα στοιχεία σχετικά με τη σκίαση και την ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας (Adelson, 2000). Ιδιαίτερα μεγάλοι περιορισμοί επιβάλλονται από τις ψ διασταυρώσεις. Η κάθετη γραμμή φαίνεται να είναι διέδρη, με διαφορετικό φωτισμό επιφάνειας στις δύο πλευρές. Τα γωνιακά όρια φαίνονται να αναπαριστούν μία γωνία αντανάκλασης που διασχίζει το διέδρο. Τα ποσοστά γκρι χρώματος και οι κάθετες γραμμές σχετίζονται με αυτή την αντίληψη (Adelson, 2000).

Η επιρροή των ψ διασταυρώσεων διαδίδεται κατά μήκος των διασταυρώσεων που συναντιούνται σε αυτή. Μία μόνη γωνία ανοιχτού γκρι χρώματος, που από μόνη της είναι διφορούμενη, μπορεί να ωθηθεί στα παρακείμενα των ψ 's και να ερμηνευτεί με αυτόν τον τρόπο (Sinha & Adelson, 1993). Οι ψ -junctions, αφού πρώτα γίνουν αντιληπτές σαν δυσδιάστατες διαμορφώσεις, χρησιμοποιούνται από το οπτικό μας σύστημα σαν ενοποιητικά στοιχεία που προσδιορίζουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο γίνεται η αντίληψη για τη φωτεινότητα (Adelson, 2000).

Ο Adelson εισήγαγε την έννοια της ατμόσφαιρας, δηλαδή τις συνδεδεμένες αλληλεπιδράσεις τόσο πολλαπλασιαστικών παραγόντων πχ. φωτισμός επιφάνειας, όσο και πρόσθετων παραγόντων όπως κάποια σκιά. Εάν κάποιος είχε προηγούμενη γνώση σχετικά με την κατανομή ανακλαστικότητας και ατμοσφαιρών, τότε θα μπορούσε να κάνει εκτιμήσεις για τις θέσεις διάφορων ανακλαστικότητων κατά μήκος του άξονα της φωτεινότητας, ή πιο απλά να χαρτογραφήσει τη σχέση μεταξύ φωτεινότητας και ανακλαστικότητας, όπως απαιτείται για τη χρωματική σταθερότητα (Adelson, 2000).

Το οπτικό μας σύστημα, σύμφωνα με τον Adelson, χρησιμοποιεί κάτι σαν «προσαρμοστικό παράθυρο» (adaptive window) προκειμένου να κάνει εκτιμήσεις για τις πολλές διαφορετικές ατμόσφαιρες. Αυτό το παράθυρο μεγαλώνει όταν υπάρχουν πολύ λίγα δείγματα ατμοσφαιρών και μικραίνει όταν υπάρχουν πολλά, έτσι δεν αναμειγνύονται πολλές ατμόσφαιρες μαζί (Adelson, 2000). Το προσαρμοστικό παράθυρο έχει απαλά όρια. Εάν διπλανά τμήματα μοιράζονται την ίδια ατμόσφαιρα η εγγύτητα θα φέρει υψηλές τιμές, αντίστοιχα τα μακρινά τμήματα θα έχουν χαμηλότερες τιμές (Reid & Shapley, 1988; Spehar et al., 1996). Το προσαρμοστικό παράθυρο μπορεί να αλλάζει σχήματα προκειμένου να αποφύγει την ανάμιξη φωτεινοτήτων από παρακείμενες περιοχές διαφορετικού φωτισμού. Αυτό εξηγεί γιατί οι ψ -junctions είναι αποτελεσματικές στο να απομονώνουν μία περιοχή από μία άλλη. Οι ψ -junctions ενός περιγράμματος δίνουν μία ισχυρή αίσθηση ότι το περίγραμμα αποτελεί ένα ατμοσφαιρικό σύνορο. Το προσαρμοστικό παράθυρο τότε θα αποφύγει να πέσει πάνω σε ένα τέτοιο σύνορο προκειμένου να μην μπλέξει τις διανομές (Adelson, 2000).

Ο φωτισμός της επιφάνειας είναι μόνο ένας από τους παράγοντες για την εκτίμηση της φωτεινότητας που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ανακλαστικότητα. Άλλοι

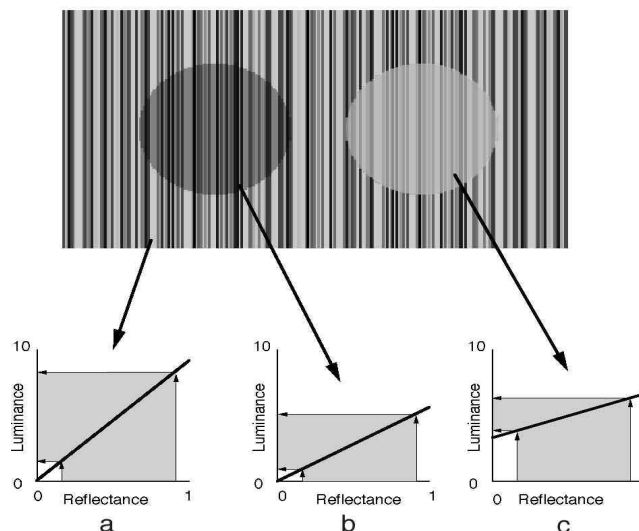
παράγοντες που παρεμβάλλονται μπορεί να είναι διάφορα φίλτρα πχ. γυαλιά ηλίου, η διασκόρπιση, η αντηλιά από μία κατοπτρική επιφάνεια κλπ. Οι πιο φυσικές επιδράσεις οδηγούν σε γραμμικές συναρτήσεις. Παρ' όλα αυτά τα συνδυαστικά αποτελέσματα μπορούν να συγκεντρωθούν σε ένα μόνο γραμμικό μετασχηματισμό. Αυτό ονομάζεται ατμόσφαιρα (Adelson, 2000).

Ο τύπος της ατμόσφαιρας είναι ο εξής :

$$L = mR + e,$$

Όπου L είναι η φωτεινότητα, R η ανακλαστικότητα, m ένας συντελεστής και e είναι μία πρόσθετη πηγή φωτός. Η τιμή του m υπολογίζεται από την ποσότητα του φωτός που πέφτει στην επιφάνεια και από το ποσοστό φωτός που απορροφάται από τα ενδιάμεσα μεταξύ επιφάνειας και ματιού μέσα. Το m και το e μπορούν να πάρουν μόνο θετικές τιμές (Adelson, 2000).

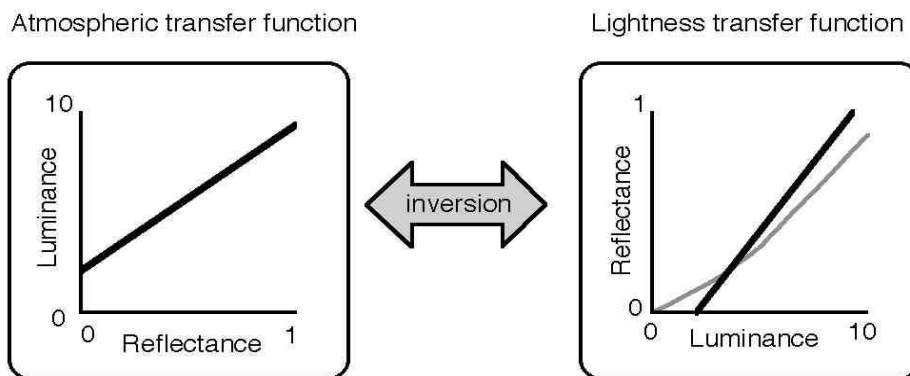
Μία ατμόσφαιρα μπορεί να θεωρηθεί σαν μία μοναδική διαφανής κλίμακα, μόνο που επιτρέπει ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων. Η τάση είναι να ενισχύεται παρά να αποδυναμώνεται και μπορεί να έχει ένα αυθαίρετα μεγάλο πρόσθετο περιεχόμενο. Η ατμόσφαιρα μπορεί να γίνει κατανοητή ως η αναπαράσταση, οι μαθηματικές ιδιότητες που λαμβάνουν χώρα στις οπτική διαδικασία, χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν οι φυσικές διεργασίες της οπτικής επεξεργασίας. Η αναπαράσταση ανάμεσα στην αντανάκλαση και τη φωτεινότητα είναι η Atmospheric Transfer Function (ATF) (Adelson, 2000).



ATF απεικόνιση τριών διαφορετικών ατμοσφαιρών

Πηγή : Adelson, Lightness Perception and Lightness Illusions, 2000

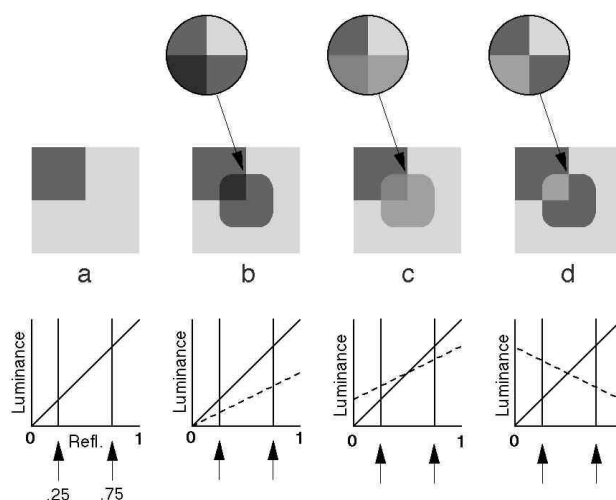
Συνθήκη όπου δεν παρεμβάλλεται ατμόσφαιρα δε μπορεί να υπάρξει. Ένας παρατηρητής όμως δεν μπορεί να αντιληφθεί την ανακλαστικότητα απ' ευθείας, χρειάζεται μία ακόμα ατμοσφαιρική συνάρτηση που θα μετατρέπει την ανακλαστικότητα σε φωτεινότητα. Αυτή η μετατροπή γίνεται με την Lightness Transfer Function (LTF), που δεν είναι απαραίτητο να αποτελεί πιστή αντιστροφή της ATF, επομένως δεν είναι απαραίτητα γραμμική. Η LTF είναι υποκειμενική, γίνεται ασυνείδητα και καθορίζεται από την εμπειρία (Adelson, 2000).



Αντιστροφή της ATF σε LTF

Πηγή : Adelson, Lightness Perception and Lightness Illusions, 2000

Η διαφάνεια μίας επιφάνειας είναι ένας πρόσθετος παράγοντας που μπορεί να δώσει την ψευδαίσθηση μίας νέας ατμόσφαιρας, όπως προκύπτει από την παρακάτω ανάλυση των X-junctions.



Αναπαράσταση των ATF σε συνθήκες διαφορετικών ατμοσφαιρών

Πηγή : Adelson, Lightness Perception and Lightness Illusions, 2000

2.1.3 Barton Anderson

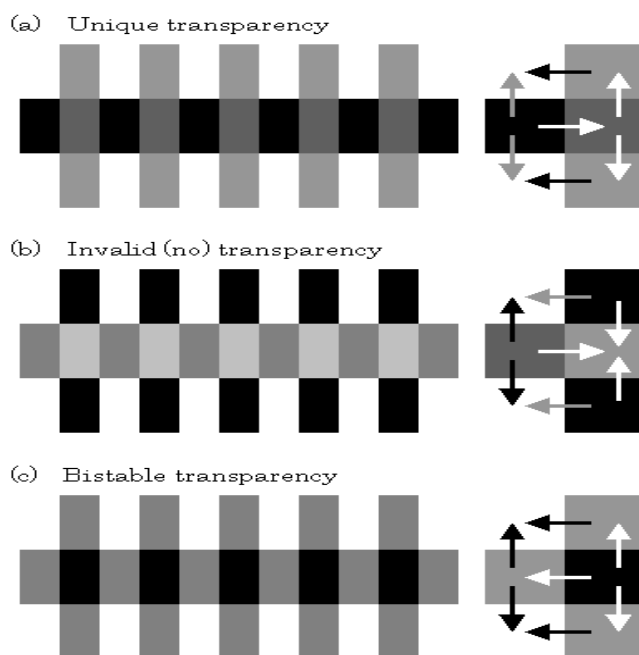
Μία εναλλακτική θεωρία κατάτμησης της εικόνας και εξαγωγής της ανακλαστικότητας της επιφάνειας προτείνεται από τον B. L. Anderson, ο οποίος στηρίχθηκε σε μελέτες πάνω σε παράγοντες βάθους, ιδιαίτερα της διαφάνειας, για να προσδιορίσει επακριβώς τους μηχανισμούς που εμπλέκονται στη διαδικασία κατάτμησης μίας εικόνας, τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αυτή η κατάτμηση και τελικά τον υπολογισμό της, κάτι που οι προηγούμενες θεωρίες εσωτερικών εικόνων δεν είχαν πετύχει. Επίσης προσπαθεί να καλύψει τα κενά που αφήνουν οι θεωρίες σταθερού σημείου στην εξήγηση του πώς τόσο η χρωματική αντίληψη της επιφάνειας όσο και ο φωτισμός γίνονται αντιληπτά ταυτόχρονα στην ίδια οπτική κατεύθυνση, ή γιατί τα αντικείμενα που ανήκουν στο ένα ή το άλλο πεδίο φαίνονται να δίνουν την ίδια χρωματική αντίληψη για την επιφάνεια (Anderson & Winawer, 2008).

Το οπτικό σύστημα πρέπει να διαχωρίσει την ανακλαστικότητα της επιφάνειας από το φωτισμό της επιφάνειας καθώς και τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες που ενσωματώνονται στο σχηματισμό της τελικής χρωματικής αντίληψης. Αυτός ο διαχωρισμός δε γίνεται τμηματικά, με το να χωρίζεται η εικόνα σε δυσδιάστατες παραστάσεις, αλλά σε στρώματα (Anderson & Winawer, 2005). Μάλιστα, οι σχέσεις αντίθεσης που σχηματίζονται μεταξύ στόχου - πλαισίου παίζουν καθοριστικό ρόλο στο αν το οπτικό σύστημα διαχωρίσει την εικόνα σε πολλά επίπεδα. Οι περιορισμοί που καθορίζουν πώς θα γίνει αυτή αποσύνθεση έχουν τεράστια επιρροή στην τελική χρωματική αντίληψη (Anderson & Winawer, 2008). Οι φυσικές ιδιότητες της διαφάνειας σχετίζονται στενά με τις φυσικές ιδιότητες του φωτισμού της επιφάνειας συνεπώς, ο υπολογισμός των βαθύτερων μηχανισμών της αντίληψης της διαφάνειας βοηθά στην ανάκτηση πληροφοριών για την χρωματική αντίληψη της επιφάνειας (Anderson & Winawer, 2008).

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους η κατάτμηση σε διαφανή και βαθύτερα στρώματα μπορεί να επιφέρει μετασχηματισμούς στη χρωματική αντίληψη σε κατάσταση διαφάνειας : είτε αλλάζοντας την φαινομενική χρωματική αντίληψη των κοντινών στοιχείων (Anderson, 1997, 2003b; Taya, Ehrenstein & Cavonius, 1995; Tse, 2005) είτε μετασχηματίζοντας την χρωματική αντίληψη για τα βαθύτερα στρώματα (Anderson, 1999, 2003a, 2003b; Anderson & Winawer, 2005; Kingdom,

Blakeslee & McCourt, 1997; Adelson, 1993). Και στις δύο περιπτώσεις η χρωματική αντίληψη που προκύπτει για τα στρώματα είναι αντιστρόφως ανάλογη. Εάν η κατάτμηση κάνει το κοντινό στρώμα να φαίνεται φωτεινό, το κοντινότερο στρώμα φαίνεται πιο σκούρο, ενώ αν η κατάτμηση κάνει το κοντινό στρώμα να φαίνεται σκούρο, το πιο κοντινό στρώμα θα φαίνεται πιο φωτεινό. (Anderson & Winawer, 2008).

Σε συνθήκες επικάλυψης τα διαφανή στρώματα μπορούν να μειώσουν ή να αφήσουν ανεπηρέαστη την αντίθεση των βαθύτερων περιγραμμάτων ή της πλοκής τους, όχι όμως να μεγενθύνουν ή να αντιστρέψουν τις σχέσεις πολικότητας που σχηματίζονται από την αντίθεση των βαθύτερων επιφανειών. Εάν δεν υπάρχει μείωση της αντίθεσης σε μία περιοχή διαφάνειας, αλλά συμβεί κάποια αλλαγή στη συνολικότερη φωτεινότητα, τότε ο μετασχηματισμός ενός διάφανου στρώματος είναι πολλαπλάσιος και ίσος με μία αλλαγή στο φωτισμό της επιφάνειας (Anderson & Winawer, 2008). Υπάρχουν δύο φωτομετρικά στοιχεία που αποδεικνύουν την παρουσία των διάφανων στρωμάτων και την ύπαρξη ή όχι αλλαγών στο φωτισμό της επιφάνειας : η διατήρηση της πολικότητας της αντίθεσης των περιγραμμάτων, της υψής ή άλλων στοιχείων της επιφάνειας και η μείωση ή διατήρηση των μεγεθών αντίθεσης που συνοδεύουν τις αλλαγές στα συνολικότερα μεγέθη φωτεινότητας (Anderson & Winawer, 2008). Η διαφάνεια σε εικόνες που περιέχουν περιγράμματα εξαρτάται από τις σχέσεις αντίθεσης που σχηματίζουν οι X- και T-junctions (Anderson, 1997).



X-junctions και σχέσεις αντίθεσης των περιγραμμάτων. α) Single reversing junction : η πολικότητα διατηρείται σε ένα μόνο περίγραμμα και δίνει την αίσθηση μίας διαφάνειας β) Double reversing junction : η πολικότητα αντιστρέφεται και στα δύο περιγράμματα και δε δίνει αίσθηση διαφάνειας γ) Non reversing junction : η πολικότητα διατηρείται και στα δύο περιγράμματα και κάθε επιφάνεια μπορεί να μοιάζει επικαλυπτόμενη.

Πηγή : <http://www.psy.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/AAAModel1.gif>

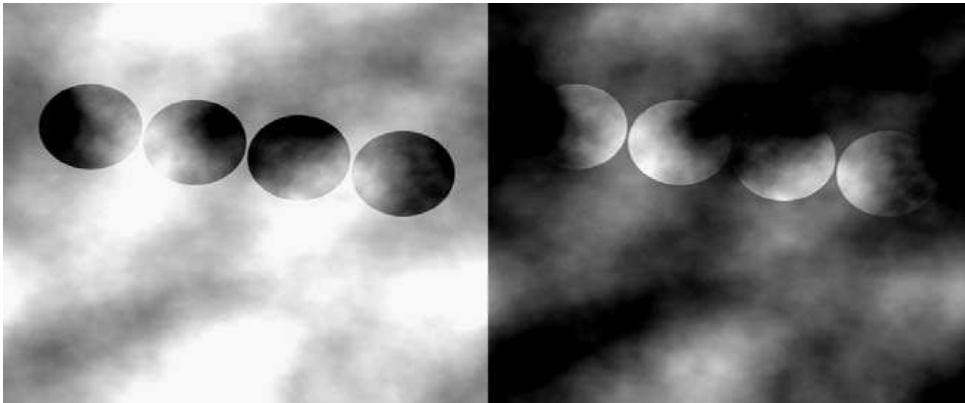
Όταν μία T-junction σχηματίζεται από τρεις διακριτές περιοχές φωτεινότητας και τα ευθυγραμμισμένα περιγράμματα πάνω από αυτήν διατηρούν την πολικότητα αντίθεσης, υποκινούνται δύο διαδικασίες : α) σχηματίζεται ένα περίγραμμα που διαμορφώνεται ορθογώνια του προσανατολισμού των επαγόμενων τμημάτων των περιγραμμάτων, το οποίο δημιουργεί μία τυπική ή άτυπη συνέχεια του κορμού της T-junction και β) η χαμηλότερη γωνία αντίθεσης των ευθυγραμμισμένων περιγραμμάτων «αποσυνθέτεται» σε ένα προϊόν δύο διακριτών στρωμάτων (Anderson, 1997).

Όσον αφορά το πώς το οπτικό σύστημα αποφασίζει εάν ένα τμήμα μίας εικόνας βρίσκεται σε κοινή θέα ενώ υπάρχουν συνθήκες διαφάνειας, ο Anderson (Anderson, 1999, 2003a) προτείνει την αρχή της σταθερής διαπερατότητας (transmittance anchoring principle, TAP). Η TAP ορίζει ότι το οπτικό σύστημα αντιλαμβάνεται τις περιοχές με υψηλότερη αντίθεση σαν περιοχές κοινής θέας και συμπεραίνει την ύπαρξη διαφανών επιφανειών εάν υπάρχουν χωρικές ή χωρο - χρονικές (Anderson, Singh & Meng, 2006) διαταραχές στα μεγέθη της αντίθεσης των περιγραμμάτων, επιφανειών ή της υφής.

Συγκεκριμένα, το οπτικό σύστημα χρησιμοποιεί την περιοχή υψηλότερης αντίθεσης σαν σταθερό σημείο διαπερατότητας (transmittance anchor) προκειμένου να υπολογίσει τη διαπερατότητα των διάφανων επιφανειών με χαμηλότερα επίπεδα αντίθεσης (Anderson et. al., 2006). Η TAP ισχύει μόνο σε χωρικά ανοιγμένα περιγράμματα (occluded contours) όταν οι διακυμάνσεις αντίθεσης σε ένα «ανοιγόμενο» περίγραμμα (occluding contour) είναι συνεπείς με τις επιφάνειες κοινής θέας πίσω από μία «ανοιγόμενη» γωνία (occluding edge).

Η TAP υποστηρίζει επίσης ότι τα κομμάτια των περιγραμμάτων με την υψηλότερη αντίθεση γίνονται αντιληπτά σαν σε κοινή θέα. (Anderson & Winawer, 2008). Συνεπώς η αρχή της σταθερής διαπερατότητας ορίζει ότι η υψηλότερης αντίθεσης περιοχή κατά μήκος ενός συνεχούς περιγράμματος που υφίσταται αλλαγές στο μέγεθος της αντίθεσης αλλά διατηρεί την πολικότητα της αντίθεσης, θα φαίνεται σαν περιοχή κοινής θέας, ενώ οι περιοχές χαμηλότερης αντίθεσης σε αυτά τα περιγράμματα θα «διαχωριστούν» σε πολλαπλά στρώματα (Anderson, 2003).

Στην τελική εκτίμηση του πώς και εάν θα γίνουν διαχωρισμοί της εικόνας σε στρώματα παίζουν ρόλο τόσο οι φωτομετρικοί παράγοντες αντίθεσης στόχου –



Πειραματικός χειρισμός της διαφάνειας στα πειράματα των Anderson & Winawer, 2005. Η διαφάνεια δημιουργεί μία πολύ ισχυρή οπτική πλάνη. Και στις δύο εικόνες οι κύκλοι έχουν το ίδιο χρώμα, όμως φαίνονται σαν μαύροι και άσπροι. Αυτό που αλλάζει είναι η φωτεινότητα του πλαισίου και η εισαγωγή ομίχλης. Οι σκοτεινότερες περιοχές των κύκλων στην αριστερή εικόνα όπως και οι αντίστοιχες φωτεινότερες στη δεξιά εικόνα φαίνονται σε κοινή θέα. Όσο περισσότερο αποκλίνει η φωτεινότητα από αυτές τις κορυφές (τις φωτεινότερες περιοχές στα αριστερά και τις σκοτεινότερες στα δεξιά) τόσο μεγαλώνει η αδιαφάνεια των ενδιάμεσων στρωμάτων.

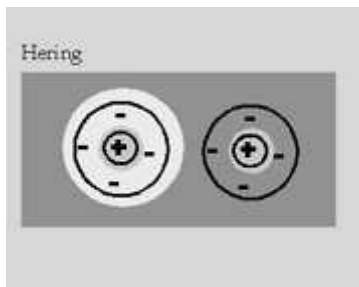
Πηγή : Anderson & Winawer, image segmentation and lightness perception, 2005

πλαίσιου που αναφέραμε, όσο και γεωμετρικοί πχ. η συνοχή που εμφανίζει το πλαίσιο ή το στρώμα διαφάνειας με το στόχο. Παρ' όλα αυτά οι φωτομετρικοί παράγοντες είναι αυτοί που τελικά παίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο μιας και η αλλαγή ή η αντιστροφή τους μπορεί να μειώσει ή και να εξαλείψει την αίσθηση διαφάνειας, συνεπώς και την τελική χρωματική αντίληψη (Anderson & Winawer, 2008). Επίσης, η αντίληψη βάθους μπορεί να δώσει χρήσιμα στοιχεία για την τελική χρωματική αντίληψη. Εκεί, ισχύει ο κανόνας της ασυμμετρίας αντίθεσης βάθους (contrast depth asymmetry) κατά τον οποίο οι φωτεινότητες που συνθέτουν ένα τοπικό φαινόμενο αντίθεσης πρέπει να αντιστοιχούν σε εκχωρημένα βάθη που είναι μεγαλύτερα ή ίσα της ανισότητας του σημείου αντίθεσης (Anderson, 2003).

2.2.1 Ewald Hering

Ένας από τους μεγαλύτερους ανταγωνιστές του Helmholtz, ο Hering ασχολήθηκε περισσότερο με τις πλάνες αντίθεσης και έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στα φαινόμενα αποτυχίας της χρωματικής σταθερότητας. Σε αντίθεση με το Helmholtz που απέδιδε τα οπτικά λάθη σε γνωστικούς παράγοντες, ο Hering ιδιαίτερα σε μελέτες της πλάνης simultaneous contrast απέδωσε τα λάθη σε αυτό που ο ίδιος ονόμασε «αμοιβαία αλληλεπίδραση στο σωματισθητικό πεδίο» (reciprocal interaction in the somatic visual field) (Gilchrist, 2006, p. 18).

Ο Hering ασχολήθηκε με την simultaneous contrast γιατί σε αυτή φαίνεται πολύ καθαρά η δραστηριότητα των αντίθετων περιφερικών διαδικασιών.



Σχεδιαγραμματική ερμηνεία της πλάνης SLC, σύμφωνα με τη θεωρία της αντίθεσης. Το οπτικό μας σύστημα εστιάζει (+) στο σκούρο σημείο και τα γειτονικά υποδεκτικά κύτταρα δέχονται την πλάγια αναστολή. Έτσι, το αριστερό σημείο - κύκλος μας φαίνεται πιο σκούρο από το δεξί, ενώ στην πραγματικότητα είναι του ίδιου χρώματος.

Πηγή : Kingdom, Levels of brightness perception, p. 22

Η διέγερση που προκαλείται στον αμφιβληστροειδή από τους δύο ίδιους γκρι στόχους θα πρέπει να είναι ίση λόγω του ότι έχουν την ίδια τιμή φωτεινότητας. Όμως η διέγερση που αντιστοιχεί στο στόχο γύρω από το λευκό φόντο είναι πολύ περιορισμένη λόγω της μεγάλης διέγερσης που προκαλείται καθώς φως φτάνει στο μάτι από το λευκό φόντο. Αυτή η μεγάλη αναχαίτιση δε συμβαίνει στο στόχο με το σκούρο φόντο. Αυτό που μας κάνει να αντιλαμβανόμαστε τους δύο στόχους σαν διαφορετικής φωτεινότητας είναι στην πραγματικότητα η εμπειρία μας από το καθαρό αποτέλεσμα της διέγερσης και της αναχαίτισης σε κάθε στόχο (Gilchrist, 2006, p. 18).

Στο ζήτημα της χρωματικής σταθερότητας ο Hering, κάνοντας κριτική στη θεωρία του Helmholtz, διατυπώνει τα εξής : «δεδομένου ότι η αντίληψη της φωτεινότητας από μία επιφάνεια είναι προϊόν της ανακλαστικότητας της επιφάνειας και του φωτισμού της επιφάνειας, τότε η ανακλαστικότητά της θα μπορούσε να υπολογιστεί αν ήταν γνωστή η τιμή του φωτισμού της επιφάνειας, όπως ισχυρίζεται ο Helmholtz. Αλλά ο φωτισμός της επιφάνειας μπορεί να υπολογιστεί μόνο εάν είναι γνωστή η ανακλαστικότητα! Εφ' όσον ο υπολογισμός του φωτισμού της επιφάνειας επαφίεται στη βάση των χρωμάτων με τα οποία βλέπουμε τα πράγματα από μία υποτιθέμενη μέτρηση που κάνουν οι αισθήσεις μας, και αφού τα ίδια τα χρώματα είναι από μόνα τους αποτέλεσμα των ίδιων μετρήσεων, τότε η αντίληψη περιγράφεται σαν ένας άκαρπος κύκλος» (Gilchrist, 2006, p. 18 – 19). Αυτή η διαπίστωση έμεινε γνωστή ως «παράδοξο του Hering». Βέβαια, αν αυτό το παράδοξο ίσχυε εντελώς τότε δεν θα υπήρχε η χρωματική σταθερότητα. Το γεγονός ότι ξεφεύγουμε από το παράδοξο είναι αποτέλεσμα του ότι το οπτικό μας σύστημα δέχεται φως από πολλές επιφάνειες ταυτόχρονα όπως διαπίστωσε ο Woodworth και αυτές οι διαφορετικές σχέσεις φωτεινότητας δεν υποκύπτουν απαραίτητα στο παράδοξο. Το παράδοξο είναι προβληματικό μόνο όταν εφαρμόζεται σε μία μόνο επιφάνεια – στόχο τη φορά. Και πράγματι, όταν βλέπουμε μόνο μία ομοιογενή επιφάνεια δε μπορούμε να αποφασίσουμε αν αυτό που βλέπουμε είναι η αντίληψη του χρώματος ή ο φωτισμός της επιφάνειας (Gilchrist, 2006, p. 19).

Ο Hering, υιοθετώντας μία low –level vision προσέγγιση, θεωρεί ότι οι παράγοντες που συμβάλουν στη χρωματική σταθερότητα είναι οι περιφερειακοί μηχανισμοί και συγκεκριμένα το μέγεθος της κόρης, η προσαρμογή και η πλάγια αναστολή (Adelson, 2000).

Η προσαρμογή και οι τοπικές αλληλεπιδράσεις είναι κρίσιμοι μηχανισμοί στην αναγνώριση χρωμάτων. Για την ακρίβεια η χρωματική όραση προάγεται από αντίθετες επεξεργασίες στον αμφιβληστροειδή. Τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς έχουν μία οργάνωση ενεργοποίησης – απενεργοποίησης κέντρου – περιφέρειας. Δηλαδή, ερεθισμός στο κέντρο του υποδεκτικού πεδίου του νευρώνα είναι είτε διεγερτικός (σε κάποια κύτταρα), είτε ανασταλτικός (σε άλλα κύτταρα), ενώ η διέγερση στην περιφέρεια του υποδεκτικού πεδίου έχει αντίθετη επίδραση (Eagleman, 2001).

Όταν αυξάνεται ο φωτισμός μιας επιφάνειας, αυξάνεται επίσης και η φωτεινότητα του αντικειμένου. Αλλά η ένταση του φωτός που φτάνει στο μάτι δεν αυξάνει τόσο όσο και η φωτεινότητα του αντικειμένου και αυτό γιατί το μάτι ανταποκρίνεται στην αύξηση της φωτεινότητας μειώνοντας το μέγεθος της κόρης, δηλαδή, μειώνοντας την ποσότητα του φωτός που μπαίνει στο μάτι. Επίσης, τα περιφερειακά κύτταρα σε σκοτεινές επιφάνειες λειτουργούν λιγότερο απ' ότι σε φωτεινές, φαινόμενο που ο Hering ονόμασε «πλάγια αναστολή». Αυτό έχει να κάνει με τη διαφορετική ταχύτητα αντίδρασης που παρουσιάζουν οι φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδούς όταν ανιχνεύουν δύο επιφάνειες ίσης φωτεινότητας πάνω σε φόντο διαφορετικής φωτεινότητας. Η αντίδραση ενός υποδοχέα είναι συνάρτηση τόσο της φωτεινότητας της επιφάνειας που ανιχνεύει, όσο και της αντίδρασης των γειτονικών του υποδοχέων (Hartline, Wagner & Ratliff, 1956). Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίδραση ενός υποδοχέα τόσο αναστέλλεται η δραστηριότητα των γειτονικών του υποδοχέων που ανιχνεύουν λιγότερο φωτεινές επιφάνειες. Συνεπώς οι υποδοχείς που αντιστοιχούν σε επιφάνειες με σκούρο φόντο αντιδρούν περισσότερο από υποδοχείς που αντιστοιχούν σε ίδιες επιφάνειες με ανοιχτόχρωμο φόντο. Έτσι, η νευρική απόκριση στο ερέθισμα που βρίσκεται σε ανοιχτόχρωμο φόντο είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την ποσότητα του φωτός που φτάνει στην πραγματικότητα στον αμφιβληστροειδή.

Επιπρόσθετα, η νευρική απόκριση περιορίζεται και από τη φωτεινότητα του φόντου του αντικειμένου, αφού μπορεί να αναχαιτίσει τη νευρική απόκριση που παράγεται από το φως του ίδιου του αντικειμένου. Γενικά, όσον αφορά την πλάγια αναστολή, όσο η σκοτεινότητα σε μία εικόνα αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και η τοπική ευαισθησία στο στόχο – εικόνα. Ο λόγος είναι ότι οι μηχανισμοί που καθορίζουν την αντίληψη της εικόνας ενεργοποιούνται περισσότερο και επηρεάζουν τόσο την αντίληψη του αντικειμένου όσο και το διαχωρισμό του από τα υπόλοιπα. (Γιωτάκη, Μαντά, Οικονόμου, 2007)

Οι παράγοντες αυτοί, ακόμα και συνδυασμένοι μπορούν να δώσουν μόνο μία «πρόχειρη» χρωματική σταθερότητα που ισχύει παρά τις αλλαγές στο φωτισμό της επιφάνειας. Ο Hering θεωρούσε ότι απόλυτη χρωματική σταθερότητα δεν υπάρχει, μόνο μία προσέγγισή της. Πίστευε ότι, ανάλογα με ένα πλήθος παραγόντων, οι αλλαγές στη νευρική αναχαίτηση που προέρχονται από το πλαίσιο μπορεί να έχουν τιμές μικρότερες, μεγαλύτερες ή ίσες με τις τιμές που προκύπτουν από την αναχαίτηση του στόχου. Η απόλυτη σταθερότητα συμβαίνει, σύμφωνα με το Hering,

σχεδόν κατά λάθος, όταν μεταβλητές όπως η φωτεινότητα του στόχου, η φωτεινότητα του πλαισίου και η προσαρμοστική κατάσταση αποκτούν την τέλεια σχέση μεταξύ τους. (Gilchrist, 2006)

Σύμφωνα με τον Hering, οι περισσότερες επιφάνειες αλλάζουν σε φωτεινότητα όταν αλλάζει ο φωτισμός της επιφάνειας, παρ' όλα αυτά υπάρχουν περιπτώσεις που σε μία επιφάνεια υπάρχει απόλυτη σταθερότητα. Οι παράγοντες που επιδρούν σε αυτό δεν περιορίζονται μόνο σε ψυχολογικούς. Εμπλέκεται και η προηγούμενη εμπειρία. Η μνήμη για το χρώμα τροφοδοτεί την κλίση προς την σταθερότητα. «Με τη συνεργασία των ρυθμιστικών μηχανισμών οι χρωματικές αλλαγές στο οπτικό πεδίο μένουν σε πολύ στενότερα όρια σε σχέση με τις αλλαγές του φωτισμού της επιφάνειας. Το χρώμα ενός αντικειμένου, αγνοώντας τους περιοριστικούς παράγοντες, αποκτά μία συγκεκριμένη σταθερότητα και αποτυπώνεται στη μνήμη μας σαν ένα διαρκές, ολοκληρωμένο συστατικό μέρος του αντικειμένου. Αν η μνήμη για τα χρώματα σχηματίζεται με αυτό τον τρόπο, τότε υπάρχει μια περαιτέρω επιρροή στον τρόπο που βλέπουμε, και κατ' επέκταση στους ψυχολογικούς παράγοντες που συντελούν σε αυτό, «ψυχολογικούς» από την άποψη ότι εξαρτώνται από τις προσωπικές εμπειρίες που έχουν ήδη εγκαθιδρυθεί στη νευρική δραστηριότητα. (Gilchrist, 2006, p. 20)

2.2. 2 Blakeslee & McCourt

Οι Blakeslee & McCourt (1997, 1999, 2001; Blakeslee et al., 2005) παρουσίασαν ένα μοντέλο χωρικού φιλτραρίσματος προκειμένου να εξηγήσουν φαινόμενα αντίθεσης και αφομοίωσης (assimilation)¹. Το μοντέλο είναι δυσδιάστατο και έχει πολλαπλούς προσανατολισμούς. Χρησιμοποιεί τη δεδομένη διαφορά του φίλτρου Gaussian², αλλά με καινούριες διαστρωματώσεις. Τα φίλτρα είναι προσανατολισμένα, και αποτελούνται από μία διεγερτική περιοχή που πλαισιώνεται από ένα ζεύγος ανασταλτικών περιοχών. Τα φίλτρα σε αυτό το μοντέλο είναι χαμηλότερης χωρικής συχνότητας σε σχέση με αυτά που χρησιμοποίησαν τα προηγούμενα μοντέλα. Για κάθε σημείο του ερεθίσματος το προϊόν του κάθε φίλτρου, που περιλαμβάνει κάθε προσανατολισμό και κλίμακα, συναθροίζεται με την εξής τροποποίηση : το προϊόν του κάθε προσανατολισμού ομαλοποιείται στην ίδια ανώτατη τιμή. Αυτή η ομαλοποίηση είναι το κλειδί για να γίνει κατανοητό πώς αυτό το μοντέλο ερμηνεύει τα φαινόμενα αφομοίωσης assimilation όπως αυτό που συμβαίνει στο White effect : εκεί η διαδικασία ομαλοποίησης αλλάζει τη σχετική συμβολή της λαμπρότητας από διαφορετικές χωρικές κλίμακες από λεπτές σε πιο παχιές, αφήνοντας τις παχιές κλίμακες που θολώνουν το δείγμα και τραχύνουν τη ράβδο να υπερισχύουν.

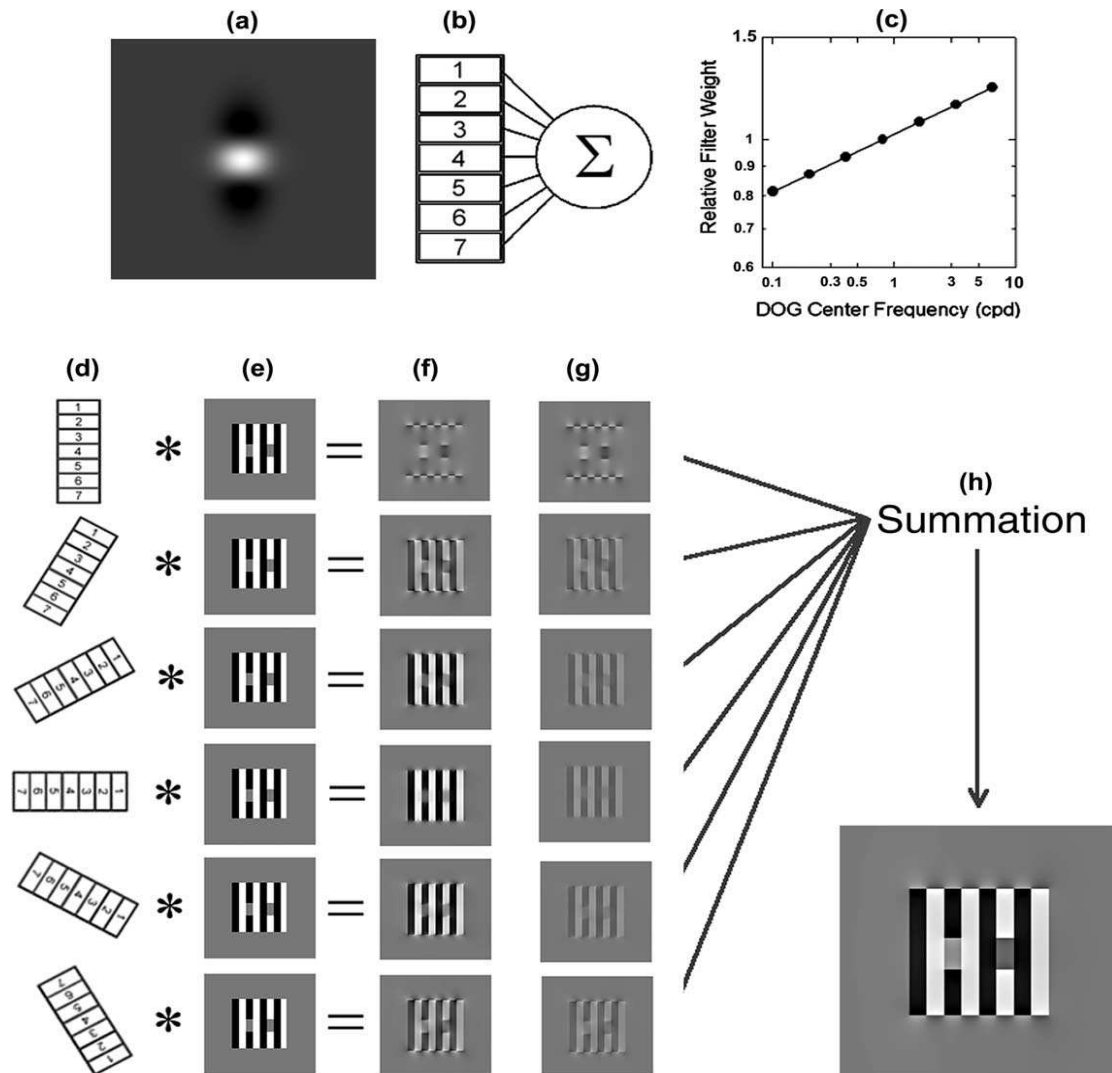
Το υπολογιστικό μοντέλο προσανατολισμένης διαφοράς των Gaussian (Oriented difference of Gaussians – ODOG) υπολογίζει ψυχοφυσικά δεδομένα και επισημαίνει ότι οι μηχανισμοί που βασίζονται σε ανάλυση junction ή σε αντιληπτικά συμπεράσματα δεν είναι απαραίτητοι για να τα εξηγήσουν. Βέβαια, τα ODOG συγκρατεί τη δραστηριότητα των junctions, καθώς επίσης και των παραγόντων ομαδοποίησης (Blakeslee & McCourt, 1999).

Σύμφωνα με το ODOG η εξαγωγή της λαμπρότητας προκύπτει από γραμμικό χωρικό φιλτράρισμα με μία ημιτελή βάση, την περιορισμένη διάταξη χωρικών φίλτρων στο

¹ Assimilation effect : φαινόμενο όπου η περιοχή – στόχος αλλάζει παρασυρόμενη από τις παρακείμενες περιοχές, ακριβώς ανάποδα από το φαινόμενο της αντίθεσης. Παρατηρείται συχνά σε εικόνες με μεγάλη χωρική συχνότητα και επηρεάζεται από τις σχέσεις φωτεινότητας μεταξύ των ερεθισμάτων.

²Το Gaussian filter λειάίνει μία εικόνα από τον υπολογισμό των σταθμισμένων μέσω όρων σε ένα πλαίσιο - φίλτρο

οπτικό σύστημα. Μία εντελώς γραμμική μετατροπή θα ήταν άχρηστη με την έννοια ότι μία διαστηματική εικόνα μπορεί να ανακατασκευαστεί από τη συχνότητα αναπαράστασης των δεδομένων της αρκετά πιστά (Blakeslee & McCourt, 2003).



Διαγραμματική απεικόνιση του μοντέλου ODOG στο White effect. (a) η αναπαράσταση του γκρι επιπέδου του ODOG. (b) επτά φίλτρα στα οποία κάθε προσανατολισμός υπολογίστηκε μετά από στάθμιση με τη συχνότητα (d, e) η χρήση των φίλτρων ανά προσανατολισμό (f) η ομαλοποίηση των αποτελεσμάτων των φίλτρων κατά προσανατολισμό (g) η τελική συνάθροιση των ομαλοποιημένων φίλτρων στο μοντέλο ODOG.

Πηγή : Blakeslee & McCourt, A unified theory of brightness contrast and assimilation incorporating oriented multiscale spatial filtering and contrast normalization, 2003

Μία συνέπεια από την ατελή διάταξη των φίλτρων στο ODOG είναι ότι οι αυθαίρετες πληροφορίες υψηλής χωρικής συχνότητας δεν μπορούν να αναπαρασταθούν σε μία

ανακατασκευασμένη εικόνα, με αποτέλεσμα να συμβαίνει χωρική επικάλυψη. Επίσης μπορεί να συμβεί και χάσιμο πληροφοριών χαμηλότερης χωρικής συχνότητας. Παρ' όλα αυτά εικόνες με χαμηλή συχνότητα που είναι ανάλογες με την κλίμακα των κωδικοποιημένων φίλτρων αναπαριστούνται με ένα χάσιμο πληροφοριών χαμηλής συχνότητας, αλλά παρουσιάζουν παρ' όλα αυτά φαινόμενα αντίθεσης. Αντίθετα, εικόνες με υψηλή συχνότητα, σχετικές με την κλίμακα των κωδικοποιημένων φίλτρων αναπαριστούνται με ένα χάσιμο πληροφοριών υψηλής συχνότητας, αλλά παρ' όλα αυτά παρουσιάζουν φαινόμενα αφομοίωσης. Ακόμα και αυτή η επιλεκτικότητα προσανατολισμού των φίλτρων και το μη γραμμικό στάδιο του ODOG παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξήγηση χρωματικών φαινομένων (Blakeslee & McCourt, 2003).

Τα φαινόμενα ομαδοποίησης αποτυπώνονται από τη μη γραμμική άθροιση των προσανατολισμένων φίλτρων DOG στο μοντέλο ODOG. Η επιλεκτικότητα προσανατολισμού και τα αποτελέσματα ομαλοποίησης των φίλτρων πριν την τελική συνάθροιση πραγματοποιούν μία low – level εκδοχή ομαδοποίησης σε γραμμές, στήλες και διαγώνιους (Blakeslee & McCourt, 1999).

Στο ODOG η πλάγια αναστολή εμφανίζεται σε πολλές χωρικές κλίμακες με παράλληλη και ιεραρχική οργάνωση (όχι απαραίτητα) και οι αποστάσεις που περιλαμβάνονται εξαρτώνται από τις χωρικές σταθερές των διάφορων φίλτρων (Blakeslee, Reetz & McCourt, 2009; Blakeslee & McCourt, 1999).

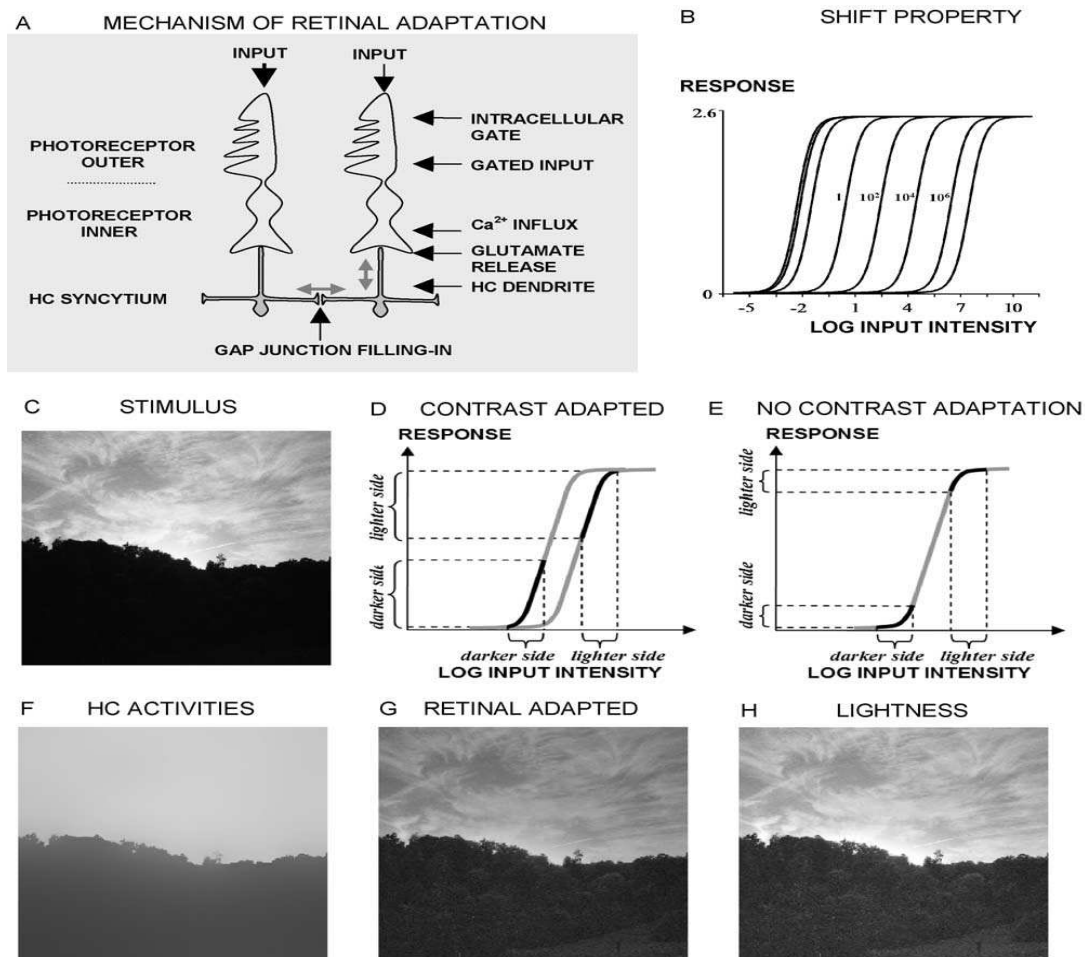
2.2.3 Hong & Crossberg

Οι Hong & Crossberg ανέπτυξαν ένα μοντέλο χρωματικής αντίληψης εμπνευσμένο από τον τρόπο με τον οποίο το οπτικό σύστημα των θηλαστικών έχει σχεδιαστεί για αυτή τη λειτουργία. Το οπτικό σύστημα, προκειμένου να κάνει την τελική απόλυτη χρωματική εκτίμηση κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, δηλαδή να τη σταθεροποιήσει, συνδυάζει ιδιότητες διάρθρωσης (articulation), απομόνωσης, διαμόρφωσης και τοπικής περιοχής. Το μοντέλο προσομοιώνει ποσοτικά τέτοια ψυχοσωματικά δεδομένα χρωματικής αντίληψης, καθώς και άλλα στοιχεία όπως την εξαγωγή της πηγής φωτισμού (discounting the illuminant), φαινόμενα χρωματικής σταθερότητας και αντίθεσης. Ενσωματώνει επίσης την ανάκτηση ελέγχου από τους αμφιβληστροειδικούς υποδοχείς και τη χωρική προσαρμογή αντίθεσης στο κύκλωμα αρνητικής ανατροφοδότησης μεταξύ των μηχανισμών που ορίζουν το εσωτερικό τμήμα των φωτοϋποδοχέων και αλληλεπιδρούν με τα οριζόντια κύτταρα. Το μοντέλο μπορεί να προσαρμόσει την ευαισθησία του για την ένταση των εισροών που κυμαίνονται από το αμυδρό φως του φεγγαριού μέχρι το εκθαμβωτικό φως του ήλιου. Ένας νέος μηχανισμός σταθερότητας που ονομάζεται Blurred-Highest-Luminance-As-White βοηθά στην προσομοίωση του πώς η χρωματική αντίληψη καθίσταται ευαίσθητη στην χωρική κλίμακα των αντικειμένων σε μία περιοχή. Το μοντέλο είναι επίσης σε θέση να επεξεργάζεται φυσικές εικόνες κάτω από μεταβλητές συνθήκες φωτισμού (Hong & Crossberg, 2004).

Η αμφιβληστροειδική προ – επεξεργασία των οπτικών σημάτων συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην χρωματική αντίληψη. Οι εν λόγω διαδικασίες περιλαμβάνουν την χρωματική προσαρμογή και την προσαρμογή στην αντίθεση, φαινόμενα για τα οποία είναι υπεύθυνοι κάποιοι αμφιβληστροειδικοί μηχανισμοί. Τα αποτελέσματα αυτών των low – level διαδικασιών τείνουν να κάνουν εκτιμήσεις για τη σχετική μέτρηση της ανακλαστικότητας της επιφάνειας μίας εικόνας όπως και μετρήσεις σχετικής αντίθεσης στα δίκτυα κέντρου – περιφέρειας (Hong & Crossberg, 2004).

Το μοντέλο μπορεί να περιγραφεί ως εξής : Σε ένα πρώτο στάδιο, αυτό της αμφιβληστροειδικής προσαρμογής (retinal adaptation) γίνεται μία ασπρόμαυρη εκδοχή του εισρέοντος χρώματος και προσαρμογή στην ατμοσφαιρική φωτεινότητα

και στις τοπικές αντιθέσεις. Με αυτόν τον τρόπο χαρτογραφούνται ξεχωριστά οι σκοτεινές και οι φωτεινές περιοχές και μετατρέπονται σε ξεχωριστές ευδιάκριτες αναπαραστάσεις. Μέσω αυτού του μηχανισμού μπορούν να αναπροσαρμοστούν περιοχές που χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη αντίθεση και να εξασφαλιστεί ότι τα εισερχόμενα σήματα δεν θα χαρτογραφηθούν σαν πολύ υψηλής ή χαμηλής έντασης, επομένως δεν θα υπάρξει απώλεια στην ευαισθησία τη αντίθεσης.



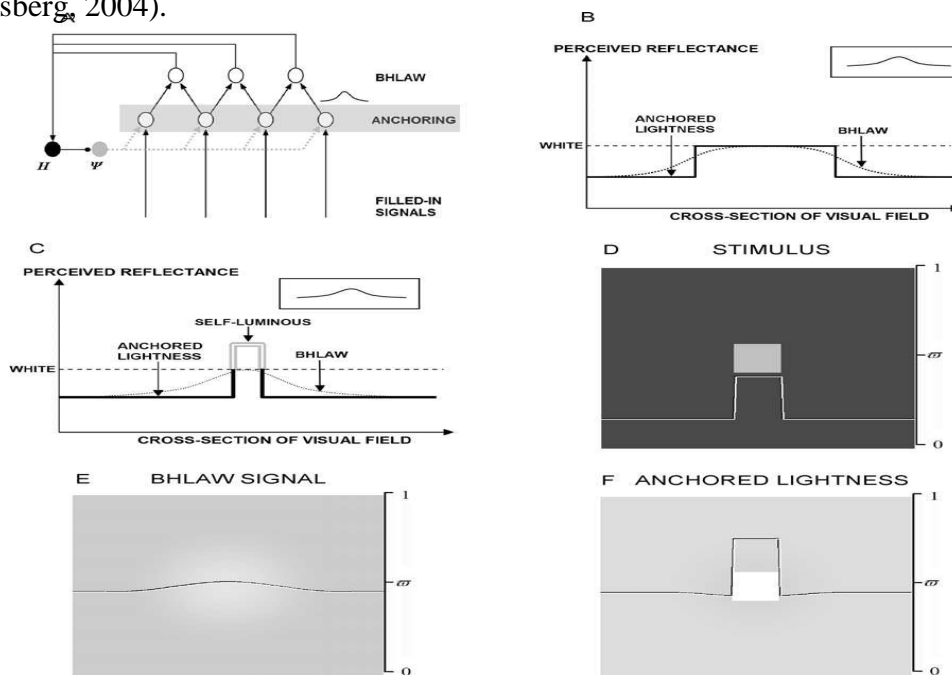
Σχεδιαγραμματική απεικόνιση του μηχανισμού της αμφιβληστροειδικής προσαρμογής. (A) η διαδικασία που συντελείται στα τμήματα των φωτοϋποδοχέων για την χρωματική προσαρμογή στο outer photoreceptor και για την τοπική αντίθεση στο inner photoreceptor. Οι φωτοϋποδοχείς δέχονται αρνητική ανατροφοδότηση από τους HC dendrites και αυξομοιώνεται η ευαισθησία τους. (B) Προσομοίωση της χρωματικής προσαρμογής στο κατάλληλο εύρος για να προσαρμοστεί στην περιβάλλουσα φωτεινότητα του οπτικού πεδίου. (D) το ερέθισμα. (D) απεικόνιση της προσαρμογής αντίθεσης (E) απεικόνιση χωρίς την προσαρμογή αντίθεσης (F) Οι διεργασίες των HC στην εικόνα (G) Η αμφιβληστροειδική προσαρμογή των σημάτων (H) Η τελική μορφή της εικόνας

Πηγή : Crossberg & Hong, A neuromorphic model for achromatic and chromatic surface representation of natural images, 2004

Χρησιμοποιώντας το προσαρμοσμένο μήνυμα, το επόμενο στάδιο παράγει σήματα αντίθεσης χρησιμοποιώντας την ανταγωνιστική διαδικασία κέντρου – περιφέρειας, με ένα μηχανισμό on - center off - surround (ON), χωρίς αρνητικές τιμές. Η συμπερίληψη των αρνητικών τιμών στο σήμα αντίθεσης απλοποιεί τη συμβολή του off – center on – surround (OFF) μηχανισμού στον υπολογισμό της αντίθεσης. Οι πολλαπλές αυτές κλίμακες καθορίζονται από το πλάτος των ανασταλτικών Gaussian filters. Τρεις κλίμακες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του ερεθίσματος : μικρής και μεσαίας κλίμακας σήματα αντίθεσης και μεγάλης κλίμακας σήματα φωτεινότητας. Καθώς μία επιφάνεια χωρίζεται σε μικρότερα κομμάτια, οι μεσαίας και μεγάλης κλίμακας διαδικασίες κέντρου – περιφέρειας ούτε ενεργοποιούν ούτε καταστέλλουν πλήρως την ομοιογενή περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει ανισορροπία μεταξύ των εισερχόμενων στο κέντρο σημάτων και των περιβάλλοντων υπο – υποδεκτικών πεδίων. Επίσης το εσωτερικό της περιοχής με την υψηλότερη φωτεινότητα καταστέλλεται πλήρως. Αυτό συμβαίνει γιατί οι πυρήνες κέντρου – περιφέρειας δέχονται ταυτόχρονα τα ίδια ερεθίσματα από την περιοχή υψηλότερης φωτεινότητας και ακυρώνουν ο ένας τον άλλο. Εφόσον τα μεγάλης κλίμακας σήματα τείνουν να αναπαριστούν πιο πιστά την φωτεινότητα ονομάζονται σήματα φωτεινότητας (luminance signals). Το αμφιβληστροειδικά προσαρμοσμένο σήμα που έχει μεγάλο υποδεκτικό πεδίο συμπεριφέρεται σαν μεγάλης κλίμακας σήμα αντίθεσης. Αυτή η ανταγωνιστική διαδικασία εξάγει τη φωτεινότητα, αφού η περιφέρεια υπολογίζει τη μέση φωτεινότητα μίας περιοχής χρησιμοποιώντας την προσαρμοσμένη στο μέγεθος της περιφέρειας κλίμακα και αφαιρεί τη μέση φωτεινότητα (το περιεχόμενο των DC) από τη δραστηριότητα του κέντρου. Βέβαια, με αυτή τη διαδικασία παράγονται μόνο σχετικές μετρήσεις για την ανακλαστικότητα μίας εικόνας (Hong & Crossberg, 2004).

Το αμφιβληστροειδικά προσαρμοσμένο σήμα πηγαίνει επίσης και μέσω μίας άλλης οδού στο επόμενο επίπεδο αμετάβλητο, από το σήμα φωτεινότητας. Τα σήματα φωτεινότητας και αντίθεσης συγκεντρώνονται στο επόμενο στάδιο, όπου αναπροσαρμόζονται μέσω μίας διαδικασίας σταθεροποίησης για να αποδώσουν κατάλληλες χρωματικές τιμές. Τα σταθεροποιημένα σήματα αντιπροσωπεύουν την αχρώματα αντίληψη στο μοντέλο (Hong & Crossberg, 2004).

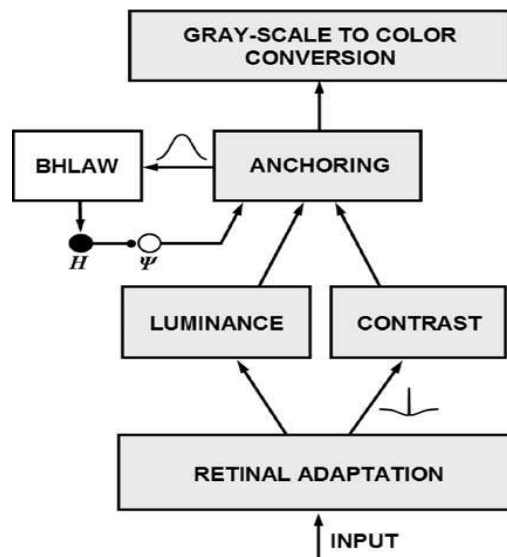
Για την επίτευξη της σταθεροποίησης πρώτα γίνεται μία θολή εκδοχή του σήματος που ονομάζεται Blurred Highest Luminance – As White (BHLAW) σήμα. Το μοντέλο χρησιμοποιεί αυτό το σήμα για να σταθεροποιήσει την υψηλότερη τιμή της θολής περιοχής σε αυτή του άσπρου. Αυτή η αναπροσαρμογή επιτυγχάνεται καθώς το BHLAW χαμηλώνει τον τόνο μίας αυτόματης διαδικασίας απόκτησης ελέγχου που αναπαριστάται ως Ψ . Η Ψ αναπροσαρμόζει τα συγκεντρωμένα πολλαπλής κλίμακας σήματα για την επιφάνεια. Η διαδικασία H , που αναστέλλει την Ψ , ενεργοποιείται κάθε φορά που ένα σήμα BHLAW υπερβαίνει το κατώφλι που ορίζει την τιμή του άσπρου. Με αυτόν τον κύκλο αρνητικής ανατροφοδότησης ισχύει ο κανόνας του BHLAW. Η διαδικασία H αναστέλλει, αλλά δεν σταματά τελείως τη δραστηριότητα της Ψ αφήνοντας έτσι μία πιθανότητα στα σήματα BHLAW να υπερβούν την τιμή του άσπρου όταν το απ' τα κάτω προς τα πάνω σήμα είναι αρκετά δυνατό. (Hong & Crossberg, 2004).



A) Η διαδικασία σταθεροποίησης. Οι δραστηριότητες των μονάδων σταθεροποίησης συγκεντρώνονται τοπικά από μονάδες BHLAW για να σχηματίσουν μία θολή εκδοχή του σταθεροποιημένου σήματος. B) ο κανόνας του BHLAW σε μία μεγάλη περιοχή υψηλής φωτεινότητας. Η διακεκομμένη γραμμή δείχνει την τιμή του άσπρου που παίρνει η θολή περιοχή υψηλότερης φωτεινότητας. Η παχιά γραμμή δείχνει μία μονοδιάστατη εκδοχή της σταθεροποιημένης χρωματικής αντίληψης. C) Ο κανόνας BHLAW όπως εφαρμόζεται σε μία μικρή περιοχή υψηλής φωτεινότητας. (D-F) Απεικόνιση των σημάτων από την αρχική διαδικασία σταθεροποίησης μέχρι την τελική εξαγωγή της σταθεροποιημένης χρωματικής αντίληψης.

Πηγή : Crossberg & Hong, A neuromorphic model for achromatic and chromatic surface representation of natural images, 2004

Στο τελευταίο στάδιο η αχρώματη αντίληψη αποδίδεται χρωματικά με τη χρήση ενός απλού υπολογισμού των δεικτών εισρών – εκροών και διατηρεί την φωτεινότητα της αχρώματης εκροής (Crossberg & Hong, 2004). Αρχικά, η αναλογία των αχρώματων δεδομένων συναθροίζεται για κάθε σημείο με τη χρήση της γκρι κλίμακας των εισερχόμενων και της εξερχόμενης σταθεροποιημένης χρωματικής αντίληψης. Για παράδειγμα εάν οι τιμές φωτεινότητας για ένα σημείο (x,y) είναι 1 και για τη σταθεροποιημένη χρωματική αντίληψη είναι 10 τότε η από τα μέσα προς τα έω αναλογία για το σημείο θα είναι 10, δηλαδή το εξερχόμενο σήμα είναι 10 φορές πιο φωτεινό από το εισερχόμενο. Για να έχει το εξερχόμενο έγχρωμο σήμα τις ίδιες τιμές φωτεινότητας με το ασπρόμαυρο εισερχόμενο, η από τα μέσα προς τα έξω αναλογία για κάθε γκρι σημείο πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο εισερχόμενο σημείο χρώματος για να δημιουργήσει το εξερχόμενο (Hong & Crossberg, 2004).



Σχεδιαγραμματική απεικόνιση του μοντέλου των Crossberg & Hong

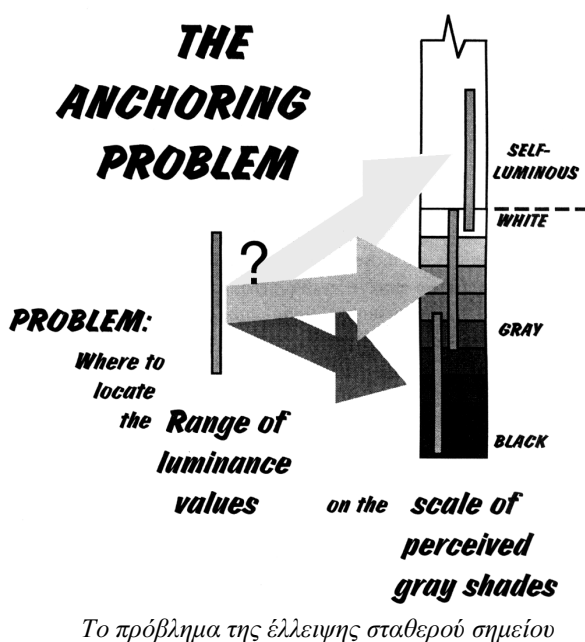
Πηγή : Crossberg & Hong, A neuromorphic model for achromatic and chromatic surface representation of natural images, 2004.

2.3.1 Alan Gilchrist

Ο χωρικός προσανατολισμός μίας επιφάνειας μπορεί να αλλάξει το αντιλαμβανόμενο της χρώμα από μαύρο σε άσπρο ή από άσπρο σε μαύρο. Αυτό έχει να κάνει με το διαχωρισμό των άκρων αντανάκλασης από τα άκρα φωτισμού της επιφάνειας, δηλαδή την ταξινόμηση άκρων (edge classification), τόσο με τη συνεισφορά του οπτικού όσο και του νευρικού μας συστήματος (Gilchrist et.al, 1983). Οι παράγοντες βάθους καθώς και η συνολική διάρθρωση του πλαισίου στο οποίο βρίσκεται η επιφάνεια – στόχος παίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτό το διαχωρισμό (Gilchrist, 1979). Τα άκρα αντανάκλασης είναι τα όρια φωτεινότητας στην αμφιβληστροειδική εικόνα που προκαλούνται από μία αλλαγή στη φωτεινότητα της επιφάνειας, ενώ τα άκρα φωτισμού επιφάνειας προκαλούνται από αλλαγές στο φωτισμό της επιφάνειας, όπως με την προσθήκη μίας σκιάς, ή το όριο της φωτεινότητας σε μία γωνία. Ο Gilchrist προτείνει ότι το οπτικό σύστημα πρέπει να ταξινομήσει τα άκρα μίας εικόνας σε μία από αυτές τις δύο κατηγορίες πριν προβεί στη διαδικασία ολοκλήρωσης άκρων (edge integration). Τότε, η ολοκλήρωση όλων των άκρων θα σχηματίσει ένα χάρτη φωτισμού των επιφανειών στο οπτικό μας πεδίο. Στην ουσία το οπτικό μας σύστημα χρησιμοποιεί την ταξινόμηση άκρων για να επεξεργαστεί την αμφιβληστροειδική εικόνα σε δύο επικαλυπτόμενα στρώματα. (Gilchrist et al., 1999).

Αν και η θεωρία αυτή έχει κοινά στοιχεία με μοντέλα εσωτερικών εικόνων, παραθέτει κάποιους στόχους, που τα προηγούμενα μοντέλα δε μπόρεσαν να καλύψουν. Αρχικά προσπαθεί να αποδώσει τη μεγάλη σημασία που έχουν τα λάθη και ο βαθμός αληθοφάνειας του οπτικού μας συστήματος, κυρίως με το να προσπαθεί να συνδυάσει την σταθερότητα ή αποτυχία στη σταθερότητα Τύπου I και II. Έπειτα, εισάγει έναν σημαντικό προβληματισμό : το οπτικό μας σύστημα μπορεί να κάνει εκτιμήσεις μόνο για τη σχετική φωτεινότητα μίας επιφάνειας, όχι για την απόλυτη τιμή της, και αυτό γιατί απλά συγκρίνει τις αντιλαμβανόμενες φωτεινότητες από δύο επιφάνειες, στη βάση μίας αναλογίας. Πχ. αν ένα άσπρο χαρτί τοποθετηθεί δίπλα σε ένα μαύρο η αναλογία θα είναι 30 : 1. Σε άλλη περίπτωση, όπου η αναλογία μπορεί να είναι 5 : 1, στο οπτικό μας σύστημα δίνονται πληροφορίες απλώς για την

απόσταση μεταξύ των δύο αποχρώσεων, όχι για την ακριβή τους τοποθεσία πάνω στη χρωματική κλίμακα, συνεπώς το οπτικό σύστημα μπορεί να εικάζει οποιαδήποτε απόχρωση τηρεί την ίδια αναλογία. (Gilchrist et al., 1999). Για να μπορέσει το οπτικό σύστημα να μετατρέψει τις αναλογικές τιμές φωτεινότητας σε συγκεκριμένες θα πρέπει να θεσπίσει έναν κανόνα σταθερότητας που θα περιγράψει ακριβώς πόσο σχετικές είναι οι αναλογίες (Gilchrist & Radonjic, 2009).



Πηγή : Gilchrist et al., An anchoring theory of lightness perception, 1999

Η θεωρία του σταθερού σημείου αναπτύχθηκε τόσο για απλές όσο και για σύνθετες εικόνες. Η εκτεταμένη μελέτη απλών εικόνων, όπου δύο επιφάνειες διαφορετικής ανακλαστικότητας συγκρίνονται η μία δίπλα στην άλλη, αποτυπώθηκε πειραματικά (Cataliotti & Gilchrist, 1994, 1995; Li & Gilchrist, 1993, 1999; Bonato & Gilchrist, 1994, 1995, 1999) και έδωσε τα εξής συμπεράσματα :

Για τις περιπτώσεις που δεν ισχύει ο κανόνας της τοπικής περιοχής (area rule)³ η θεωρία του σταθερού σημείου εφαρμόζεται ως εξής : η πιο φωτεινή περιοχή φαίνεται άσπρη και το πώς φαίνεται κάθε σκοτεινή περιοχή εξαρτάται από τη σχέση που έχει με την φωτεινή περιοχή σύμφωνα με τον τύπο :

³ Ο κανόνας της τοπικής περιοχής περιγράφει πώς η σχετική περιοχή και η σχετική φωτεινότητα συνδυάζονται για να δώσουν σταθερή χρωματική αντίληψη. Ισχύει όταν η σκοτεινή επιφάνεια καταλαμβάνει πάνω από το μισό χώρο και η αντιλαμβανόμενη χρωματική τιμή της αυξάνει σε ευθεία αναλογία. Την ίδια στιγμή, η φωτεινή περιοχή από άσπρη φαίνεται φωτεινότερη και τελικά δίνει την αίσθηση του αυτό - φωτισμού.

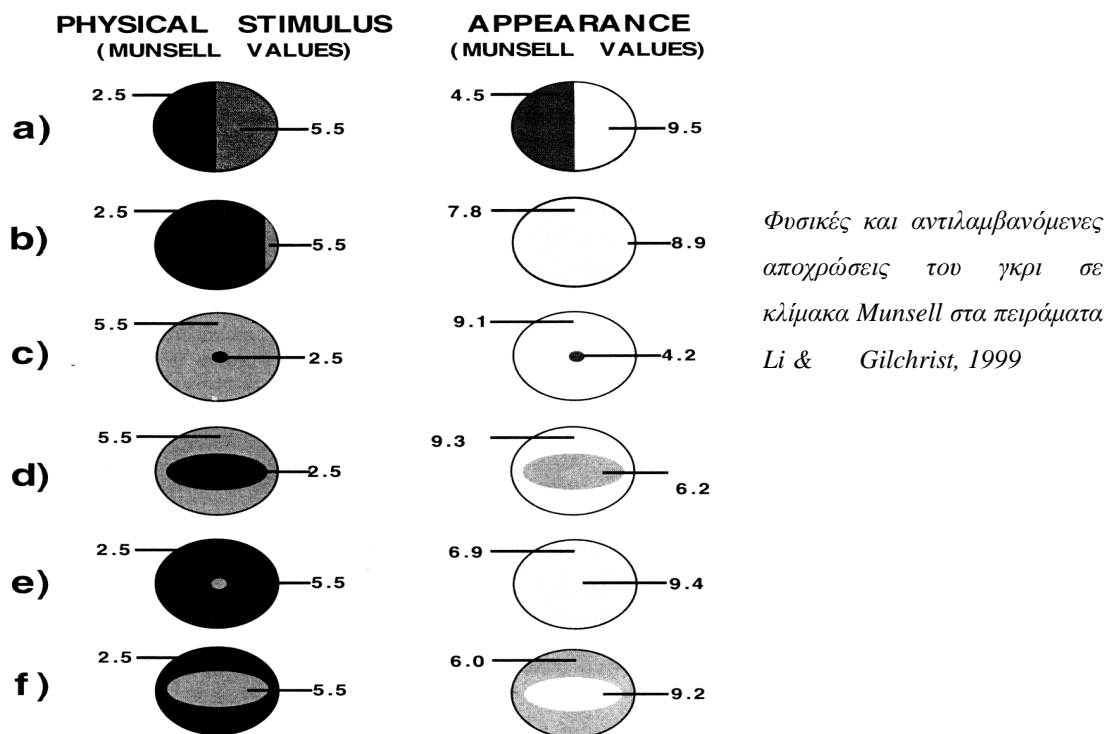
$$Pr = Lt / Lh * 90\%, \quad (1)$$

όπου Pr είναι η αντιλαμβανόμενη ανακλαστικότητα, Lt είναι η φωτεινότητα του στόχου, Lh είναι η υψηλότερη φωτεινότητα και 90% είναι η ανακλαστικότητα του άσπρου.

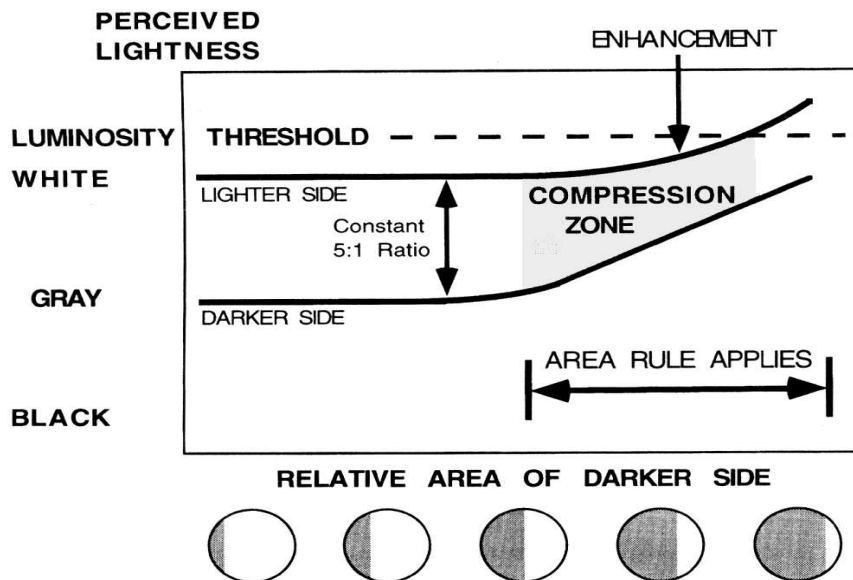
Για τις περιπτώσεις όπου ο κανόνας της τοπικής περιοχής ισχύει ο τύπος μετατρέπεται σε :

$$Pr = (100 - Ad) / 50 * (Lt / Lh * 90\%) + (Ad - 50) / 50 * 90\%, \quad (2)$$

όπου Ad είναι η περιοχή που καταλαμβάνει η σκοτεινή περιοχή, σαν ποσοστό της συνολικής περιοχής. Στην ουσία αυτό που περιγράφεται μαθηματικά είναι πως εάν η Ad καταλαμβάνει το 50% της συνολικής περιοχής, η αντιλαμβανόμενη ανακλαστικότητα της σκοτεινής περιοχής προκύπτει από τον τύπο (1). Καθώς η Ad πλησιάζει το 100% συντελείται μία απαλή μετατροπή. Η φωτεινή περιοχή δεν παίρνει βέβαια άλλη τιμή από το άσπρο, αλλά καθώς η Ad μεγαλώνει, η φωτεινή περιοχή αποκτά πρόσθετες αντιληπτικές τιμές, αρχικά φθορίζουσες και τελικά αυτό-φωτισμού (Gilchrist et al. 1999).



Πηγή : Gilchrist et. All. An anchoring theory of lightness perception, 1999



Σχηματική απεικόνιση του πώς η χρωματική αντίληψη ποικίλει σαν συνάρτηση της σχετικής περιοχής σε απλές κυκλικές εικόνες με σταθερές τιμές φωτεινότητας στα πειράματα των Li & Gilchrist, 1999

Πηγή : Li & Gilchrist, Relative area and relative luminance combine to anchor surface lightness values, 1999

Συνοπτικά, η χρωματική αντίληψη εξαρτάται κυρίως από τις τιμές που παίρνει η φωτεινότητα μεταξύ δύο παρακείμενων περιοχών, που γίνονται αντιληπτές σαν να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, σε αντίθεση με τις τιμές της φωτεινότητας μεταξύ δύο παρακείμενων περιοχών σε οποιοδήποτε μέρος του οπτικού πεδίου (Gilchrist, 1979). Στην αντίληψη απλών εικόνων η δημιουργία σταθερού σημείου φωτεινότητας εξαρτάται από δύο παράγοντες : την σχετική περιοχή⁴ και τη σχετική φωτεινότητα⁵. Όσο η σκοτεινή περιοχή είναι ίση ή μικρότερη από τη φωτεινή περιοχή η υπόθεση της σχετικής περιοχής δεν παίζει κάποιο ρόλο στη δημιουργία ενός σταθερού σημείου φωτεινότητας. Αυτό που παίζει ρόλο είναι η σχετική φωτεινότητα. Η φωτεινότερη περιοχή παίρνει αυτόματα την τιμή του άσπρου χρώματος και η σκοτεινή περιοχή γίνεται αντιληπτή σε αναλογία με την τιμή της φωτεινής περιοχής. Όταν η σκοτεινή περιοχή γίνεται μεγαλύτερη από τη φωτεινή περιοχή η υπόθεση της σχετικής περιοχής αρχίζει να παίζει κάποιο ρόλο. Καθώς η σκοτεινή περιοχή γίνεται μεγαλύτερη αρχίζει να φαίνεται φωτεινότερη και στη συνέχεια φωσφορίζουσα (Li & Gilchrist, 1999). Τα συμπεράσματα αυτά καταρρίπτουν παλαιότερες θεωρίες (Bruno,

⁴ Ο κανόνας της σχετικής περιοχής ορίζει πως η μεγαλύτερη από τις δύο συγκρινόμενες περιοχές φαίνεται άσπρη.

⁵ Ο κανόνας της σχετικής φωτεινότητας ορίζει ότι η υψηλότερη από τις δύο συγκρινόμενες φωτεινότητες θα φαίνεται άσπρη και η σκοτεινή θα οριστεί με βάση αυτό το δεδομένο.

1992; Bruno, Bernardis & Schirillo, 1997; Catallioti & Gilchrist, 1995; Schirillo & Shevell, 1993; Wallach, 1948) όπως αυτήν της υψηλότερης φωτεινότητας (highest luminance) σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει υψηλότερη τιμή από αυτή του άσπρου (Li & Gilchrist, 1999).

Όσον αφορά τις σύνθετες εικόνες, το οπτικό μας σύστημα πρέπει να τις οργανώσει σε μορφές υποκατηγοριών ή πεδίων (frameworks). Πεδίο είναι μία περιοχή της εικόνας στην οποία κάθε τμήμα δεδομένης φωτεινότητας θα δίνει την ίδια χρωματική αντίληψη ανεξάρτητα από την περιοχή προέλευσής του (Economou, Zdravkovite & Gilchrist, 2007). Πρόκειται για συγκεντρωμένες επιφάνειες που ταιριάζουν μεταξύ τους με διάφορους τρόπους, σύμφωνα με τις Gestalt αρχές της ομαδοποίησης. Σημαντικό ρόλο ομαδοποίησης παίζουν και οι T-junctions. Σύμφωνα με τη θεωρία του σταθερού σημείου δύο αποφραγμένα τεταρτημόρια φαίνονται να ανήκουν στενά μαζί εφ' όσον το αποφραγμένο όριο δίνει έναν ισχυρό διαχωριστικό παράγοντα που διαχωρίζει αντιληπτικά την αποφραγμένη περιοχή από τις δύο τεταρτημοριακές περιοχές.

Πολύ σημαντικός παράγοντας ομαδοποίησης είναι επίσης οι περιοχές να ανήκουν στο ίδιο επίπεδο. Οι κλίσεις (όρια) φωτεινότητας συνεισφέρουν επίσης στην ομαδοποίηση. Εάν δύο διαφορετικές αλλά παρακείμενες τιμές φωτεινότητας διαχωρίζονται από μία βαθιά γωνία ενισχύουν την επικέντρωση στο στόχο και φαίνονται να ανήκουν αντιληπτικά μαζί. Εάν διαχωριστούν από ένα κεκλιμένο όριο φωτεινότητας δύο ίδιες τιμές φωτεινότητας αδύναμα θα δώσουν την αίσθηση της ομαδοποίησης. Τέλος, οι X- junctions και οι σκιές δίνουν εξίσου την αίσθηση ενός πεδίου. Τα πεδία μπορούν να σχετίζονται είτε λόγω των παρακείμενων τοπικών τους πεδίων, είτε μέσω μία σύνθετης ιεραρχίας ανώτερων και κατώτερων επιπέδων είτε σε άλλες περιπτώσεις με το να τέμνονται μεταξύ τους (Gilchrist et.al, 1999). Φαίνεται ότι ισχυρά πεδία σχηματίζονται από τον αντιληπτικό διαχωρισμό της αμφιβληστροειδικής εικόνας από δύο κύριους παράγοντες : τα θαμπά όρια (penumbrae) και τις βαθιές γωνίες τόσο τις ακμές, όσο και από τις κλειστές γωνίες. Πιο αδύναμα πεδία σχηματίζονται από τις T-junctions, τις X-junctions, τις κλίσεις φωτεινότητας και από τις γκεστάλτ αρχές ομαδοποίησης (Economou & Zdravkovite & Gilchrist, 2007).

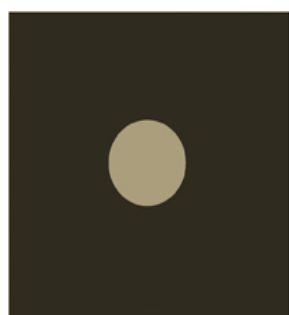
Μία σύνθετη εικόνα αποτελείται από πολλά πεδία. Το πεδίο που περιέχει επιφάνειες από ολόκληρο το οπτικό μας πεδίο ονομάζεται γενικό πεδίο (global framework) ενώ αυτό που προσδιορίζεται από τοπικούς παράγοντες ομαδοποίησης, επιφάνειες δηλαδή που οργανώνονται στενά μαζί, ονομάζεται τοπικό πεδίο (local framework). Για το τελευταίο δεν υπάρχει κάποιος δεδομένος βαθμός εγγύτητας περιοχών προκειμένου να χαρακτηριστεί τοπικό πεδίο. Μία εικόνα – στόχος ανήκει πάντα σε τουλάχιστον δύο πεδία, ένα γενικό και σε ένα ή περισσότερα τοπικά (Gilchrist et.al, 1999).

Το τελικό χρώμα της επιφάνειας που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής υπολογίζεται τόσο από το εκτιμώμενο χρώμα του τοπικού όσο και του γενικού πεδίου σε αναλογία με τη δύναμη που έχει το κάθε πεδίο, ή αλλιώς το ειδικό βάρος του κάθε πεδίου. Η δύναμη κάθε πεδίου εξαρτάται από τους παράγοντες ομαδοποίησης που περιλαμβάνονται σε αυτό, από το μέγεθός του, την πυκνότητά του (articulation) και από την ευκρίνεια των επιμέρους κομματιών που το συνθέτουν, την αντιληπτική του συνοχή. Καλύτερη επικέντρωση στο στόχο επιτυγχάνεται όταν το πεδίο είναι μεγάλο, και όταν περιλαμβάνει πολλές ευκρινείς επιφάνειες (Gilchrist et. Al, 1999). Συνεπώς ισχύει η ίδια μεθοδολογία που ισχύει για τις απλές εικόνες, μόνο που στην περίπτωση των σύνθετων το σταθερό σημείο εφαρμόζεται στα πεδία.

Η τελική αντιλαμβανόμενη ανακλαστικότητα υπολογίζεται από τον τύπο :

$$Pr = Wl (Lt / Lht * 90\%) + (W-1) (Lt / Lhg * 90\%) \quad (3)$$

όπου, Wl είναι το ειδικό βάρος του τοπικού πεδίου, W – 1 είναι το ειδικό βάρος του γενικού πεδίου, Lt είναι η φωτεινότητα του στόχου, Lht η υψηλότερη τιμή φωτεινότητας στο τοπικό πεδίο και Lhg η υψηλότερη φωτεινότητα στο γενικό πεδίο. Στην ουσία, η χρωματική αντίληψη ο μέσος όρος των πεδίων. Όταν ισχύει ο κανόνας της τοπικής περιοχής ισχύει ο τύπος (2) (Gilchrist et. al, 1999).



Στην πλάνη SLC η θεωρία του σταθερού σημείου εφαρμόζεται ως εξής :

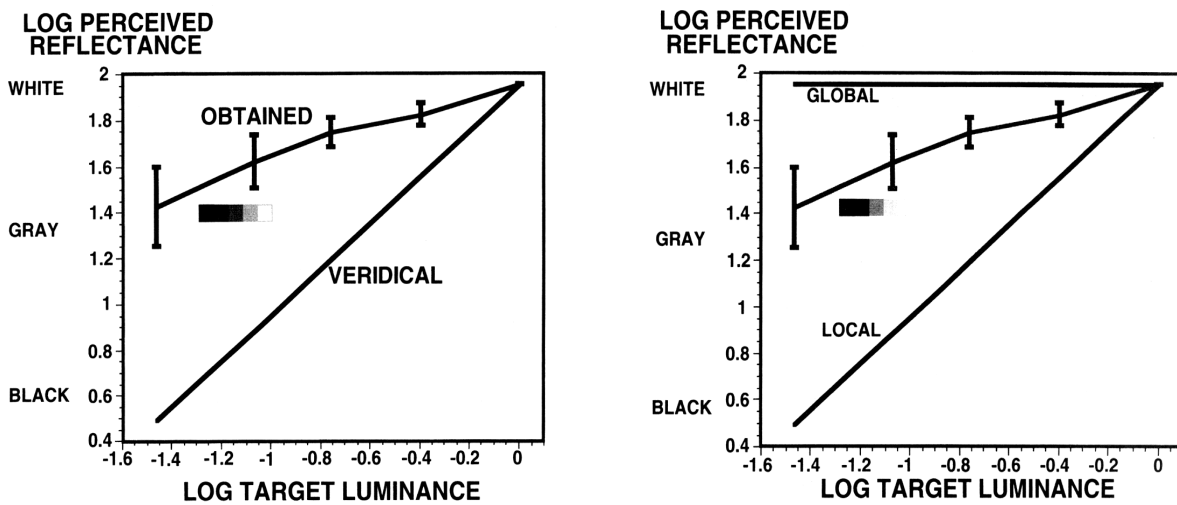


*αριστερός στόχος : Τοπ. Π. = άσπρο, Γεν. Π. = μεσαίο γκρι
Τελικό χρώμα = ανοιχτό γκρι*

*Δεξίς στόχος : Τοπ. Π. = μεσαίο γκρι, Γεν. Π. = μεσαίο γκρι
Τελικό χρώμα = μεσαίο γκρι*

Πηγή : <http://cnslab.ss.uci.edu/hearing/images/content/simcon.jpg>

Η αναλογία μεταξύ άσπρου και μαύρου είναι 30 : 1. Το εύρος της αντιλαμβανόμενης χρωματικής αντίληψης για ένα πεδίο τείνει να εναρμονίζεται με το εύρος φωτεινότητας μεταξύ μαύρου και άσπρου. Όταν το εύρος φωτεινότητας σε ένα πεδίο ξεπεράσει την αναλογία 30 : 1 συμβαίνει μία μορφή συμπίεσης του χρωματικού εύρους και όταν το εύρος είναι μικρότερο από την αναλογία αυτή ακολουθεί μία μορφή εξάπλωσης. Τόσο η συμπίεση όσο και η εξάπλωση είναι αναλογικές στην παρέκκλιση του εύρους του ερεθίσματος από τη σταθερή αναλογία 30 : 1 (Gilchrist et.al, 1999).



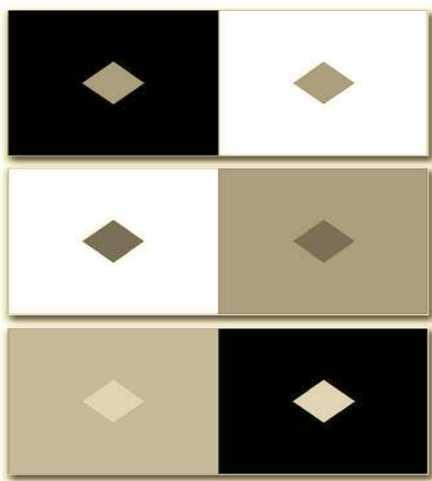
Σχεδιαγραμματική απεικόνιση της χρωματικής συμπίεσης στα πειράματα των Cataliotti & Gilchrist, 1995.

Πηγή : Gilchrist et. al, An anchoring theory of lightness perception, 1999.

2.3.3 Paola Bressan

Μία περαιτέρω συνέχεια της θεωρίας σταθερού σημείου, όπως προτάθηκε από τον A. Gilchrist είναι η θεωρία της διπλής σταθεροποίησης (double anchoring theory) της P. Bressan που αναπτύχθηκε κυρίως από μελέτες πάνω σε φαινόμενα αντίστροφης φωτεινότητας (Bressan & Grosso, 2001; Kramer & Bressan, 2008, 2009. Η θεωρία προβλέπει ότι κάθε περιοχή ανήκει τουλάχιστον σε ένα ή περισσότερα πεδία όπως ορίζονται από τις Γκεστάλτ αρχές ομαδοποίησης και ότι η περιοχή σταθεροποιείται ανεξάρτητα μέσα σε κάθε πεδίο, τόσο βάση της αναλογίας υψηλότερης φωτεινότητας (HL step), όσο και με βάση την αναλογία φωτεινότητας του πλαισίου (surround step). Η σταθεροποίηση με βάση την υψηλότερη φωτεινότητα γίνεται για να αποφευχθούν αλλαγές στη φωτεινότητα εξ' αιτίας του χρώματος της επιφάνειας και η σταθεροποίηση με βάση τη φωτεινότητα του πλαισίου για να αποφευχθούν αλλαγές στη φωτεινότητα εξ' αιτίας της πηγής φωτισμού. Επειδή αποτελούν σταθεροποιητές, τόσο η υψηλότερη φωτεινότητα όσο και η φωτεινότητα του πλαισίου προσδιορίζονται σαν άσπρο. Ο μέσος όρος αυτών των δύο αναλογιών ονομάζεται εδαφική χρωματική αντίληψη (territorial lightness), χωρίς βέβαια να αποτελεί ουσιαστικά αντίληψη, αλλά μία εκτίμηση του πραγματικού χρώματος σταθμισμένη με την αξιοπιστία των δύο προηγούμενων χωρικών εκτιμήσεων (Bressan, 2006).

Αυτή η διαπίστωση προκύπτει από την ανεπάρκεια που έδειξε η θεωρία του Gilchrist να ερμηνεύσει σωστά φαινόμενα όπως όταν δύο στόχοι αποτελούν προσανζητικές φωτεινότητες, σχετικές με το πλαίσιο τους, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



Πηγή : P. Bressan, A double – Anchoring theory of lightness perception, 2006

Η πρόβλεψη που θα έκανε η θεωρία του σταθερού σημείου σε αυτή την περίπτωση θα ήταν ότι δεν υπάρχει φαινόμενο αντίθεσης, κάτι που φαίνεται να είναι λάθος, αφού οι στόχοι ακόμα και αν αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη φωτεινότητα στο γενικό πεδίο, αποτελούν την υψηλότερη φωτεινότητα και στα τοπικά τους πεδία, ανεξάρτητα με το πώς ορίζονται αυτά τα πεδία. Οι στόχοι που αντιπροσωπεύουν μία μεγαλύτερη προσαύξηση σχετική με τη φωτεινότητα που τους περιβάλλει άμεσα φαίνονται φωτεινότεροι σε σχέση με αυτούς που αντιπροσωπεύουν μία μικρότερη προσαύξηση (Bressan, 2006).

Ένα ακόμα σημείο το οποίο επεκτείνει η θεωρία της διπλής σταθεροποίησης είναι το φαινόμενο αυτοφωτισμού, που στη θεωρία του Gilchrist προκύπτει σαν αποτέλεσμα του κανόνα σχετικής περιοχής. Οι υψηλότερης φωτεινότητας περιοχές μπορούν να φανούν ξεθωριασμένες, άσπρες, φθωρίζουσες ή ακόμα φωσφορίζουσες ανεξάρτητα από τις περιοχές του πλαισίου τους (Bressan & Actis – Grosso, 2001) σαν το φεγγάρι που το χρώμα του μεταβάλλεται στον απογευματινό ουρανό (Bressan, 2005).

Μία ακόμα διαφοροποίηση που κάνει η Bressan είναι το τι ορίζει ως πεδίο. Το τοπικό πεδίο αποτελείται από τον στόχο και το άμεσο πλαίσιο του. Αντί για τον όρο «γενικό», χρησιμοποιεί τον όρο περιφερικό πεδίο (peripheral framework), που συνδέει τον στόχο με το υπόλοιπο οπτικό πεδίο με βάση χωρικούς και φωτομετρικούς παράγοντες. Παραδείγματα χωρικών παραγόντων είναι η εγγύτητα (Ben-Av & Sagi, 1995), η κοινή περιοχή (Palmer, 1992), δηλαδή η τάση των στοιχείων που βρίσκονται στην ίδια κλειστή περιοχή να συγκεντρώνονται, η καλή συνέχεια (Todorovic, 1997), της οποίας ισχυρή μορφή είναι οι T- junctions, η ομοιότητα βάθους (Gogel & Mershon, 1969), της οποίας ισχυρή μορφή είναι οι περιοχές να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, και η ομοιότητα σχήματος (Ben-Av & Sagi, 1995). Φωτομετρικοί παράγοντες είναι η πολικότητα⁶ και ομοιότητα φωτεινότητας⁷. Όταν αυτές οι δύο συγκρούονται η ομαδοποίηση επηρεάζεται κατά κύριο λόγο είτε από την προηγούμενη είτε από την τελευταία για κάποιους παρατηρητές, και για άλλους επηρεάζεται εξίσου και από τις δύο (Masin, 2003a), ενώ όταν συμπίπτουν, τα

⁶ Πολικότητα φωτεινότητας σημαίνει ότι όταν άλλες δυνάμεις ομαδοποίησης είναι ίσες, τότε η ομαδοποίηση τείνει να εμφανίζεται στις περιοχές που παρουσιάζουν ίδια αντίθεση.

⁷ Ομοιότητα φωτεινότητας είναι η κατάσταση όπου όταν άλλες δυνάμεις ομαδοποίησης είναι ίσες, η ομαδοποίηση τείνει να εμφανίζεται στην περιοχή ή στις περιοχές των οποίων η φωτεινότητα μοιάζει με αυτή του στόχου.

αποτελέσματα της ομαδοποίησης είναι ιδιαίτερα δυνατά. Τα πεδία που δημιουργούνται από δυνατούς παράγοντες ομαδοποίησης όπως οι παραπάνω συμπεριφέρονται σαν «σταθερές οντότητες» και εμπίπτουν πολύ λίγο έως καθόλου στον εκούσιο έλεγχο, αντίθετα τα πεδία που σχηματίζονται από «απαλούς» παράγοντες επηρεάζονται από την προσοχή ή την προηγούμενη εμπειρία. Το περιφερικό πεδίο δεν περιλαμβάνει τη φωτεινότητα του τοπικού, τα δύο πεδία δεν είναι συνδεδεμένα (Bressan, 2006).

Στις σύνθετες εικόνες μεταξύ του τοπικού και του γενικού πεδίου μεσολαβούν τα ενδιάμεσα πεδία (super local) τα οποία αμβλύνουν αλλά ποτέ δεν αντιστρέφουν τα φαινόμενα που δημιουργούνται από τα τοπικά πεδία. Η ομαδοποίηση γίνεται τουλάχιστον δύο φορές μία πριν και μία μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας βάθους και σταθερότητας. Η μετά (top-down) ομαδοποίηση μεταβάλει το περιεχόμενο της οπτικής αναπαράστασης σύμφωνα με ιδιότητες που ταιριάζουν περισσότερο σε τρισδιάστατα αντικείμενα και πλαίσια παρά σε δυσδιάστατα. Μία ιδιαίτερη περίπτωση καθυστερημένης ομαδοποίησης είναι αυτό που η Bressan ονομάζει επικαλυπτόμενα πεδία (overlay frameworks).

Δύο γειτονικά πεδία δημιουργούν ένα πεδίο επικάλυψης όταν κάποιος παράγοντας ομαδοποίησης, συνήθως φωτομετρικός, όπως η πολικότητα και ομοιότητα φωτεινότητας, ενώνει περιοχές στο εσωτερικό τους, ενώ κάποιος άλλος παράγοντας ομαδοποίησης, συνήθως η καλή συνέχεια, ενώνει περιοχές κατά μήκος τους. Τα επικαλυπτόμενα πλαίσια αποτελούν ένα ενδιάμεσο επίπεδο μίας εσωτερικής ιεραρχίας. Προκαλούν την εντύπωση των επικαλυπτόμενων στρωμάτων από τα οποία το κοντινότερο φαίνεται διάφανο και τα πιο μακρινά φαίνονται σα να περνούν μέσα από το πεδίο, χωρίζοντας την εκτίμηση του χρώματος σε δύο ξεχωριστές τιμές. Στον φυσικό κόσμο οι διαφανείς ή ημιδιαφανείς συνθήκες πχ. ομίχλη καθώς και οι έντονες ή σταδιακές αλλαγές στο φωτισμό της επιφάνειας μπορούν να δημιουργήσουν επικαλυπτόμενα πεδία, ενώ σε αυτό συνεισφέρουν αλλά όχι απαραίτητα και οι X – junctions. (Bressan, 2006). Τα επικαλυπτόμενα πεδία δημιουργούν δύο πολύ σημαντικές επιπτώσεις στα πεδία που περιλαμβάνουν : τα κάνουν ιδιαίτερα σταθερά και δυνατά. Τα επικαλυπτόμενα πεδία συνήθως προκύπτουν από γειτονικά πεδία, μπορούν όμως να δημιουργηθούν και από ένα απλό πεδίο.

Στις απλές εικόνες το χρώμα του στόχου καθορίζεται από τη σχέση του πλαισίου με την περιοχή υψηλότερης φωτεινότητας, η οποία χαρακτηρίζεται ως άσπρη, σύμφωνα με τον τύπο :

$$L_M = (L_t / L_s + L_t / L_h) \times L_w, \quad (1)$$

όπου L_M είναι η προβλεπόμενη φωτεινότητα που ταιριάζει στο άσπρο, L_t η φωτεινότητα του στόχου, L_s η φωτεινότητα του πλαισίου, L_h η υψηλότερη φωτεινότητα στο πεδίο και L_w η φωτεινότητα του άσπρου χρώματος. Η φωτεινότητα του άσπρου, δηλαδή η περιοχή που την αντιμετωπίζουμε σαν άσπρο δεν είναι φυσικά δεδομένη, αλλά εξαρτάται από τις σχετικές φωτεινότητες. Συνήθως είναι η υψηλότερη φωτεινότητα στο οπτικό μας πεδίο. Η χρωματική αντίληψη μπορεί να πάρει τιμές που υπερβαίνουν το λευκό (superwhite) και κατανέμονται σε τακτική κλίμακα (Bressan, 2006).

Οι δύο αναλογίες της εξίσωσης (1) πρέπει να σταθμιστούν για να φανερώσουν τη σημασία του πλαισίου και της HL. Η τελική χρωματική αντίληψη προκύπτει από την εξίσωση :

$$L_M = [(L_t / L_s \times W_s + L_t / L_h \times W_h) / (W_s + W_h)] \times L_w, \quad (2)$$

όπου, W_s είναι η τιμή του surround step και W_h η τιμή του HL step. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν αυτή την ισορροπία. Οι σχετικές τιμές του surround step είναι κυρίως συνάρτηση α) του μεγέθους του πλαισίου που σχετίζεται με το στόχο (weight / area rule), β) της πυκνότητας (articulation) του πλαισίου, δηλαδή από το πόσες διαφορετικές περιοχές αποτελείται (weight / articulation rule) και γ) της απόλυτης φωτεινότητας του πλαισίου (weight / luminance rule). Συνοπτικά, ένα μεγάλο, καλά φωτισμένο και με μεγάλη πυκνότητα πλαίσιο αποτελεί έναν καλό σταθεροποιητή (Bressan, 2006).

Για εικόνες που αποτελούνται από δύο πεδία, ένα τοπικό και ένα περιφερικό, η χρωματική αντίληψη αποτυπώνεται με τον τύπο :

$$L_M = [(T_l \times W_l + T_p \times W_p) / (W_l + W_p)] \times L_w, \quad (3)$$

όπου W_l και W_p είναι οι τιμές του τοπικού και περιφερικού πεδίου αντίστοιχα και T_l , T_p είναι οι τιμές της εδαφικής χρωματικής αντίληψης (territorial lightness)⁸ του τοπικού και περιφερικού πεδίου.

Συνοπτικά λοιπόν, η θεωρία της διπλής σταθεροποίησης περιγράφεται ως εξής : μέσα σε κάθε πεδίο οι στόχοι σταθεροποιούνται ανεξάρτητα με βάση την υψηλότερη φωτεινότητα και τη σχετική φωτεινότητα του πλαισίου που και οι δύο παίρνουν μία δεδομένη τιμή άσπρο. Έπειτα κάθε περιοχή αποκτά δύο ανεξάρτητες τιμές χρωματικής αντίληψης που καθορίζονται από τις αναλογίες φωτεινότητας για κάθε σταθεροποιητή και σταθμίζονται κατάλληλα για να εκφράσουν τη σχετική σημασία του surround και HL step. Η τελική χρωματική αντίληψη για κάθε πεδίο είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος των τιμών που υπολογίζονται με βάση τα δύο αυτά βήματα. Η τελική χρωματική αντίληψη για ένα στόχο είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος των τιμών που υπολογίζονται για αυτή την περιοχή μέσα σε κάθε πεδίο (Bressan, 2006).

Η διπλή σταθεροποίηση είναι απαραίτητη στα τοπικά πεδία, αλλά όχι στα περιφερικά όπου η συμβολή της σταθεροποίησης του πλαισίου είναι τυπικά αμελητέα. Εφαρμόζεται επίσης στα ενδιάμεσα πεδία και στην απλή HL σταθεροποίηση των περιφερικών πεδίων (Bressan, 2006). Στη θεωρία της διπλής σταθεροποίησης παρ' όλα αυτά, διαφορετικές σχετικές τιμές δημιουργούν διαφορετικές δυνάμεις ομαδοποίησης (Bressan & Kramer, 2008).

⁸ Η εδαφική χρωματική αντίληψη υπολογίζεται εφαρμόζοντας την εξίσωση (2) χωρίς τον πολλαπλασιασμό του L_w , ο οποίος γίνεται στο τελικό στάδιο υπολογισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Λάθη της οπτικής αντίληψης : Εμπειρικά συμπεράσματα

Το οπτικό μας σύστημα υπόκειται σε λάθη κατά τη διαδικασία αναγνώρισης ενός αντικειμένου. Με την έννοια «λάθος» εννοούμε την ασυμφωνία μεταξύ ενός περιφερικού ερεθίσματος και της αντίληψης που είτε ονομάζεται οπτική πλάνη είτε αποτυχία σταθερότητας. «Λάθος είναι η διαφορά μεταξύ της πραγματικής ανακλαστικότητας μιας επιφάνειας – στόχου και της ανακλαστικότητας μίας επιλεγμένης χρωματικής απόχρωσης – στόχου από την κλίμακα Munsell.⁹» (Gilchrist, 2006, p. 267). Η μελέτη των λαθών μας δίνει πολύτιμες πληροφορίες για την κατανόηση της λειτουργίας του οπτικού μας συστήματος από την αναγνώριση μέχρι την τελική χρωματική αντίληψη μιας εικόνας.

Η μελέτη των οπτικών λαθών μας δίνει τα εξής στοιχεία :

1. Τα λάθη της χρωματικής αντίληψης βρίσκονται παντού.
2. Τα λάθη είναι συστηματικά, όχι τυχαία.
3. Το πρότυπο των λαθών είναι η ταυτότητα του οπτικού συστήματος.

(Gilchrist, 2006, p. 166)

Ο βαθμός αληθοφάνειας της οπτικής αντίληψης είναι πραγματικά εντυπωσιακός, ειδικά αν λάβει κανείς υπόψη του τις πολλές προκλήσεις στις οποίες υπόκειται η αντιληπτική μας σταθερότητα όπως διαφορετικοί φωτισμοί επιφάνειας, διαφορετικά πλαίσια πίσω από μία επιφάνεια στόχο, διάφορα στρώματα μπροστά από μία επιφάνεια στόχο κλπ. Η πραγματική ικανότητα του οπτικού μας συστήματος υποτιμάται στις πειραματικές συνθήκες όπου χρησιμοποιούνται εικόνες με ελάχιστα χαρακτηριστικά. Η αληθοφάνεια είναι καλύτερη στις καθημερινές συνθήκες όρασης σύνθετων εικόνων. Η επιβίωση απαιτεί μεγάλο βαθμό αληθοφάνειας, γι' αυτό η ίδια

⁹ Χρωματική κλίμακα που περιλαμβάνει αποχρώσεις από το μαύρο (0) μέχρι το άσπρο (10) και χρησιμοποιείται για τη σύγκριση χρώματος επιφανειών

δε μπορεί απλά να αποτελεί ένα λάθος του οπτικού μας συστήματος. (Gilchrist, 2006, p. 267)

Τα λάθη της χρωματικής αντίληψης χρησιμοποιήθηκαν σποραδικά και όχι συστηματικά για να αποκαλύψουν τη διαδικασία με την οποία ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τα χρώματα. Πολλά λάθη που προβλέπονται από θεωρίες χρωματικής αντίληψης δε συμβαίνουν, ενώ υπάρχουν λάθη που στερούνται θεωρητικό πλαίσιο. Για παράδειγμα η αποτυχία του οπτικού συστήματος για σταθερότητα Τύπου I και οι πλάνες, παραδοσιακά αντιμετωπιζόνταν σαν ξεχωριστά φαινόμενα (Gilchrist, 2006, p. 274)

Τα λάθη της οπτικής αντίληψης μπορεί να είναι θεμιτά ή αθέμιτα. Θεμιτά ονομάζουμε τα λάθη που προέρχονται από ελλιπείς πληροφορίες ενώ αθέμιτα αυτά στα οποία ενώ υπάρχουν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για να γίνει η οπτική εκτίμηση, άλλοι παράγοντες, όπως διαφορετικά επίπεδα φωτισμού επιφάνειας ή η ανακλαστικότητα του πλαισίου επιδρούν για τη δημιουργία μίας οπτικής πλάνης (Gilchrist, 2006, p. 274).

Πλήθος ερευνητικών δεδομένων μας βοηθούν να διατυπώσουμε τις παρακάτω γενικές αρχές για τα χαρακτηριστικά των λαθών την οπτικής μας αντίληψης.

1. Οι επιφάνειες τείνουν να φαίνονται πιο φωτεινές απ' ότι είναι στην πραγματικότητα σε συνθήκες υψηλού φωτισμού της επιφάνειας και πιο σκοτεινές σε χαμηλό φωτισμό. Επίσης, φαίνεται πως όσο μεγαλύτερη είναι διαφορά του φωτισμού της επιφάνειας δύο περιοχών, τόσο μεγαλύτερο είναι και το λάθος του οπτικού μας συστήματος.
2. Το μέγεθος του λάθους εξαρτάται επίσης από την ανακλαστικότητα του στόχου. Στη μελέτη ουδέτερων χρωμάτων σε συνθήκες υψηλού φωτισμού της επιφάνειας, ιδιαίτερα όταν ο φωτισμός αυτός λαμβάνει χώρα σε ένα μόνο μέρος του οπτικού πεδίου, οι σκούρες γκρι επιφάνειες φαίνονται πιο φωτεινές από της επιφάνειες ανοιχτού γκρι χρώματος. Επίσης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού της επιφάνειας οι ανοιχτές γκρι επιφάνειες φαίνονται πιο σκούρες από τις σκούρες γκρι. Για τις άσπρες επιφάνειες σε υψηλό φωτισμό όσο και για τις μαύρες σε σκιά ισχύει η χρωματική σταθερότητα.

3. Τα μεγαλύτερα λάθη συμβαίνουν όταν ο στόχος βρίσκεται σε φόντο σκούρου χρώματος. Αντίστροφα, όσο πιο φωτεινό είναι το φόντο τόσο περισσότερο ισχύει η χρωματική σταθερότητα.
4. Τα λάθη είναι μεγαλύτερα σε μικρές επιφάνειες και αμβλύνονται όσο οι επιφάνειες μεγαλώνουν.
5. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα μίας επιφάνειας τόσο μικρότερα τα λάθη.

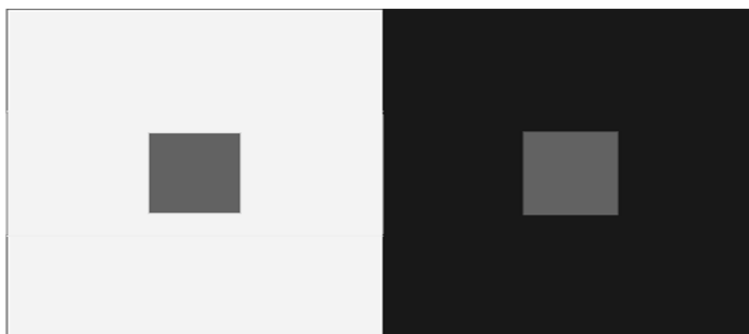
(Gilchrist, 2006, p.275 - 276)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Καταγραφή και ερμηνεία των οπτικών πλανών

Στη συνέχεια θα γίνει μία καταγραφή των βασικότερων οπτικών πλανών που υπάρχουν στη βιβλιογραφία και μία προσπάθεια ερμηνείας τους με βάση τις κυριότερες θεωρίες οπτικής αντίληψης που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι οπτικές πλάνες έχουν ομαδοποιηθεί για λόγους συντομίας σε τρεις κατηγορίες : α) πλάνες σύμφωνες με το φαινόμενο της αντίθεσης, β) πλάνες που δε συμφωνούν με το φαινόμενο της αντίθεσης, όπου είτε κυριαρχεί η αφομοίωση είτε πιο σύνθετα χρωματικά φαινόμενα και γ) πλάνες κρυφού φωτισμού, όπου εμφανίζεται φωτισμός χωρίς να υπάρχουν ενδείξεις ανακλαστικότητας που τον δικαιολογούν. Και στις τρεις κατηγορίες ενσωματώνονται πλάνες με παράγοντες ενίσχυσης που έχουν μελετηθεί εκτεταμένα πχ. πυκνότητα, ομοιότητα κλπ. αλλά στην παρούσα μελέτη θα ενταχθούν στην ευρύτερη κατηγορία πλανών όπου εντάχθηκαν.

1. Simultaneous Lightness Contrast : Brucke, 1965



Το αριστερό γκρι τετράγωνο φαίνεται φωτεινότερο από το δεξί, παρ' όλο που έχουν την ίδια φωτεινότητα

Πηγή : Soranzo, Galmonte, Agostini, 2010, The Luminance Misattribution in Lightness Perception

Οι θεωρίες γνωστικών μηχανισμών ερμηνεύουν ως εξής : η αριστερή πλευρά έχει πιο υψηλό φωτισμό της επιφάνειας από τη δεξιά. Επειδή όμως η ποσότητα φωτός που φτάνει στο μάτι είναι ίδια και από τις δύο πλευρές, δημιουργείται το συμπέρασμα ότι η αριστερή πλευρά θα έχει μικρότερη ανακλαστικότητα, γι' αυτό την αντιλαμβανόμαστε ως λιγότερο φωτεινή.

Θεωρίες αντίθεσης : το οπτικό μας σύστημα δέχεται την πλάγια αναστολή όταν εστιάζει στον αριστερό γκρι στόχο γι' αυτό φαίνεται πιο σκούρος από τον δεξί.

Θεωρίες σταθερού σημείου : Δεξιάς στόχος : ΤΠ = άσπρο, ΓΠ = μεσαίο γκρι Τελικό χρώμα = ανοιχτό γκρι. Αριστερός στόχος : ΤΠ = μεσαίο γκρι, ΓΠ = μεσαίο γκρι Τελικό χρώμα = μεσαίο γκρι

2. Koffka ring : Koffka, 1935

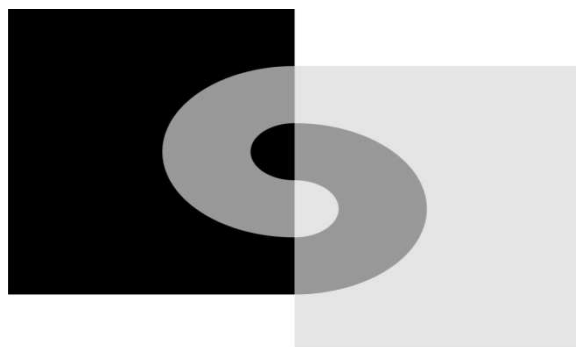


Η πλευρά του δακτυλιδιού που βρίσκεται στο σκούρο φόντο φαίνεται φωτεινότερη από τη δεξιά που βρίσκεται σε ανοιχτόχρωμο φόντο (εικ. αριστερά). Η δεξιά εικόνα δείχνει το φαινόμενο εντονότερα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Ισχύει η ίδια λογική με την πλάνη (1). Η δεξιά εικόνα που δείχνει το φαινόμενο πιο έντονο εξηγείται γιατί το άσπρο διαχωριστικό λειτουργεί ενισχυτικά στο φαινόμενο της πλάγιας αναστολής όπως και στο ειδικό βάρος των πεδίων κατά τη θεωρία του σταθερού σημείου.

3. Adelson’s ring : Adelson, 2000

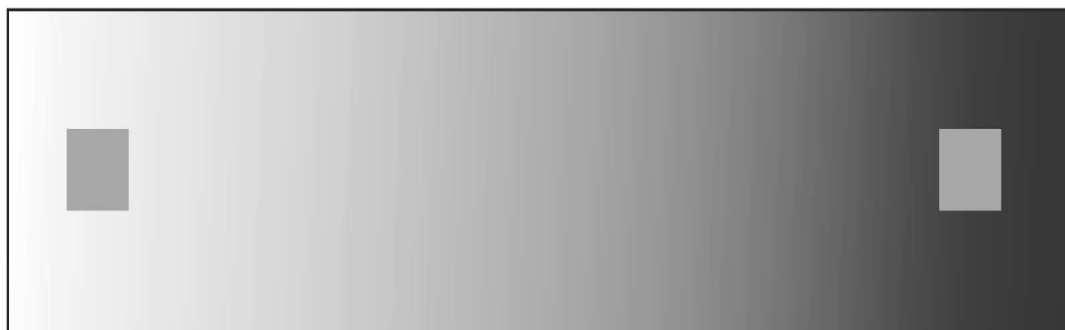


Παραλλαγή της πλάνης του Koffka όπου το φαινόμενο της αντίθεσης γίνεται εντονότερο

Πηγή : Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη (1) μόνο που ο στόχος διέπεται από την γκεστάλτ αρχή της ομαλής συνέχειας που δρα σαν ενισχυτικός παράγοντας και αυξάνει το μέγεθος της πλάνης. Μάλιστα, οι T-junctions που δημιουργούνται μεταξύ του γκρι στόχου και του πλαισίου δίνουν την αίσθηση ατμόσφαιρας που ενισχύουν το μέγεθος της πλάνης.

4. Strong version of SLC : Economou, 2007

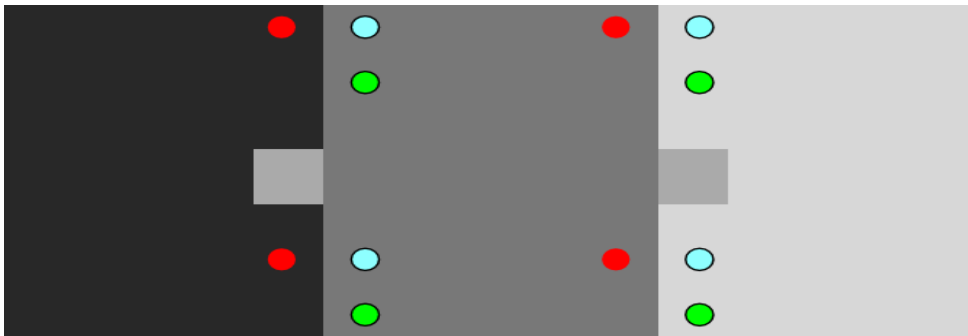


Η πλάνη SLC με μεγαλύτερες αποστάσεις, όπου το φαινόμενο της αντίθεσης γίνεται εντονότερο

Πηγή : Economou et al. 2007 Anchoring versus spatial filtering accounts of simultaneous lightness contrast

Ερμηνεύεται παρόμοια με την πλάνη (1) μόνο που η απόσταση ενισχύει το ειδικό βάρος του τοπικού πεδίου, που αποκτά μεγαλύτερο μέγεθος, επομένως η πλάνη γίνεται εντονότερη, αφού ο στόχος στο σκούρο πλαίσιο πλησιάζει περισσότερο την τιμή του άσπρου σε σύγκριση με το πόσο ο στόχος στο ανοιχτόχρωμο φόντο πλησιάζει την τιμή του μαύρου.

5. Hidden strength of SLC : Sinha, 2006



Έντονη παραλλαγή της SLC όπου μεσολαβεί ένα όριο μέσης φωτεινότητας μεταξύ των δύο πλαισίων και των τετραγώνων. Οι κύκλοι σηματοδοτούν τους σταθεροποιητές.

Πηγή : Pawan Sinha, 2006, Hidden strength of the classical simultaneous contrast illusion

Ισχύει η ερμηνεία της κλασικής SLC (1) μόνο που οι κλασικές θεωρίες αντίθεσης δεν θα προέβλεπαν αύξηση αλλά μείωση της πλάνης λόγω της εμβόλιμης φωτεινότητας που επιδρά στην επίδραση της πλάγιας αναστολής. Οι θεωρίες σταθερού σημείου διαφοροποιούνται στο ότι για τον αριστερό στόχο το γενικό πεδίο γίνεται ανοιχτό γκρι και για το δεξί σκούρο γκρι επομένως η τελική αντίληψη για το χρώμα γίνεται πιο έντονο ανοιχτό γκρι για τον αριστερό και μεσαίο γκρι για τον δεξί.

6. Induced gradient : Arend & Goldstein, 1987

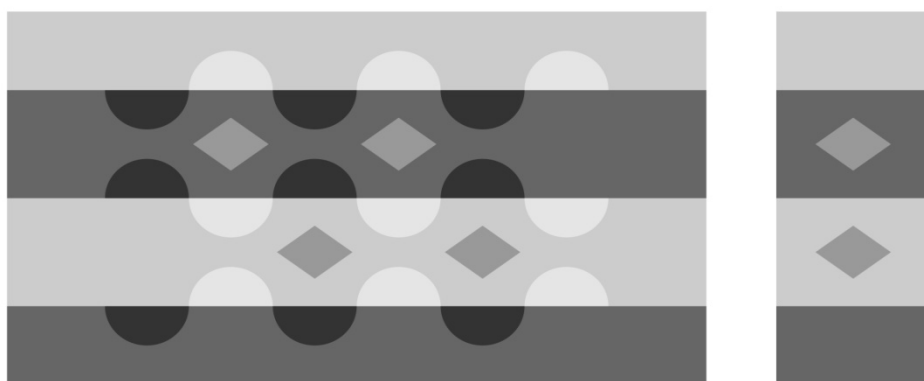


Η οριζόντια γκρι μπάρα έχει την ίδια φωτεινότητα σε όλη της την έκταση.

Πηγή : http://www.utoronto.ca/psy280sh/PSY_3_slide78.jpg

Στην πλάνη αυτή η αντίθεση που λαμβάνει χώρα είναι ενισχυμένη από το γεγονός ότι το φόντο αποτελεί κλίμακα φωτεινότητας που μεταφέρεται και στο στόχο – μπάρα δημιουργώντας απαλά όρια μεταξύ των περιοχών που φαίνονται ανοιχτόχρωμες και πιο σκούρες. Η ένδειξη ατμόσφαιρας που δημιουργείται από την κλίμακα ενισχύει αυτή την αντίθεση. Επίσης ερμηνεύεται και με βάση τις θεωρίες σταθερού σημείου, μόνο που στη συγκεκριμένη πλάνη τα γενικά πεδία είναι παραπάνω από ένα, για κάθε περιοχή όπου αλλάζει το όριο φωτεινότητας. Σε κάθε πεδίο, ο στόχος – μπάρα αποτελεί για την αριστερή πλευρά την περιοχή υψηλότερης φωτεινότητας για τα γενικά του πεδία και για την δεξιά πλευρά την πιο σκούρα περιοχή φωτεινότητας.

7. Snake illusion : Somers & Adelson, 1997

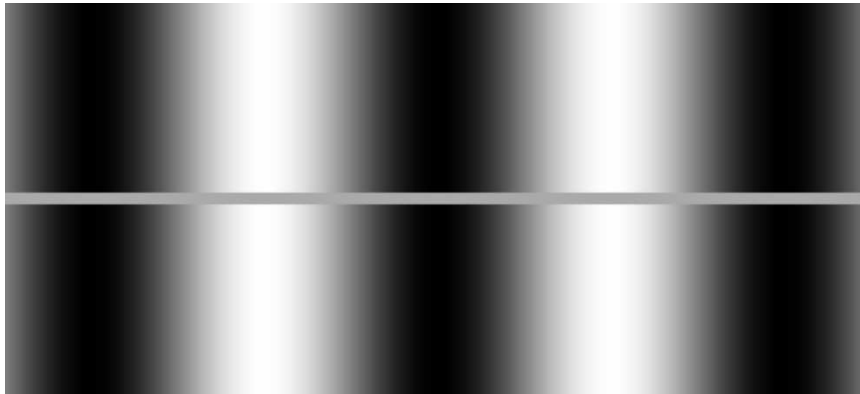


Οι γκρι τριγωνικοί στόχοι είναι ίσης φωτεινότητας παρ' όλο που οι πάνω μας φαίνονται πιο φωτεινοί από τους κάτω.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Η πλάνη συμπεριφέρεται σαν την SLC μόνο που τα διαφανή ημικύκλια και οι X-junctions που σχηματίζονται σε αυτά εδραιώνουν ατμοσφαιρικές ενότητες ανάμεσα στις γραμμές που γίνονται αντιληπτές σαν ανακλαστικότητες. Το χρώμα κάθε διαμαντιού εκτιμάται σε σύγκριση με τις άλλες αποχρώσεις του γκρι που βρίσκονται στην ίδια γραμμή με τη χρήση ενός μικρού προσαρμοστικού παράθυρου που εξάγει την ανακλαστικότητα. Επίσης, εμπλέκεται και η χρωματική σταθερότητα της αναλογίας φωτεινότητας μεταξύ των ορίων. Η θεωρία της κατάτμησης της εικόνας σε στρώματα συμφωνεί επίσης με την κατεύθυνση της πλάνης, αφού μεγενθύνονται οι σχέσεις πολικότητας που σχηματίζονται από την αντίθεση των βαθύτερων επιφανειών μέσω μίας single reversing junction.

8. Grating induction : McCourt, 1982

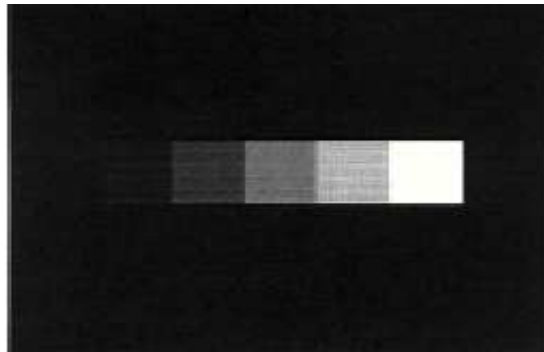


Η όμοιας φωτεινότητας οριζόντια μπάρα φαίνεται να δημιουργεί όρια φωτεινότητας με βάση το πλαίσιο.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Η κατεύθυνση της πλάνης είναι σύμφωνη με τη λειτουργία της πλάγιας αναστολής. Η μπάρα φαίνεται να αποκτά άσπρες και γκρι χρωματικές τιμές καθώς περνά από το πλαίσιο κλιμακούμενης φωτεινότητας γιατί αναστέλλεται η λειτουργία των υποδοχέων στις περιοχές υψηλής φωτεινότητας.

9. Staircase Gelb illusion :



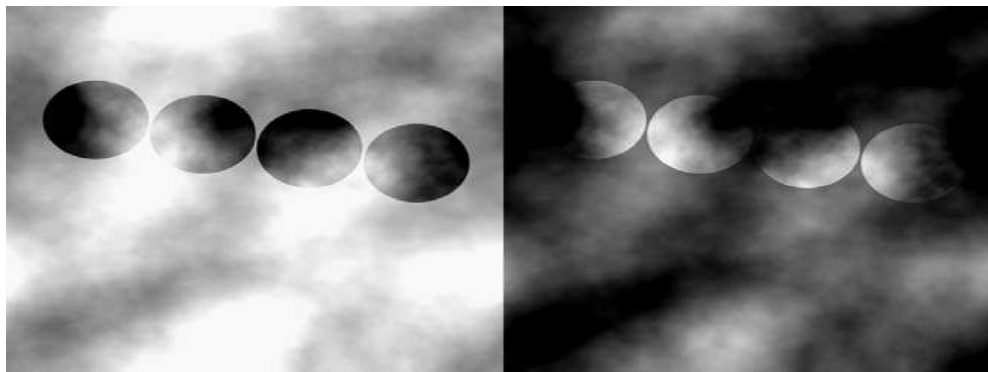
Από αριστερά προς τα δεξιά τα τετράγωνα ανήκουν σε μία κλίμακα από το μαύρο προς το άσπρο. Όμως το αριστερό τετράγωνο φαίνεται σκούρο γκρι αν και είναι φυσικά μαύρο.

Πηγή : http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/172/17290217/pg_0004.jpg

Τα πέντε τετράγωνα αποτελούν το τοπικό πεδίο μέσα στο οποίο το άσπρο τετράγωνο είναι ο τοπικός σταθεροποιητής που παίρνει την τιμή του άσπρου. Τα τετράγωνα ανήκουν επίσης στο γενικό στο οποίο λόγω του ιδιαίτερου φωτισμού της επιφάνειας αποκτούν φωτεινότητα ίση ή μεγαλύτερη από τον πραγματικό σταθεροποιητή που ορίζεται μέσα στο γενικό πεδίο που μπορεί να ικανοποιεί τον κανόνα της υψηλότερης φωτεινότητας και τον κανόνα τα σχετικής περιοχής. Έτσι, κάθε τετράγωνο παίρνει την τιμή του άσπρου στο γενικό του πεδίο. Μιας και το τοπικό πεδίο χαρακτηρίζεται

από μεγάλο βαθμό σταθερότητας η τελική χρωματική αντίληψη για τα τετράγωνα καθορίζεται από την χρωματική εκτίμηση μέσα στο γενικό τους πεδίο και το σταθμισμένο μέσο όρο με το τοπικό τους πεδίο γι' αυτό το μαύρο τετράγωνο παίρνει χαμηλότερη τιμή από αυτή του μαύρου.

10. Anderson & Winawer, 2005

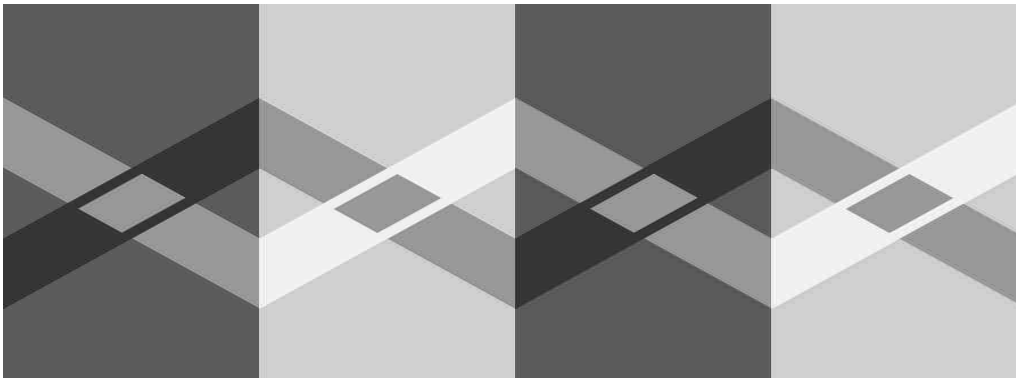


Οι κύκλοι στην αριστερή και στη δεξιά εικόνα είναι όμοιοι

Πηγή : Anderson & Winawer, 2005, Image segmentation and lightness perception

Σε συνθήκες διαφάνειας όπως αυτή που φαίνεται στην εικόνα η αποσύνθεση της εικόνας σε πολλαπλά στρώματα και οι υπολογισμοί που το οπτικό μας σύστημα κάνει για τον υπολογισμό της φωτεινότητας σε αυτή τη διαδικασία μπορεί να ερμηνεύσει την πλάνη. Τα δύο διαφορετικά πλαίσια κάνουν τους κύκλους στόχους να αποσυνθεθούν με δύο εντελώς διαφορετικούς τρόπους. Για τους στόχους στο ανοιχτόχρωμο φόντο η χρωματική αντίληψη είναι ένας συνδυασμός ενός διαφανούς φωτεινού στρώματος και μίας σκοτεινής μακρινής επιφάνειας. Αντίστοιχα για τους στόχους στο σκούρο φόντο η χρωματική αντίληψη σχηματίζει μία σκιασμένη οπτική για τη μακρινή επιφάνεια και τα σκοτεινά σημεία φαίνονται να αποτελούν συνδυασμό ενός σκούρου διαφανούς στρώματος και μιας φωτεινής μακρινής επιφάνειας. Έτσι, οι πιο φωτεινές και οι πιο σκοτεινές περιοχές της εικόνας, οι περιοχές δηλαδή με την υψηλότερη αντίθεση, φαίνονται σε κοινή θέα, ενώ οι περιοχές με χαμηλότερες τιμές αντίθεσης παίρνουν χαρακτηριστικά διαφάνειας αναλογικά με το ποσοστό μείωσης της αντίθεσης.

11. The crisscross illusion : Adelson, 2000

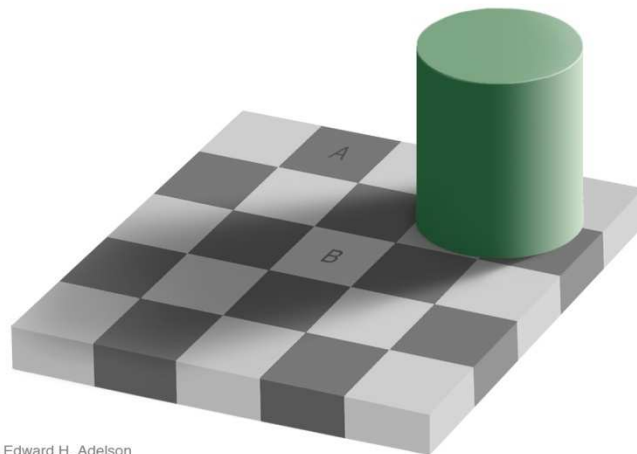


Οι τέσσερις ορθογώνιοι στόχοι είναι ίσης φωτεινότητας

Πηγή : Adelson, 2000. Lightness perception and lightness illusions

Στην πλάνη υπάρχουν πολλές ψ-junctions οι οποίες δημιουργούν ατμοσφαιρικά σύνορα. Μέσα σε κάθε κάθετη γραμμή υπάρχουν τρεις διαφορετικές φωτεινότητες και πολλές γωνίες που αυξάνουν την πυκνότητα. Η μεγαλύτερη κατανομή υπάρχει στις σκούρες γραμμές και μικρότερη στις ανοιχτόχρωμες γραμμές. Επίσης εμπλέκονται παράγοντες ομαδοποίησης που καθιστούν τους στόχους κομμάτια ενός ανοιχτού ή σκούρου γκρι συνεχούς. Η θεωρία σταθερού σημείου ερμηνεύει σωστά την κατεύθυνση της πλάνης στη λογική της SLC, με τους στόχους στο σκούρο φόντο να αποτελούν την υψηλότερη φωτεινότητα και τους στόχους στο ανοιχτόχρωμο φόντο να βγάζουν τελική χρωματική τιμή μεσαίο γκρι.

12. Checker-shadow illusion : Adelson 1995



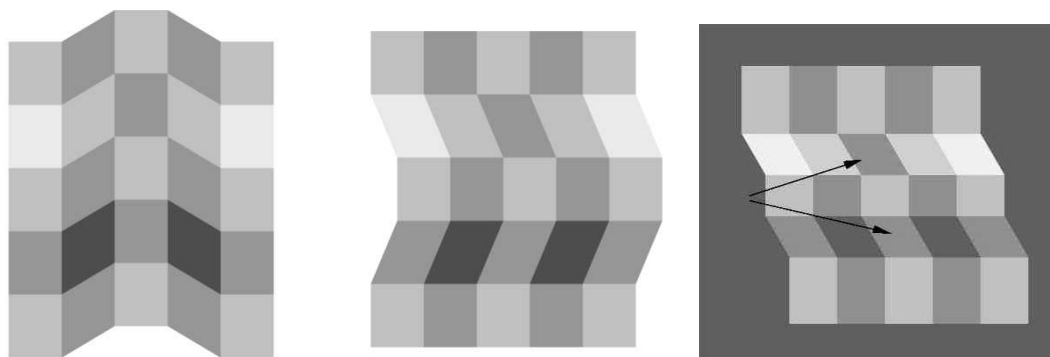
Edward H. Adelson

Το τετράγωνο A και το τετράγωνο B στην πραγματικότητα είναι απολύτως όμοια

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, RitsumeikanUniversity, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Η αρχή της ομαδοποίησης παίζει καθοριστικό ρόλο στην ερμηνεία αυτής της πλάνης. Το οπτικό μας σύστημα θα αντιληφθεί το τετράγωνο B σαν ανοιχτό γκρι, αφού τα τετράγωνα εναλλάσσονται κατά χρώμα. Έτσι, ακόμα και αν πέφτει πάνω του σκιά εξακολουθούμε να έχουμε την αίσθηση του ανοιχτού γκρι, το οποίο, συγκρινόμενο με το τετράγωνο A (σκούρο γκρι κατά την ομαδοποίηση ανά χρώμα) φαίνεται πιο φωτεινό. Επίσης η λειτουργία της πλάγιας αναστολής κάνει το τετράγωνο A να φαίνεται πιο σκοτεινό καθώς περιτριγυρίζεται από λιγότερο φωτεινές επιφάνειες και το αντίστροφο για το τετράγωνο B. Η σκιά επίσης ενισχύει το ειδικό βάρος του τοπικού πεδίου του τετραγώνου B, το οποίο φαίνεται σαν άσπρο στο τοπικό του πεδίο και βγάζει τελική χρωματική αντίληψη ανοιχτό γκρι, σε σχέση με το A που βγάζει, συγκρινόμενο με το γενικό του πεδίο (μεσαίο γκρι), τελική τιμή μεσαίο γκρι. Μάλιστα η σκιά προσδίδει ένα ατμοσφαιρικό σύνορο μέσα στο οποίο υπάρχουν πολλές ψ-junctions που επιδρούν ενισχυτικά στην αύξηση της πυκνότητας με αποτέλεσμα η πλάνη να φαίνεται εντονότερη.

13. Corrugated Mondrian : Adelson, 1993



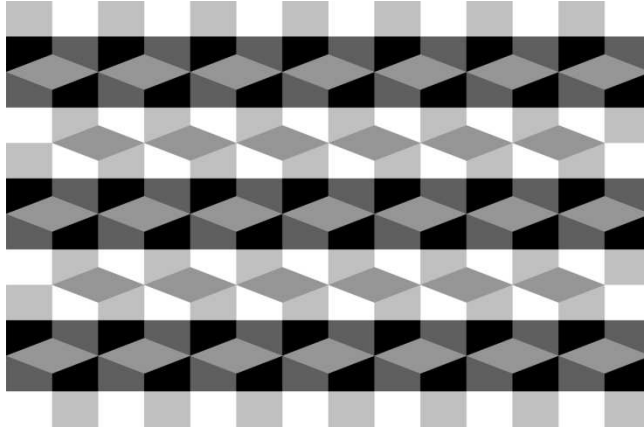
Το μεσαίο τετράγωνο στη δεύτερη σειρά και το μεσαίο τετράγωνο στην τέταρτη σειρά είναι ίδιας φωτεινότητας παρ’ όλο που το κάτω φαίνεται πιο φωτεινό (δεξιά εικόνα). Στην αριστερή εικόνα η πλάνη μειώνεται λόγω διάταξης.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, RitsumeikanUniversity, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Η ομαδοποίηση κατά σειρές μας δίνει τα στοιχεία ότι ο κάτω στόχος έχει υψηλότερη τοπική χρωματική τιμή από τον πάνω στόχο γιατί η υψηλότερη φωτεινότητα στη σειρά είναι υψηλότερη για τον κάτω στόχο παρά για τον πάνω. Ακόμα, η ύπαρξη X-

junctions, όπως φαίνεται στην δεξιά εικόνα, κατευθύνει την πλάνη όμοια με το φαινόμενο της SLC, συνεπώς το πάνω τετράγωνο φαίνεται πιο φωτεινό από το κάτω.

14. Adelson's wall-of-blocks illusion : Adelson, 1993

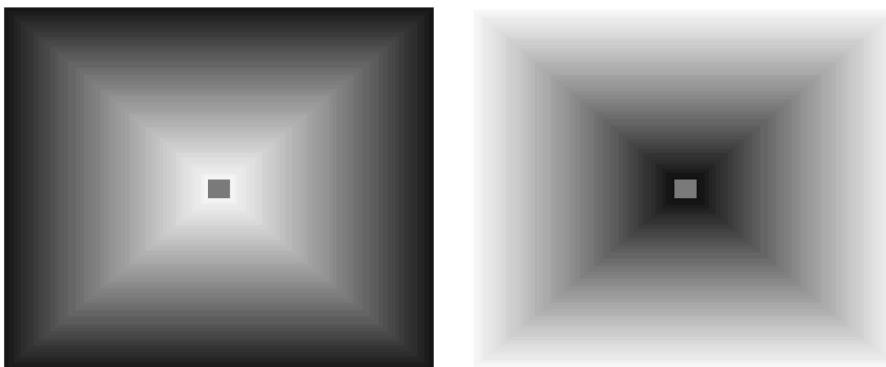


Ενώ οι τριγωνικές σειρές φαίνονται σκούρες και ανοιχτόχρωμες στην πραγματικότητα είναι ίσης φωτεινότητας.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Στη πρώτη, τρίτη και πέμπτη σειρά τα τρίγωνα έχουν την τιμή του άσπρου στα τοπικά τους πεδία και αποκτούν την τελική χρωματική τιμή ανοιχτό γκρι αφού το γενικό τους πεδίο ορίζεται σαν σκούρο γκρι. Στις υπόλοιπες σειρές η τιμή που παίρνουν στα τοπικά τους πεδία είναι σκούρο γκρι, γι’ αυτό η τελική χρωματική αντίληψη είναι σκούρο γκρι.

15. SLC with luminance ramps : Agostini & Galmonete, 1997

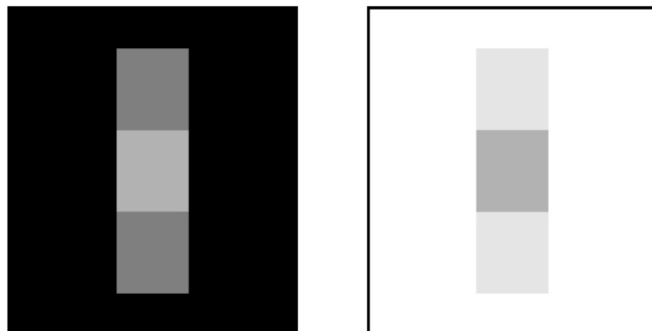


Το δεξί τετράγωνο μας φαίνεται πιο φωτεινό ενώ στην πραγματικότητα και τα δύο είναι ίσης φωτεινότητας

Πηγή : Agostini & Galmonete , A new effect of luminance gradient on achromatic simultaneous contrast, 2002

Η πλάνη ερμηνεύεται όμοια με την τυπική SLC (1) μόνο που η πλάνη φαίνεται εντονότερα λόγω της διαστρωμάτωσης (βλ. Vasarely Illusion)

16. T-junction-enhanced brightness contrast : Kitaoka, 2005

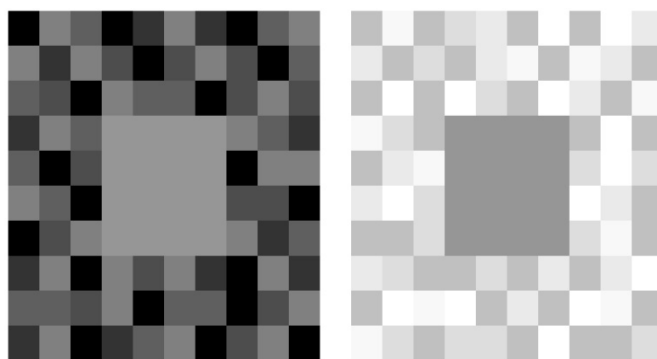


Το αριστερό μεσαίο τετράγωνο φαίνεται φωτεινότερο από το δεξί ενώ έχουν την ίδια φωτεινότητα

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, RitsumeikanUniversity, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Ισχύει η ίδια λογική με την πλάνη (5). Επιπρόσθετα οι T-junctions δημιουργούν ένα ισχυρό ατμοσφαιρικό σύννορο που ενισχύει το μέγεθος της πλάνης, ενώ η εικόνα μπορεί να καταταμηθεί σε δύο στρώματα, το πρώτο να περιλαμβάνει το στόχο ενοποιημένο με τις πρόσθετες απολήξεις του, και το άλλο τις απολήξεις ή τις απολήξεις με το φόντο. Το χρώμα των απολήξεων «ενσωματώνεται» σε αυτό του φόντου επομένως η αντίθεση με το στόχο γίνεται εντονότερη, γι’ αυτό βλέπουμε τον αριστερό στόχο φωτεινότερο και το δεξί πιο σκοτεινό. Οι T-junctions αυξάνουν την πυκνότητα άρα και το ειδικό βάρος του τοπικού πεδίου, συνεπώς το μέγεθος της πλάνης γίνεται εντονότερο.

17. Articulation-enhanced brightness contrast : Gilchrist et al., 1999

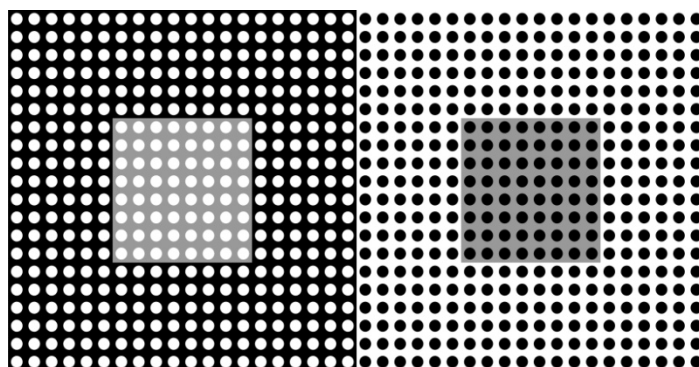


Έντονη παραλλαγή της SLC με την επίδραση της ομοιότητας.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, RitsumeikanUniversity, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Σε αυτή την παραλλαγή της SLC επιδρούν προσθετικά παράγοντες συνοχής, η πυκνότητα και η ομοιότητα, που αυξάνουν το ειδικό βάρος των τοπικών πεδίων συνεπώς η πλάνη γίνεται εντονότερη. Οι κλασικές θεωρίες της αντίθεσης θα προέβλεπαν μείωση της πλάνης αφού οι παράγοντες αυτοί μειώνουν τη διαφορά στη μέση φωτεινότητα μεταξύ των πλαισίων.

18. Dotted lightness illusion : White, 1982

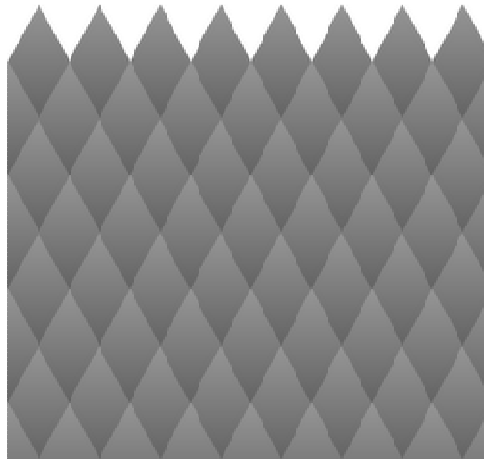


Το αριστερό τετράγωνο φαίνεται πιο φωτεινό από το δεξί ενώ στην πραγματικότητα έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, RitsumeikanUniversity, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Στη δεξιά εικόνα οι μαύρες τελείες πάνω στο γκρι στόχο του προσάπτουν την ιδιότητα ενός βαθύτερου στρώματος. Έτσι, η αντιληπτική ομαδοποίηση γίνεται με βάση το πλαίσιο του βαθύτερου στρώματος (λευκό φόντο) και λαμβάνει χώρα ένα κλασικό φαινόμενο αντίθεσης. Το ανάποδο συμβαίνει στην αριστερή εικόνα, με το γκρι στόχο να αποτελεί ατμοσφαιρικό σύνορο αφού δίνει την αίσθηση διαφάνειας. Άλλωστε, στην αριστερή εικόνα ισχύει ο κανόνας της σχετικής περιοχής, συνεπώς ο γκρι στόχος σταθεροποιείται στο τοπικό του πεδίο και αποκτά την ανώτατη φωτεινότητα που δίνει τελική χρωματική αντίληψη ανοιχτό γκρι.

19. Diamond illusion : Watanabe et al., 1995

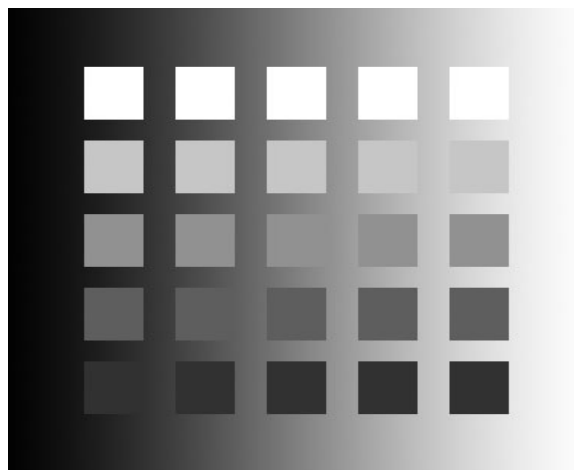


Όλοι οι ρόμβοι είναι ίδιοι.

Πηγή : <http://deanandyou.blogspot.com/2009/11/diamond-illusion-backgrounds.html>

Κάθε ρόμβος αποτελεί μία κλίμακα φωτεινότητας με το πάνω μέρος του να είναι πιο φωτεινό και το κάτω πιο σκούρο. Το γεγονός ότι οι πρώτοι ρόμβοι αποκτούν την χρωματική αντίληψη του γκρι χωρίς κλίμακα φωτεινότητας εξηγείται από το φαινόμενο αντίθεσης που συμβαίνει με το άσπρο φόντο. Αντίστοιχα για κάθε σειρά ρόμβων η πάνω περιοχή φαίνεται πιο φωτεινή και κάτω πιο σκούρα λόγω της πλάγιας αναστολής.

20. Bartleson - Breneman Effect : Bartleson & Breneman, 1967

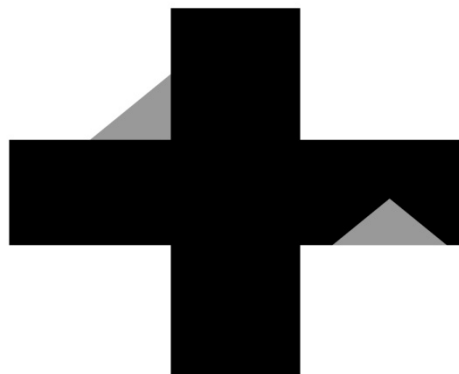


Κάθε σειρά τετραγώνων έχει την ίδια φωτεινότητα σε όλη της την έκταση όμως, κάτω από το πλαίσιο φαίνονται να αποκτούν διαφορετικά χρώματα

Πηγή : www.handprint.com/HP/WCL/IMG/bartleson.jpg

Για κάθε σειρά τετραγώνων φαίνεται το φαινόμενο της αντίθεσης όπως συμβαίνει στην κλασική SLC (1). Στην περίπτωση της άσπρης σειράς τετραγώνων παρατηρούμε ότι λαμβάνουν χώρα προσαυξητικές συνθήκες, συνεπώς με βάση της θεωρία διπλής σταθεροποίησης τα δύο τελευταία άσπρα τετράγωνα και ιδιαίτερα το τελευταίο, υπερβαίνουν την τιμή του άσπρου και δίνουν την αντίληψη του αυτό-φωτισμού μιας και αποτελούν την υψηλότερη φωτεινότητα τόσο στα τοπικά όσο και στα γενικά τους πεδία.

1. Benary effect : Benary, 1924

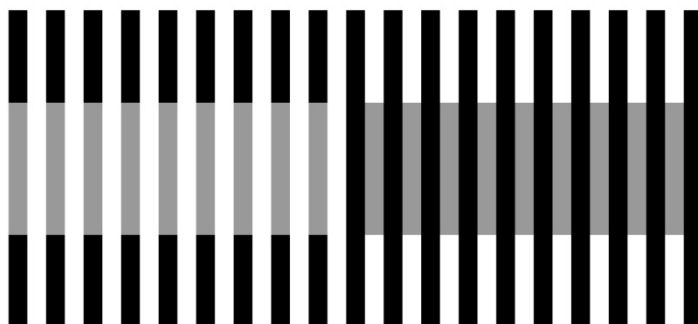


Οι δύο τριγωνικοί στόχοι έχουν την ίδια φωτεινότητα αν και αυτός που βρίσκεται στα δεξιά μας φαίνεται πιο φωτεινός.

Πηγή : www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/STKbenaryLs.jpg

Στην πλάνη αυτή υπάρχει πανομοιότυπη αμφιβληστροειδική σχέση των επιφανειών με το φόντο τους γεγονός που καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την εξήγησή της από τις θεωρίες που βασίζονται στο μηχανισμό της πλάγιας αναστολής, αφού οι αντιδράσεις των υποδοχέων που αντιστοιχούν στις δύο γκρι επιφάνειες δέχονται την ίδια αναστολή από τους γειτονικούς τους υποδοχείς μιας και το πλαίσιο είναι ίδιο και για τους δύο στόχους. Φαίνεται ότι η πλάνη μπορεί να ερμηνευτεί με βάση την ομαδοποίηση των γκρι επιφανειών είτε με το λευκό σταυρό είτε με το μαύρο φόντο. Η πάνω επιφάνεια δίνει τελική χρωματική τιμή μεσαίο γκρι καθώς συγκρίνεται στο τοπικό και το γενικό της πεδίο (λευκό φόντο) και η κάτω επιφάνεια ανοιχτό γκρι.

4. White's Effect : White, 1979

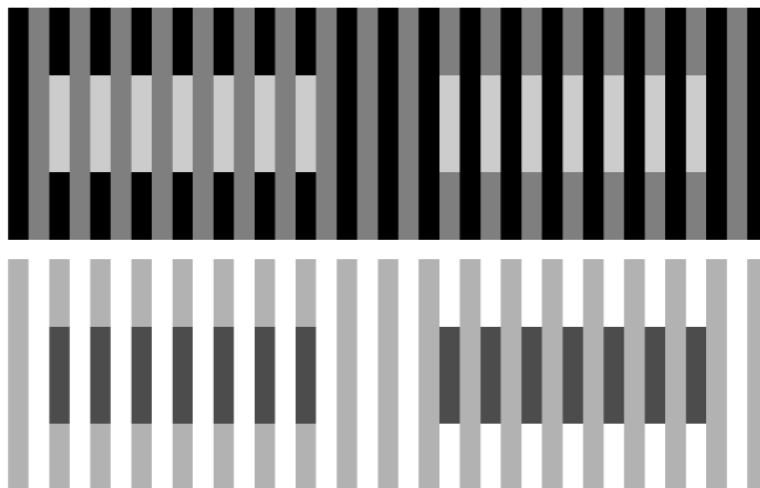


Η αριστερή γκρίζα μπάρα φαίνεται πιο φωτεινή από την αριστερή και όμως έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for "Professor Mark McCourt's talk in Ritsumeikan")

Καθώς οι θεωρίες της αντίθεσης δε μπορούν να ερμηνεύσουν αποτελεσματικά την πλάνη, φαίνεται ότι οι αρχές της ομαδοποίησης και οι T-junctions παίζουν σημαντικό ρόλο στην τελική χρωματική αντίληψη των στόχων αφού κάνουν τους γκρι στόχους να «δένονται» περισσότερο με τις μπάρες στις οποίες είναι προσδεμένοι και να ενισχύουν το βάρος των τοπικών και γενικών πεδίων. Από την άλλη, οι Ψ-junctions που σχηματίζονται στις κάθετες γωνίες δίνουν την αίσθηση ατμοσφαιρικών συνόρων. Σε κάθε κάθετη μπάρα υπάρχουν τρεις διαφορετικές φωτεινότητες κι πολλές γωνίες που δημιουργούν πυκνότητα. Αυτός ο συνδυασμός δίνει μία έντονη πλάνη. Επίσης οι θεωρίες κατάτμησης της εικόνας σε πολλαπλά στρώματα μπορούν να ερμηνεύσουν την πλάνη. Συγκεκριμένα οι γκρι στόχοι διαχωρίζονται σε δύο διαφορετικά στρώματα : της κοντινής επιφάνειας των στόχων και σε δύο ακόμα κατώτερες επιφάνειες το χρώμα των οποίων εκτιμάται από την φωτεινότητα των γραμμών στις οποίες ο στόχος είναι «δεμένος», είτε προς το άσπρο είτε προς το μαύρο. Έτσι, οι στόχοι στις μαύρες μπάρες φαίνονται φωτεινότεροι γιατί κάποια σκοτεινότητα έχει φύγει από το στόχο και έχει αποδοθεί στο κατώτερο πλαίσιο. αντίστοιχα, οι στόχοι στις λευκές μπάρες φαίνονται φωτεινότεροι γιατί κάποια φωτεινότητα έχει φύγει από το στόχο και έχει αποδοθεί στο κατώτερό του στρώμα.

3. Inverted White's effect : Gerbino and Ripamonti 1997; Ripamonti and Gerbino 1997; Spehar et al 1997

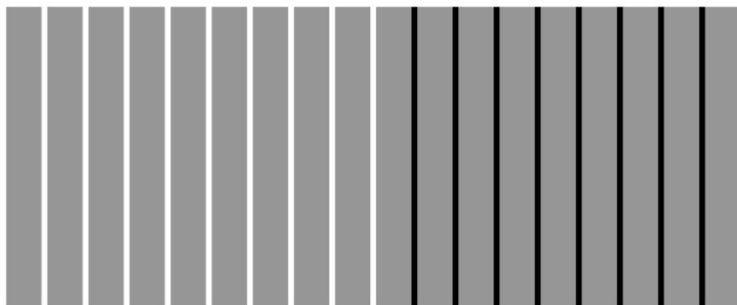


Αντιστροφή της πλάνης του White όπου στην πάνω εικόνα το δεξί και στην κάτω εικόνα το αριστερό διαχωρισμένο ορθογώνιο φαίνονται πιο φωτεινά από τα διπλανά τους ορθογώνια ενώ είναι ίδια.

Πηγή : <http://www.psy.ritsumeii.ac.jp/~akitaoka/McCourt2008mytalke.html>

Όμοια με την πλάνη (7), οι θεωρίες της αντίθεσης αδυνατούν να δώσουν ολοκληρωμένη ερμηνεία για αυτή την σύνθετη πλάνη. Φαίνεται πως κρίσιμο ρόλο παίζει η αρχή της ομαδοποίησης που δίνει την αίσθηση ορθογωνίου τόσο για την πάνω αριστερά όσο και για την κάτω δεξιά φιγούρα. Η παραλλαγή αυτή της πλάνης του White όπου στην πάνω εικόνα οι στόχοι έχουν προσαυξητικές ιδιότητες ενώ στην κάτω μειωτικές ερμηνεύεται με βάση τη θεωρία της διπλής σταθεροποίησης καθώς η θεωρία του σταθερού σημείου του Gilchrist θα προέβλεπε τελική χρωματική αντίληψη προς την κλασική κατεύθυνση επειδή οι στόχοι που διαπερνούν τις ανοιχτές μπάρες γίνονται αντιληπτές με περισσότερη αληθοφάνεια στο πραγματικό τους χρώμα ενώ οι στόχοι που διαπερνούν τις σκούρες μπάρες φαίνονται πιο φωτεινοί σαν συνέπεια την αλλαγής των σκούρων μπαρών, τις οποίες διαπερνούν οι στόχοι, προς το λευκό. Αυτή η αλλαγή εξαρτάται από τη σχετική τους απομόνωση από τις φωτεινές μπάρες που τις κάνει τοπικό σταθεροποιητή. Στην περίπτωση της ανεξάρτητης σταθεροποίησης οι στόχοι αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη φωτεινότητα τόσο στο γενικό όσο και στα τοπικά τους πεδία.

4. Brightness Assimilation : Von Bezold, 1874



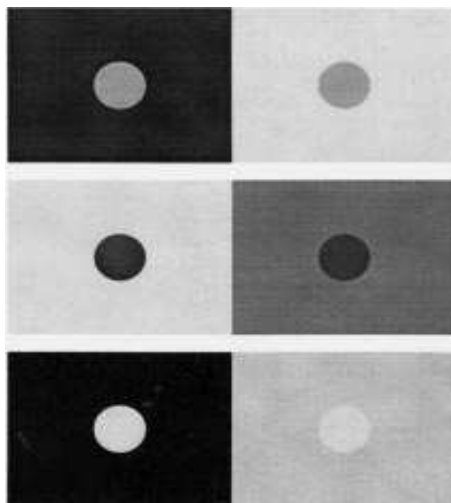
Η αριστερή πλευρά του ορθογωνίου φαίνεται πιο φωτεινή από τη δεξιά παρ' όλο που έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Στην πλάνη αυτή οι T-junctions της αριστερής πλευράς του ορθογωνίου δίνουν την εντύπωση διαφάνειας, ενός στρώματος που βρίσκεται πίσω από τις γκρίζες μπάρες. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η αίσθηση ενός βαθύτερου περιγράμματος που διατηρεί την πολικότητά του με το κοντινότερο στρώμα να φαίνεται πιο φωτεινό. Το αντίθετο

φαινόμενο συμβαίνει στη δεξιά πλευρά του τετραγώνου, όπου τα σαφή όρια των περιγραμμάτων δίνουν την εντύπωση της σκοτεινότητας στα κοντινότερα στρώματα.

5. SLC with double increments : Bressan, 2001

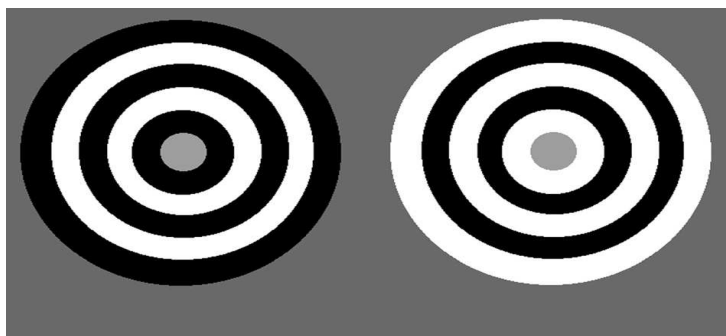


Για κάθε εικόνα οι κύκλοι έχουν την ίδια φωτεινότητα . Πάνω εικόνα : κλασική SLC. Μεσαία και κάτω εικόνα : ο κύκλος στα δεξιά φαίνεται πιο φωτεινός από τον αριστερό.

Πηγή : Bressan, 2001, Simultaneous lightness contrast with double increments

Η πλάνη ερμηνεύεται με βάση τη θεωρία της διπλής σταθεροποίησης σύμφωνα με την οποία οι στόχοι αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη φωτεινότητα στα τοπικά τους πεδία που υπερβαίνει την τιμή του άσπρου ανεξάρτητα από το αν αντιπροσωπεύουν και την υψηλότερη φωτεινότητα στο γενικό τους πεδίο. Έτσι έχουμε την τελική αντίληψη που βλέπουμε στην πλάνη που προκύπτει από το σταθμισμένο μέσο όρο των τιμών που υπολογίζονται για τους στόχους μέσα σε κάθε πεδίο.

6. Bull's eye Effect : Bindman & Chub, 2004

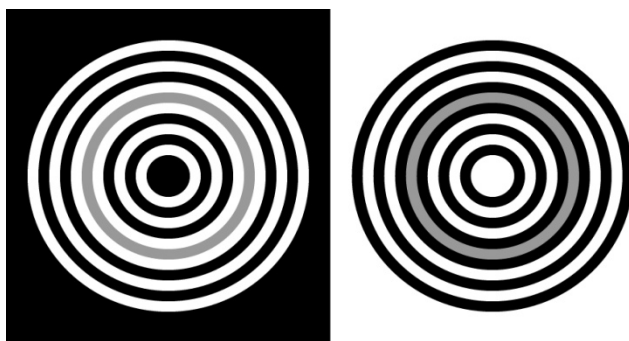


Οι κεντρικοί κύκλοι είναι ίσης φωτεινότητας αλλά ο δεξιά φαίνεται πιο φωτεινός.

Πηγή : Oh & Kim, 2004 The effects of global grouping laws on surface lightness perception

Τα όρια φωτεινότητας που σχηματίζονται μεταξύ άσπρων και μαύρων ζωνών με το πλαίσιό τους είναι περίπου διπλάσια από αυτά που σχηματίζονται από τις ενδότερες ζώνες και τους στόχους. Οι νευρώνες λοιπόν, που υπολογίζουν την αντίθεση στα ενδότερα σημεία της εικόνας αναχαιτίζονται από τους νευρώνες στα άκρα της εικόνας και έτσι παράγεται το φαινόμενο της αφομοίωσης.

7. Hong-Shevell's rings : Hong & Shevell, 2004

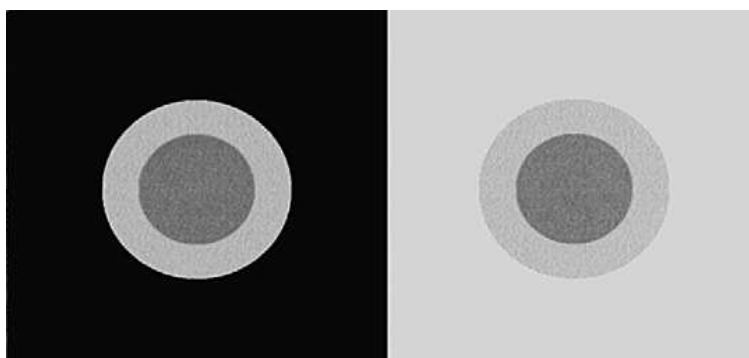


Οι δύο γκρι κύκλοι έχουν στην πραγματικότητα την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Στην πλάνη αυτή ισχύει η ενσωμάτωση που προκύπτει από τη σχέση φωτεινότητας μεταξύ συνεχών και μη συνεχών περιοχών. Κατά τα άλλα ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη (6).

8. Shapley & Reid, 1985



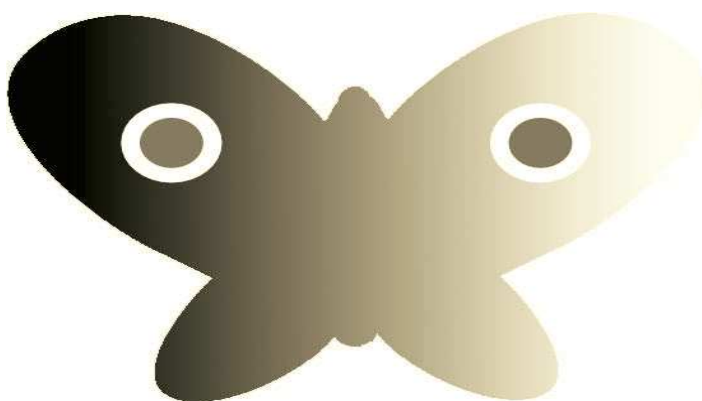
Οι εσωτερικοί κύκλοι είναι όμοιοι όπως όμοια μεταξύ τους είναι και τα περιγράμματά τους

Πηγή : Hong & Shevel, 2003, Brightness contrast and assimilation from patterned inducing backgrounds

Οι δύο κύκλοι φαίνονται διαφορετικοί εξ’ αιτίας του περιεχομένου που περικλείει τα ερεθίσματα. Η αντίληψη για το χρώμα του στόχου προκύπτει από μία διαδικασία που

αναχαιτίζει τις πληροφορίες αντίθεσης που δημιουργούνται στα άκρα λόγω της απόστασης μεταξύ των στόχων και των μη συνεχών άκρων φωτεινότητας. Τα αντίθεσης που παράγοντα από το σύνολο της εικόνας ενοποιούνται σε έναν μέσο όριο και δίνουν την τελική αντίληψη της εικόνας. Επίσης, οι μηχανισμοί αποσύνθεσης της εικόνας κάνουν τους γκρι στόχους να συμπεριφέρονται σαν ξεχωριστά διαφανή στρώματα με αποτέλεσμα να αλλάζει η φαινομενική χρωματική αντίληψη των κοντινών στοιχείων.

9. The butterfly illusion : Bressan, 2001

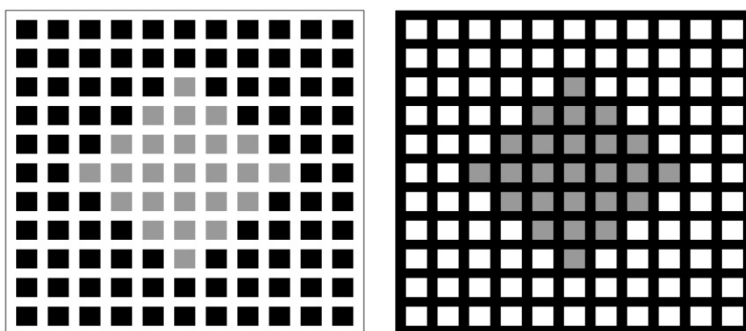


Ο αριστερός γκρι κύκλος φαίνεται πιο φωτεινός από το δεξί ενώ στην πραγματικότητα έχουν ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Bressan, 2006 The Place of White in a World of Greys: A Double-Anchoring Theory of Lightness Perception

Ισχύει η ίδια λογική με την πλάνη (6). Μάλιστα, η διαστρωμάτωση που δημιουργείται στη δεξιά πλευρά της εικόνας δίνει την εντύπωση της επικάλυψης κάνοντας το στόχο πιο ευκρινή, άρα και την εντύπωση για τη σκοτεινότητά του πιο έντονη. Από την άλλη η αριστερή περιοχή εντάσσεται πιο ευδιάκριτα στο σκούρο πλαίσιο κάνοντας το στόχο να κλίνει περισσότερο προς τη φιγούρα παρά με το άμεσο φόντο του.

10. Dungeon illusion : Bressan, 2001

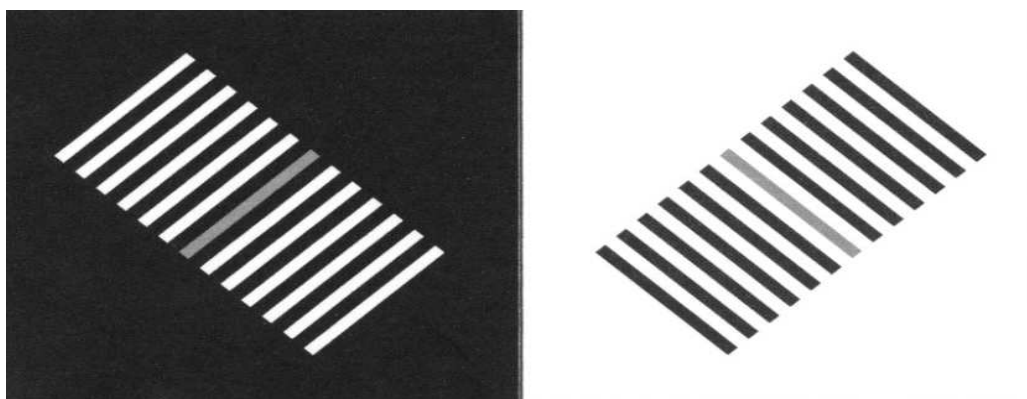


Το αριστερό τρίγωνο φαίνεται πιο φωτεινό ενώ είναι ίσης φωτεινότητας με το δεξί

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Στην πλάνη αυτή τα διαμάντια και το πλαίσιο στο οποίο ανήκουν σχηματίζουν ένα πεδίο αντιληπτικής συνοχής και η φωτεινότητα του κάθε διαμαντιού υπολογίζεται από τη σχέση του με αυτό. Έτσι, το διαμάντι ανήκει σε δύο τοπικά πεδία, ένα που περιλαμβάνει το άμεσο πλαίσιο (στην περίπτωση της αριστερής εικόνας τα μαύρα τετράγωνα) και ένα που περιλαμβάνει το στόχο με το φόντο. Βέβαια, λόγω της μεγάλης συμμετρίας οι στόχοι ομαδοποιούνται πολύ πιο εύκολα με τα εναπομείναντα τετράγωνα παρά με τις ενδιάμεσες περιοχές, οι οποίες σχηματίζουν ένα πλέγμα που φαίνεται σε ενδιάμεσο επίπεδο. Με βάση αυτούς τους κανόνες ομαδοποίησης το διαμάντι παίρνει την υψηλότερη τιμή φωτεινότητας στο πεδίο του και τοποθετείται στην τιμή του άσπρου. Έτσι, η τελική χρωματική εκτίμηση είναι ανοιχτό γκρι για την αριστερή εικόνα και σκούρο γκρι για τη δεξιά.

11. Reversed contrast, Economou, Annan & Gilchrist, 1998

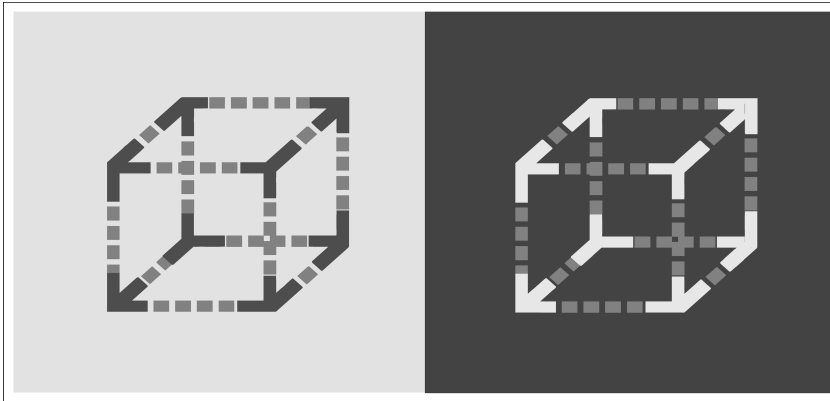


Η μεσαία γκριζα γραμμή δεξιά φαίνεται πιο φωτεινή από τη αριστερή ενώ έχουν ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Gilchrist & Annan, 2002 Articulation effects in lightness: Historical background and theoretical implications

Κάθε στόχος ανήκει σε δύο τοπικά πεδία, το ένα περιλαμβάνει το στόχο και τις υπόλοιπες μπάρες και το άλλο το στόχο και το σκούρο ή ανοιχτό πλαίσιο. Υπερτερεί η τάση να γίνεται αντιληπτική οργάνωση με βάση τις υπόλοιπες μπάρες γι' αυτό ισχύει το φαινόμενο της αντίστροφης αντίθεσης στο σύνολο της εικόνας. Η πυκνότητα της εικόνας αυξάνει επίσης το ειδικό βάρος του κάθε τοπικού πεδίου και γι' αυτό το αποτέλεσμα είναι να βλέπουμε το δεξί στόχο πιο ανοιχτόχρωμο από τον αριστερό.

12. Agostini & Galmonte , 2002

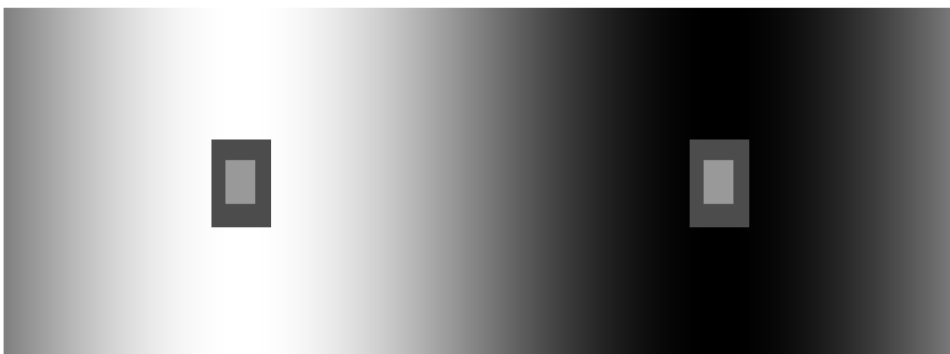


Το αριστερό διακεκομμένο περίγραμμα στα αριστερά φαίνεται πιο φωτεινό από το δεξί ενώ έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Agostini & Galmonte, 2002 Perceptual organization overcomes the effects of local surround in determining simultaneous lightness contrast

Στην πλάνη αυτή φαίνεται πως το φαινόμενο της αντίθεσης με βάση της αρχές της ομαδοποίησης υπερνικά το φαινόμενο της τοπικής αντίθεσης. Οι διακεκομμένες γραμμές συγκρίνονται και με τα περίγραμμα των κύβων, όχι μόνο με το άμεσό τους πλαίσιο. Για την ακρίβεια, οι διακεκομμένες γραμμές είναι απαραίτητες για να ολοκληρώσουν τον κύβο και ομαδοποιούνται, οι γωνίες όμως, οι οποίες έχουν διαφορετικό χρώμα, επηρεάζουν την χρωματική αντίληψη και η αντίθεση συντελείται μεταξύ των διαφορετικών κομματιών του κύβου. Μάλιστα, η σταθεροποίηση με βάση τη φωτεινότητα και με βάση τη φωτεινότητα του πλαισίου δίνει διαφορετικές ανώτατες τιμές φωτεινότητας για τους δύο στόχους, σύμφωνες με την κατεύθυνση της πλάνης.

13. SLC with background : Shapley and Reid, 1985

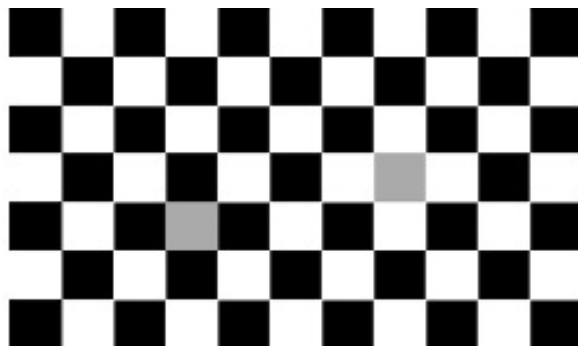


Οι δύο γκρι ενδότεροι στόχοι έχουν την ίδια φωτεινότητα όμως το δεξί τετράγωνο φαίνεται πιο φωτεινό από το αριστερό.

Πηγή : Kuntal Ghosh and Kamales Bhaumik, 2010, Complexity in Human Perception of Brightness: A Historical Review on the Evolution of the Philosophy of Visual Perception

Εδώ φαίνεται η αντίστροφη εκδοχή της SLC όπου λαμβάνει χώρα το φαινόμενο ενσωμάτωσης, που οι θεωρίες αντίθεσης δε μπορούν να προβλέψουν αφού οι προσαυξητικές και μειωτικές ιδιότητες των στόχων σε σχέση με τα περιγράμματά τους θα προέβλεπαν μείωση της αντίθεσης. Οι θεωρίες σταθερού σημείου προβλέπουν πως αφού οι στόχοι αποτελούν προσαυξήσεις έχουν ίδιες τελικές χρωματικές τιμές, εφ' όσον τοπικά χαρακτηρίζονται σαν άσπρο ανεξάρτητα από την αναλογία φωτεινότητας του άμεσου πλαισίου τους. Με τη θεωρία της διπλής σταθεροποίησης όμως, το χρώμα των στόχων εκτιμάται και από το άμεσό τους πλαίσιο και δίνουν διαφορετικές τιμές, συνεπώς η πλάνη ερμηνεύεται.

14. Checkerboard Contrast : DeValois & Devalois, 1988

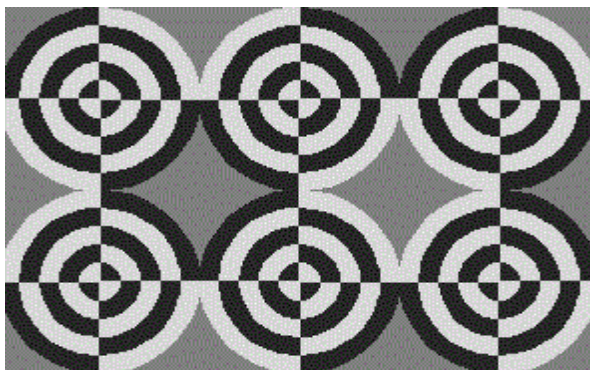


Τα δύο γκρι τετράγωνα είναι ίσης φωτεινότητας.

Πηγή : http://www-psych.rutgers.edu/~alan/theory3/images/figures/25_CheckerFrame.jpg

Η αρχή της ομοιότητας παίζει κάποιο ρόλο σε αυτή την πλάνη αφού λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της ενσωμάτωσης. Τα τετράγωνα – στόχοι ομαδοποιούνται διαγώνια και με βάση της αρχή της ομαλής συνέχειας το ειδικό βάρος του στόχου που περιτριγυρίζεται από άσπρα τετράγωνα να αλλάζει και να γίνεται ανοιχτό γκρι.

15. DeWeert, 1991

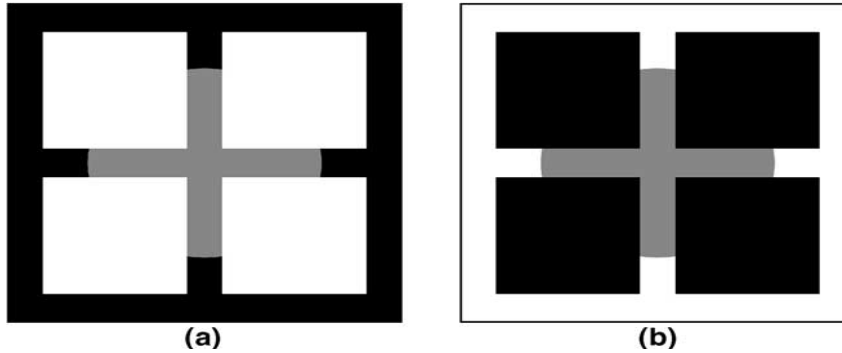


Το δεξί κεντρικό περιθώριο μεταξύ των κύκλων φαίνεται πιο φωτεινό από το αριστερό ενώ έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : de Weert, C. M. M., & van Kruysbergen, N. A.W.H. (1997) Assimilation: central and peripheral effects.

Ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη (7).

16. Todorovic, 1997

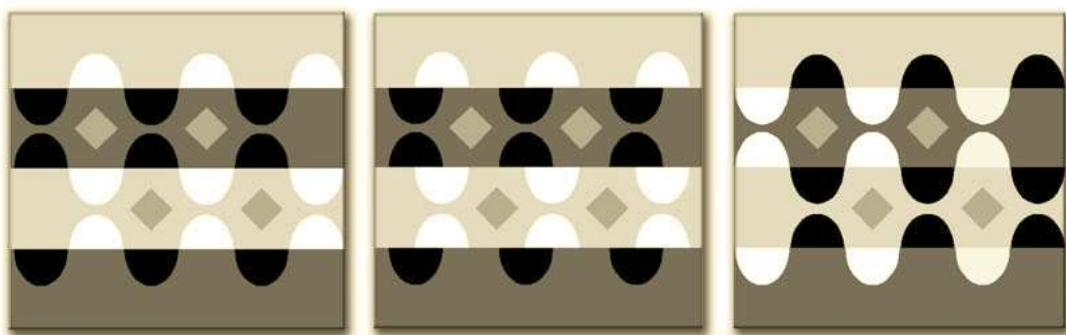


Ο αριστερός κύκλος φαίνεται πιο φωτεινός από τον δεξί ενώ είναι ακριβώς όμοιοι.

Πηγή : Burak Guc, lu a,b,c,; Bart Farell a,b, Influence of target size and luminance on the White–Todorovic´ effect, 2004

Το φαινόμενο είναι όμοιο με την πλάνη (2). Μάλιστα, τα τέσσερα τετράγωνα δίνουν την εντύπωση επιπέδου επομένως η ομαδοποίηση που λαμβάνει χώρα μεταξύ του γκρι στόχου και του πλαισίου του κάνει την τοπική αντίθεση πιο έντονη από την επίδραση του στρώματος.

17. Bressan's Snake : Bressan, 2006



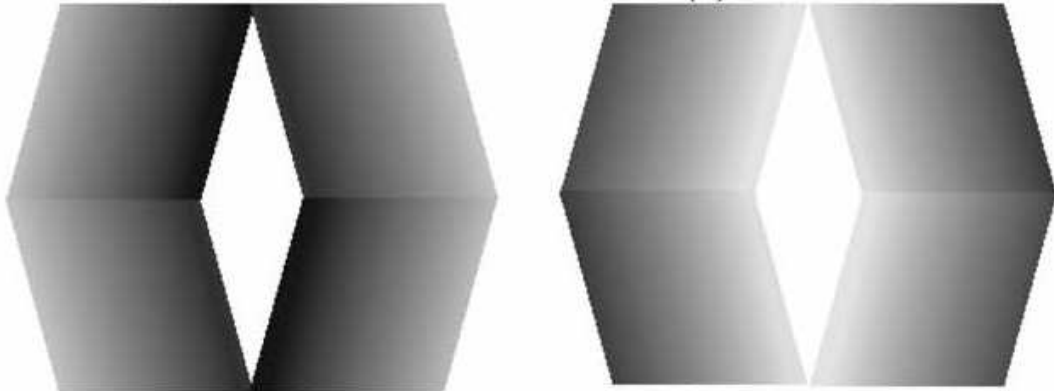
Οι τριγωνικοί στόχοι σε κάθε εικόνα είναι ίσης φωτεινότητας

Πηγή : Bressan, 2006 The Place of White in a World of Greys: A Double-Anchoring Theory of Lightness Perception

Στη μεσαία εικόνα τόσο οι X-junctions, όσο και η αίσθηση διαφάνειας είναι απύσες. Παρ' όλα αυτά οι πάνω στόχοι εξακολουθούν να φαίνονται πιο φωτεινοί από τους κάτω γιατί λαμβάνει χώρα ομαδοποίηση των στόχων με βάση τη γραμμή στην οποία

ανήκουν. Έτσι, αφ' όσον οι στόχοι αποτελούν την υψηλότερη φωτεινότητα στα γενικά τους πεδία, γίνεται μία πρώτη εκτίμηση της χρωματική τιμής με βάση το σκούρο ή το λευκό φόντο και της ημιτελούς διαφάνειας (όπου ισχύουν τα χαρακτηριστικά της SLC) και έπειτα σταθεροποίηση της εκτιμώμενης αυτής χρωματικής τιμής με το δεύτερο πεδίο (τους στόχους με την ημιτελή διαφάνεια).

18. The double brilliant illusion : Bressan, 2001

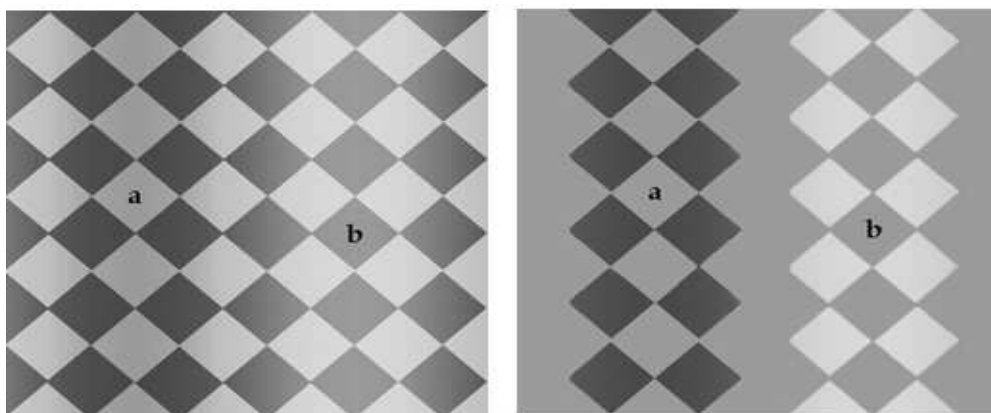


Ο δεξής ρόμβος φαίνεται πιο φωτεινός από τον αριστερό ενώ έχουν την ίδια φωτεινότητας

Πηγή : Crossberg and Hong 2006, A neural model of surface perception: Lightness, anchoring, and filling-in

Εφ' όσον υπάρχουν προσαυξητικές ιδιότητες στη δεξιά εικόνα η πλάνη ερμηνεύεται όμοια με την πλάνη (6). Τα θαμπά όρια που δημιουργούνται προσδίδουν μία εντονότερη αίσθηση αυτοφωτισμού που ενισχύεται με το φαινόμενο της ενσωμάτωσης στα όρια του ρόμβου.

19. Kingdom, 2003

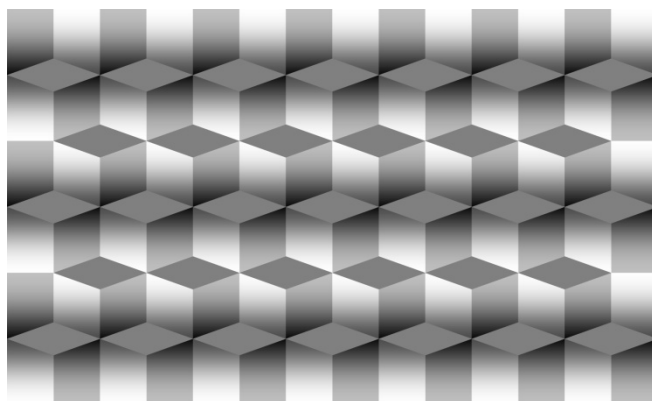


Οι ρόμβοι a και b έχουν την ίδια φωτεινότητα όμως ο b μας φαίνεται πιο φωτεινός

Πηγή : Kingdom, 2003, Levels of brightness perception

Ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη checker – shadow, Adelson, 1995.

20. Logvinenko's wall-of-blocks illusion : Logvinenko, 1999

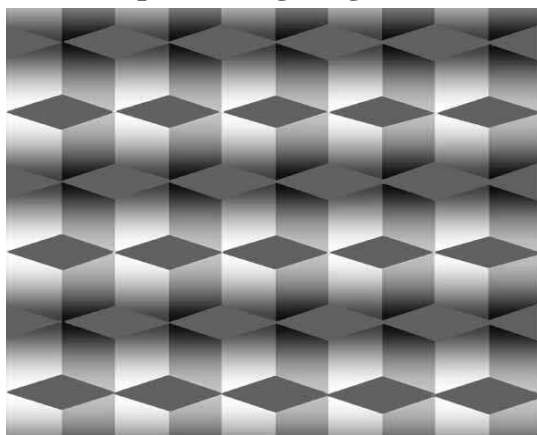


Πιο έντονη εκδοχή της πλάνης wall of blocks

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Κρίσιμο ρόλο στην ερμηνεία αυτής της πλάνης παίζουν οι X-junctions που σχηματίζονται μεταξύ στόχων και φόντου και δημιουργούν επαγωγή στην τελική αντίληψη φωτεινότητας για τους ρόμβους αφού υπάρχει διαφορετικός φωτισμός της επιφάνειας. Η ύπαρξη διαφάνειας προσδίδει την αίσθηση ενός ισχυρού ατμοσφαιρικού συνόρου που διαχωρίζει την εικόνα αντανάκλασης από την σκιασμένη εικόνα. Οι διαφορετικές κάθετες μπάρες φωτεινότητας προσδίδουν χρωματική επαγωγή. Επίσης οι στόχοι ανήκουν σε διαφορετικά τοπικά πεδία, γύρω από φαινομενικά σκοτεινές και ανοιχτόχρωμες σειρές ρόμβων αντίστοιχα. Η υψηλότερη φωτεινότητα μέσα σε αυτά τα πεδία είναι διαφορετική γι’ αυτό γίνεται εκτίμηση για διαφορετικές χρωματικές τιμές μέσω της διαδικασίας σταθεροποίησης. Επίσης η κλίση φωτεινότητας λειτουργεί σαν διαχωριστικός παράγοντας που διευκολύνει τη χρωματική επαγωγή.

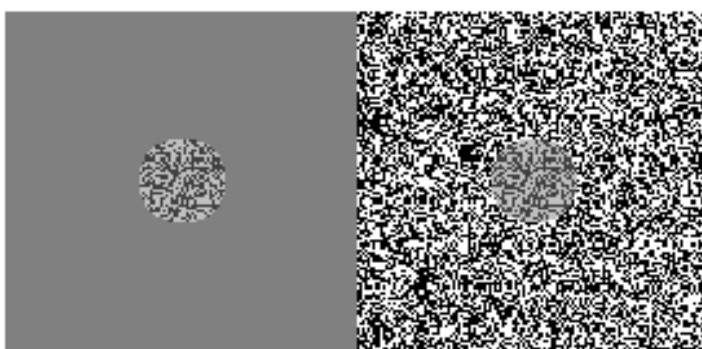
21. Bressan's impossible-lighting wall of blocks' : Bressan, 2001



Οι σειρές ρόμβων που παρουσιάζονται έχουν στην πραγματικότητα την ίδια φωτεινότητα
Πηγή : Lognivenko, 2003 A fair test of the effect of a shadow-incompatible luminance gradient on the simultaneous lightness contrast

Σε αυτή την περίπτωση οι πλευρές κάθε τετραγώνου παρουσιάζονται εναλλακτικά. Με βάση της θεωρία της διπλής σταθεροποίησης κάθε στόχος ανήκει σε δύο τοπικά πεδία, το ένα αποτελείται από το στόχο και την ανοιχτόχρωμη κάθετη μπάρα φωτεινότητας και το άλλο από το στόχο και τη σκοτεινή μπάρα φωτεινότητας. Οι στόχοι που φαίνονται φωτεινότεροι αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη φωτεινότητα τόσο στα τοπικά όσο και στο γενικό τους πεδίο ενώ οι σκουρόχρωμοι στόχοι παίρνουν τιμή σκούρο γκρι καθώς σταθμίζονται στα τοπικά και στο γενικό τους πεδίο.

22. Chubb illusion : Chubb et al. 1989



Και οι δύο κυκλικοί στόχοι είναι όμοιοι, αλλά ο δεξής φαίνεται πιο φωτεινός

Πηγή : http://en.wikipedia.org/wiki/Chubb_illusion

Ο μεγάλος βαθμός πυκνότητας της δεξιάς εικόνας ενισχύει το ειδικό βάρος του τοπικού πεδίου κάνοντας το στόχο να αποκτά την υψηλότερη τιμή φωτεινότητας στο γενικό του πεδίο και να χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό σταθερότητας. Από τη άλλη η διαστρωμάτωση της εικόνας δίνει έντονα την αίσθηση της διαφάνειας για το στόχο στη δεξιά πλευρά, με αποτέλεσμα το κοντινότερο στρώμα (ασπρόμαυρο πλαίσιο) να φαίνεται σκοτεινότερο και ο στόχος πιο φωτεινός.

23. Stuart's Rings : Anstis, 2005

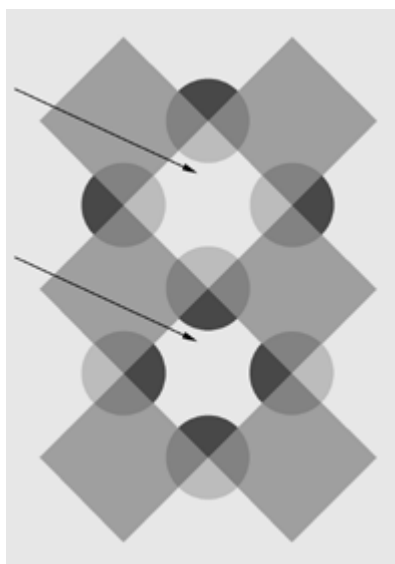


Το αριστερό δακτυλίδι φαίνεται πιο φωτεινό από το δεξί αλλά και τα δύο είναι ίσης φωτεινότητας

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for "Professor Mark McCourt's talk in Ritsumeikan")

Η διαφορά στην χρωματική εκτίμηση έγκειται στις T-junctions που στην αριστερή εικόνα δίνουν την αίσθηση διαφάνειας ενώ στη δεξιά την αίσθηση βαθύτερου στρώματος. Ταυτόχρονα, η περιοχή που καταλαμβάνουν τα δακτυλίδια ομαδοποιείται ενιαία και έτσι λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της ενσωμάτωσης.

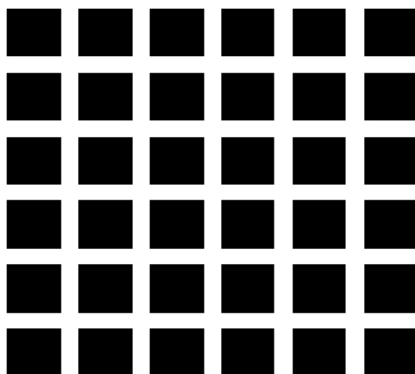
24. Haze illusion : Adelson, 2000



Το πάνω σημείο της εικόνας που δείχνει το βέλος φαίνεται πιο φωτεινό από το κάτω ενώ και τα δύο είναι ίσης φωτεινότητας.

Πηγή : <http://web.mit.edu/persci/people/adelson/publications/gazzan.dir/Image17.gif>

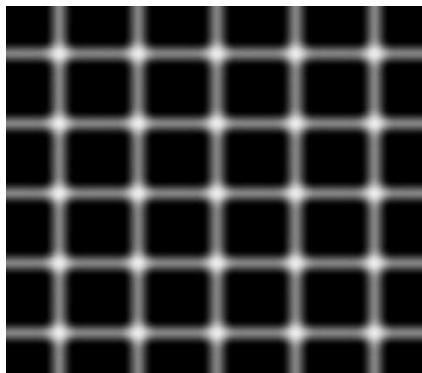
Οι X-junctions τις εικόνας προσάπτουν την τελική χρωματική αντίληψη. Συγκεκριμένα, στον κάτω στόχο σχηματίζονται single – reversing X-junctions, οι οποίες δίνουν την αίσθηση ότι πρόκειται για μία καθαρή περιοχή γύρω από μία θολή περιοχή. Η αίσθηση της θολής περιοχής για τον πάνω στόχο προκαλείται από το ισχυρό ατμοσφαιρικό σύνορο που δημιουργείται από τη σχέση αντίθεσης με τα άκρα των κύκλων (σκούρο γκρι για την πάνω περιοχή, ανοιχτό γκρι για την κάτω.)

1. Hermann grid illusion : Hermann, 1870

Μικρές γκρι τελείες εμφανίζονται ανάμεσα στα τετράγωνα

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Τα φωτεινά σημεία δημιουργούνται λόγω της πλάγιας αναστολής ανάμεσα στο κέντρο και την περιφέρεια του οπτικού πεδίου από τέσσερις κατευθύνσεις (τα όρια κάθε τετράδας τετραγώνων).

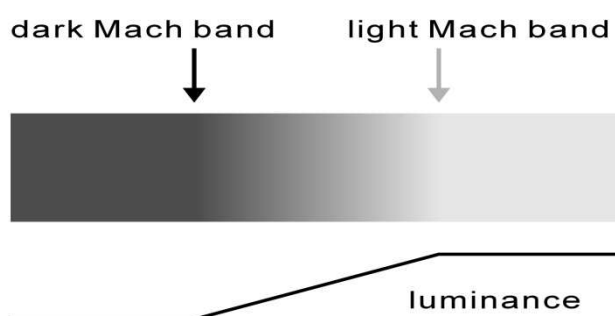
2. Bergen grid illusion : Bergen, 1985

Πάνω στις άσπρες τελείες εμφανίζονται μαύρες

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Ισχύει η ίδια λογική με την πλάνη (1). Το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο γιατί το φόντο αποτελείται από περισσότερες σκουρόχρωμες επιφάνειες συνεπώς η επίδραση της πλάγιας αναστολής είναι πιο έντονη. Μάλιστα, το γεγονός ότι στην πλάνη ισχύει ο κανόνας της τοπικής περιοχής, προσδίδει την αντίληψη της διαφάνειας στους άσπρους στόχους, κάτι που συμπίπτει και με την προσέγγιση κατάτμησης της εικόνας σε στρώματα, όπου το χρώμα των βαθύτερων στρωμάτων της εικόνας δημιουργεί αλλαγές στην πολικότητα και οι στόχοι γίνονται αντιληπτοί σαν περιοχές κοινής θέας.

3. Mach band : Mach, 1865



Παρ' όλο που η ράβδος είναι συνεχούς φωτεινότητας στα σημεία που δείχνουν τα βέλη φαίνονται όρια φωτεινότητας

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for "Professor Mark McCourt's talk in Ritsumeikan")

Το φαινόμενο προκύπτει λόγω της πλάγιας αναστολής. Το υποδεκτικό πεδίο προς τη φωτεινή πλευρά, εκεί που φαίνεται το φωτεινό όριο δίνει πιο έντονη αντίδραση στο κέντρο γιατί ένα μέρος του βρίσκεται στη σκοτεινή περιοχή. Το αντίστροφο ακριβώς συμβαίνει στα υποδεκτικά πεδία προς τη σκοτεινή περιοχή. Όμως σε αυτή την περίπτωση η διεγερτική απόκριση είναι μικρότερη και γι' αυτό αντιλαμβανόμαστε την περιοχή αυτή σαν σκοτεινή.

4. Chevreul illusion : Cornsweet, 1970

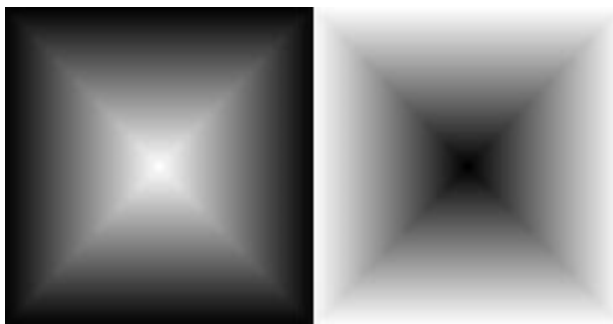


Παρ' όλο που κάθε ράβδος είναι ίδιας φωτεινότητας σε όλη της την έκταση κάθε αριστερό όριο φαίνεται πιο φωτεινό από το κέντρο της και κάθε δεξί όριο πιο σκούρο.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη (3).

5. Vasarely_illusions, Jameson & Hurvich, 1975; Morgan, 1996; Ninio, 2001; Martinez-Conde & Macknik, 2001



Δίνεται η αίσθηση ενός λαμπρού αστεριού ενώ στην πραγματικότητα για μια τετράγωνα, διαφορετικής φωτεινότητας τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο.

Πηγή : <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/Vasarelyillusions.jpg>

Ο λόγος που δημιουργείται η αίσθηση ενός φωτεινού σταυρού είναι ότι στις άκρες των τετραγώνων διαφορετικής φωτεινότητας επιδρά η πλάγια αναστολή και δίνει στο επικαλυπτόμενο τετράγωνο πιο φωτεινή χρωματική τιμή από αυτή που έχει. Άλλωστε, η ύπαρξη πολλών στρωμάτων, δίνει την εντύπωση διαφάνειας για τα επικαλυπτόμενα στρώματα.

6. Craik-O’Brien-Cornsweet effect : Cornsweet, 1970

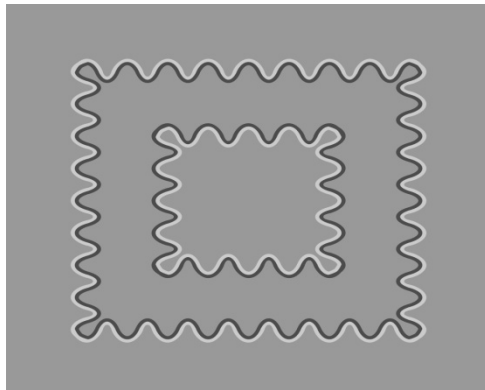


Στην εικόνα φαίνονται να υπάρχουν σκούρα και ανοιχτόχρωμα ορθογώνια ενώ στην πραγματικότητα υπάρχουν μόνο φωτεινές διαμορφώσεις στα όριά τους.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”), http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Image:Cornsweet_illusion.svg

Στο φαινόμενο αυτό το όριο που σχηματίζεται στη γωνία αλλαγής φωτεινότητας δημιουργεί αλλαγές στη χρωματική αντίληψη για μία μεγάλη περιοχή. Αυτό υποδηλώνει τη σημασία που έχουν τα όρια φωτεινότητας για την οπτική αντίληψη. Ισχύει η ίδια λογική με την πλάνη (3), ενώ ταυτόχρονα οι T-junctions δημιουργούν ισχυρή ομαδοποίηση σε ορθογώνια.

7. Sumi painting effect : Takashima, 2008

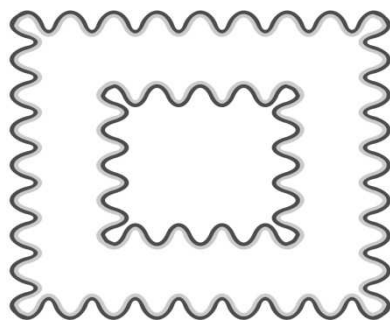


Το εξωτερικό περίβλημα μοιάζει να είναι πιο σκούρο από το εσωτερικό του ενώ στην πραγματικότητα έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη (6)

8. Achromatic watercolor illusion : Pinna et al., 2001

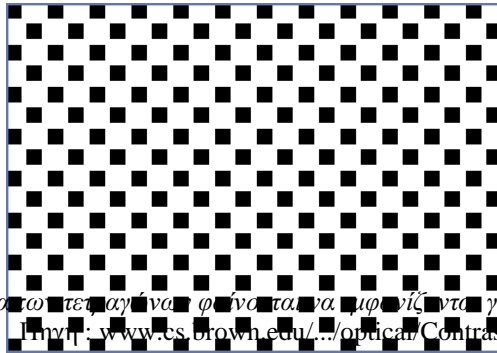


Το εξωτερικό περίβλημα μοιάζει να είναι πιο σκούρο από το εσωτερικό του ενώ στην πραγματικότητα έχουν την ίδια φωτεινότητα.

Πηγή : Brightness or lightness illusion: a catalogue (version 2008) by Akiyoshi Kitaoka, Ritsumeikan University, December 8, 2008 (for “Professor Mark McCourt’s talk in Ritsumeikan”)

Πρόκειται για το ίδιο φαινόμενο με την πλάνη (6).

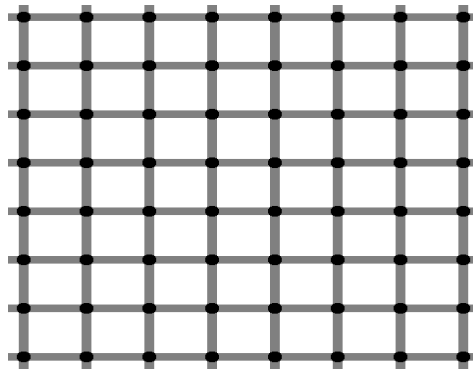
9. Springer illusion



Διαγώνια πω τετραγώνια φαίνονται να μφνίζονται γκριζες γραμμές
Πηγή : www.cs.brown.edu/~jwo/optical/Contrast7.htm

Ερμηνεύεται παρόμοια με την πλάνη (1). Μάλιστα, η ομαδοποίηση με βάση την ομαλή συνέχεια προσδίδει στα τετράγωνα αντιληπτική συνοχή, γεγονός που ενισχύει την πλάνη.

10. The Hermann grid and the scintillation effect : Schrauf M, Lingelbach B, Lingelbach E & Wist ER. 1995

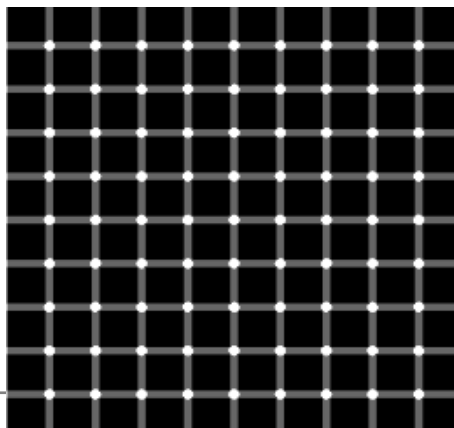


Οι μαύρες τελείες φαίνονται να αλλάζουν χρώμα και να γίνονται άσπρες.

Πηγή : http://www.michaelbach.de/ot/lum_scGrid/index.html

Ισχύει η ίδια ερμηνεία με την πλάνη (1) και (2). Υπάρχει τόσο η κύρια επίδραση της πλάγιας αναστολής, όσο και χαρακτηριστικά διαφάνειας που προκύπτουν από την ύπαρξη βαθύτερων στρωμάτων που σχηματίζουν οι γκρι γραμμές με το άσπρο φόντο.

11. Scintillating grid illusion, : Schrauf, Lingelbach, Wist, 1997



Οι άσπρες τελείες φαίνονται μαύρες

Πηγή : www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/cataloge.html

Όμοια ερμηνεία με την πλάνη (9). Η ύπαρξη περισσότερων σκοτεινών επιφανειών κάνει την επίδραση της πλάγιας αναστολής εντονότερη και το μέγεθος της πλάνης μεγαλύτερο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη της οπτικής αντίληψης, των μηχανισμών και των διαδικασιών που την απαρτίζουν μέσα από την επεξεργασία των οπτικών πλανών είναι ένα πεδίο έρευνας και αντιπαράθεσης μεγάλης ηλικίας, πλευρές του οποίου αναπτύσσονται συνεχώς, δανειζόμενες κοινά στοιχεία και αλληλοσυμπληρωνόμενες μεταξύ τους.

Οι σχολές που εδραίωναν τις βασικότερες θεωρίες προσδιορίζονται από το ότι ακολουθούν μία προσέγγιση μελέτης του ίδιου του ερεθίσματος, της οπτικής πλάνης, μία προσέγγιση δηλαδή, που χαρακτηρίζεται από την τάση «από το ειδικό στο γενικό». Έτσι προκύπτουν μηχανιστικές θεωρίες, υπολογιστικές, θεωρίες περιφερικών μηχανισμών κλπ. με δυνατά και αδύνατα σημεία, όπως φαίνεται από τις ερμηνείες που δίνουν σε απλά και σύνθετα χρωματικά φαινόμενα. Το γεγονός ότι σήμερα, δύο αιώνες μετά από την πρώτη προσπάθεια προσέγγισης της χρωματικής αντίληψης, δεν υπάρχει θεωρία που να μπορεί να ερμηνεύσει αποτελεσματικά ολόκληρο το φάσμα της οπτικής αντίληψης μαζί με τα συστηματικά της λάθη δημιουργεί σοβαρούς προβληματισμούς για την ίδια την προσέγγιση που ακολουθείται.

Σε όλα τα σύνθετα συστήματα περισσότεροι από ένας παράγοντες αλληλεπιδρούν για να δημιουργήσουν ένα αποτέλεσμα. Οι συνιστώσες που τα αποτελούν διατηρούν τις ιδιαιτερότητές τους, παρ' όλα αυτά, οι αλληλεπιδράσεις δημιουργούν μία νέα συμπεριφορά του συστήματος η οποία δε μπορεί να προβλεφθεί απλά με τη συνάθροιση των μερών του. Η εγγενής αντίφαση μεταξύ της ανεξάρτητης συμπεριφοράς των μερών και του αμοιβαίου ελέγχου του ενός μέρους από το άλλο μέσω της σύνδεσης με το δίκτυο δημιουργεί τις αναδυόμενες ιδιότητες των πολύπλοκων συστημάτων. Η συζήτηση γύρω από αυτό το θέμα στις σύγχρονες θεωρίες επικεντρώνεται κυρίως σε ένα ποσοτικό μέτρο της πολυπλοκότητας. Δεν

υπάρχει αμφιβολία ότι ένα σύστημα θα καταστεί πιο σύνθετο όσο αυξηθούν οι συνιστώσες του ή όσο αυξηθούν οι διασυνδέσεις μεταξύ αυτών. Η διαφωνία έγκειται στην τοποθέτηση αυτών των δύο παραγόντων με τον κατάλληλο τύπο για να καταλήξουν σε έναν ποσοτικό δείκτη, όχι όμως και σε μία ποιοτική εκτίμηση της σύνδεσης. Έτσι στη μελέτη της χρωματικής αντίληψης διαμορφώνονται από τη μία θεωρίες «εκ των άνω προς τα κάτω» υπό το πρίσμα της υψηλής αντιληπτικής οργάνωσης και από την άλλη θεωρίες «εκ των κάτω προς τα πάνω» όπου η αντιληπτική οργάνωση υπόκειται σε νευροφυσιολογικές συνδεσιμότητες (Ghosh & Bhaumik, 2010).

Οι θεωρίες γνωστικών μηχανισμών, αν και στην εξέλιξή τους ξέφυγαν από τον άκρατο υποκειμενισμό του Helmholtz, παραμένουν στη βασική αρχή του «δυΐσμού» ο οποίος καταλήγει να διαχωρίζει τη χρωματική αντίληψη σε υπολογιστικά στοιχεία χωρίς να λαμβάνει υπόψη τους ψυχοφυσικούς παράγοντες που τα συνθέτουν. Οι προσεγγίσεις αυτές υπερεκτιμούν την αυτοτελή δράση των συνιστωσών του όλου με τη λογική της διαστρωμάτωσης και της απλής συνάθροισής τους και ανήμπορες να συνθέσουν μία ολοκληρωμένη προσέγγιση της χρωματικής αντίληψης πέφτουν στα θολά πεδία της εμπειρίας.

Μεθοδολογικό πρόβλημα εντοπίζεται και στις θεωρίες της αντίθεσης, οι οποίες στη φυσιολογική τους βάση είναι αποδεκτές, της προσδίδουν όμως το στοιχείο του υποκειμενισμού αφού, για παράδειγμα στο ζήτημα της χρωματικής σταθερότητας υιοθετείται η θέση ότι ο τρόπος που βλέπουμε εξαρτάται από προσωπικές εμπειρίες που έχουν εγκαθιδρυθεί στη νευρική δραστηριότητα. Το γεγονός ότι αδυνατούν να δώσουν μία ολοκληρωμένη ερμηνεία σε σύνθετα χρωματικά φαινόμενα η κατεύθυνση των οποίων είναι αντίθετη με τη λειτουργία της πλάγιας αναστολής, και περιορίζονται σε ζητήματα ευαισθησίας της αντίθεσης τις καθιστά ανεπαρκείς στο να προσδώσουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που ερμηνεύουν τη συνθετότητα.

Από την άλλη οι θεωρίες σταθερού σημείου αποθεώνουν την εμπειρία με την προσέγγισή τους ότι οι ποιοτικές αλλαγές που συντελούνται στη χρωματική αντίληψη είναι δύσκολο να συλληφθούν μαθηματικά, ενώ ταυτόχρονα δεν ενσωματώνουν φυσιολογικά ευρήματα στις ερμηνείες που δίνουν τόσο για απλά όσο και για σύνθετα χρωματικά φαινόμενα.

Καταλήγουμε στο ότι οι προσπάθειες που γίνονται για να αναπαρασταθεί η χρωματική αντίληψη θα πρέπει να εξετάσουν ζητήματα σχετικά με την ανατομία, τη φυσιολογία και την ψυχοφυσική του οπτικού συστήματος, σε συνδυασμό με την κατάλληλη διασύνδεση των εξωτερικών συνθηκών όπως για παράδειγμα ο φωτισμός της επιφάνειας, όταν αυτές οι εσωτερικές δομές εκδηλώνονται. Μία τέτοια ολοκληρωμένη προσέγγιση, που θα θεσπίσει τους κανόνες της στο πεδίο του γενικού θα μπορούσε να συνθέσει ποιοτικά και ποσοτικά τα χαρακτηριστικά του σύνθετου φαινομένου της οπτικής αντίληψης και από αυτή την οπτική να κάνει τις εκτιμήσεις της για το ειδικό και να ορίζοντας τις εξαιρέσεις της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ :

- Γιωτάκη Α., Μαντά Μ. & Οικονόμου Η. (2005). Επίδραση της πυκνότητας και της ομοιότητας επιφανειών στην πλάνη του Benary. *Ελεύθερα, Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Ψυχολογίας, Τόμος Β΄*.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΗ :

- Adelson E. & Pentland A. (1996). The perception of shading and reflectance. *Perception as Bayesian Inference (pp. 409-423)*
- Adelson E. (1993). Perceptual Organization and the Judgment of Brightness. *Science, Volume 262, pp.2042-2044*
- Adelson E. (2000) Lightness Perception and Lightness Illusions. *The New Cognitive Neurosciences, 2nd ed., pp. 339-351*
- Adelson E. (2001). On Seeing Stuff: The Perception of Materials by Humans and Machines. *Proceedings of the. SPIE Vol. 4299, pp. 1-12*
- Adelson E. (2008). Image statistics and surface perception. *SPIE-IS&T/ Vol. 6806 680602-1*
- Adelson, E. H., & Pentland, A. P. (1990). The perception of shading and reflectance (Vision and Modeling Technical Report 140): *MIT Media Laboratory*.
- Agostini T. & Galmonte A. (2002). Perceptual organization overcomes the effects of local surround in determining simultaneous lightness contrast. *Psychological Science, VOL. 13, NO. 1,*

- Anderson B & Winawer J. (2005) Image segmentation and lightness Perception. *NATURE* /VOL 434 / p 79 – 83
- Anderson B. & Kim J. (2009) Image statistics do not explain the perception of gloss and lightness. *Journal of Vision* 10, 1–17
- Anderson B. & Nakayama K. (1994). Toward a general theory of stereopsis : Binocular matching, Occluding contours, an fusion. *Psychological Review*, Vol. 101, No 3, 414 – 445.
- Anderson B. & Singh M. (2008). Natural Decompositions of Perceived Transparency: Reply to Albert (2008). *Psychological Review* Vol. 115, No. 4, 1144–1153
- Anderson B. & Winawer J. (2008). Layered image representations and the computation of surface lightness. *Journal of Vision* 18, 1–22
- Anderson B. (1997). A Theory of Illusory Lightness and Transparency in Monocular and Binocular Images: The Role of Contour Junctions. *Perception*. 419-454.
- Anderson B. (1999). Stereoscopic Surface Perception. *Neuron*, Vol. 24, 919–928
- Anderson B. (2003). Perceptual organization and White's illusion. *Perception*, volume 32, pages 269 – 284
- Anderson B. (2003). The Role of Occlusion in the Perception of Depth, Lightness, and Opacity. *Psychological Review* Vol. 110, No. 4, 785–801
- Anderson, B. (2008) Transparency and Occlusion. In Basbaum, A.I., Kaneko, A., Shepherd, and Westheimer, G. (eds.) *The Senses: A comprehensive Reference*, Vol. 2, *Vision II*, Albright, T.D., & Masland, R. (volume eds.), San Diego: Academic Press, 239-244
- Anderson, B. L., Singh, M., & Meng, J. (2006). The perceived transmittance of inhomogeneous surfaces and media. *Vision Research*, 46, 1982-1995.
- Anderson, B.L. (1994) The role of partial occlusion in stereopsis. *Nature*, 367, 365-368.
- Anderson, B.L. (2000) Depth Perception. APA's *Encyclopedia of Psychology*.
- Anderson, B.L. (2009) Revisiting the relationship between transparency, subjective contours, luminance, and color spreading. *Perception*, 38, 869-871.

- Barrow, H. G., & Tenenbaum, J. (1978). Recovering intrinsic scene characteristics from images. In A. R. Hanson & E. M. Riseman (Eds.), *Computer Vision Systems*, (pp. 3-26). Orlando: Academic Press.
- Ben-Av M. and Sagi D. (1995) Perceptual grouping by similarity and proximity: Experimental results can be predicted by intensity autocorrelations. *Vision Research*, 35, 853-866.
- Bindman D. & Chubb C. (2002). Brightness assimilation in bullseye displays. *Vision Research* 44 309–319
- Blakeslee B. & McCourt M.E. (1999) A multiscale spatial filtering account of the White effect, simultaneous brightness contrast and grating induction. *Vision Research*, 39, 4361-4377.
- Blakeslee B. & McCourt M.E. (2003) A multiscale spatial filtering account of brightness phenomena. In Harris, L. & Jenkin, M. (Eds.): *Proceedings of the York University Conference on Levels of Perception*.
- Blakeslee B., McCourt M. (2003). A multiscale spatial filtering account of the Wertheimer–Benary effect and the corrugated Mondrian. *Vision Research Volume 41, Issue 19, September 2001, Pages 2487-2502*
- Blakeslee B., McCourt M. (2003). A unified theory of brightness contrast and assimilation incorporating oriented multiscale spatial filtering and contrast normalization. *Vision Research* 44 2483–2503
- Blakeslee B., McCourt M. (2004). Oriented multiscale spatial filtering and contrast normalization: a parsimonious model of brightness induction in a continuum of stimuli including White, Howe and simultaneous brightness contrast. *Vision Research* 45, 607–615
- Blakeslee B., Reetz D. & McCourt M. (2009). Spatial filtering versus anchoring accounts of brightness/lightness perception in staircase and simultaneous brightness/lightness contrast stimuli. *Journal of Vision*, 22, 1–17
- Bonato, F., & Gilchrist, A. L. (1994). The perception of luminosity on different backgrounds and in different illuminations. *Perception*, 23, 991-1006.
- Bonato, F., and Gilchrist, A. L. (1994). The perception of luminosity on different backgrounds and in different illuminations. *Perception*, 23, 991-1006.

- Bressan P. & Actis Grosso R (2006). Simultaneous lightness contrast on plain and articulated surrounds. *Perception*, volume 35(4,) pages 445 – 452
- Bressan P. & Actis Grosso R. (2001). Simultaneous lightness contrast with double increments. *Perception*, volume 30, pages 889 – 897
- Bressan P. (2001). Explaining lightness illusions. *Perception*, volume 30, pages 1031 – 1046
- Bressan P. (2006). Inhomogeneous surrounds, conflicting frameworks, and the double-anchoring theory of lightness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 22-32
- Bressan P. (2006). The Place of White in a World of Greys: A Double-Anchoring Theory of Lightness Perception. <http://www.apa.org/journals/rev.html>
- Bressan, P. (2007). Dungeons, Gratings, and Black Rooms: a Defense of Double-Anchoring Theory and a Reply to Howe et al. (2007). *Psychological Review*, 114, 4, 1111-1115.
- Bressan. P. & Kramer P. (2008). Gating of remote effects on lightness. *Journal of Vision*, 16, 1–8
- Cataliotti J. & Bonato F. (2003). Spatial and temporal lightness anchoring. *Visual Cognition*, 10 (5), 621 – 635
- Cataliotti, J. and Gilchrist. A.L. (1995). Local and global processes in surface lightness perception. *Perception & Psychophysics*, 57(2), 125-135.
- Corney D. & Lotto B. (2007). What Are Lightness Illusions and Why Do We See Them? *PLoS Computational Biology*, Volume 3 | Issue 9 | e180
- Crossberg S. (2001). Contrasting theories of White's illusion. *Perception*, volume 30, pages 1499 – 1507
- De Weert C. & Spillmanns L. (1999). Assimilation: Asymmetry between Brightness and Darkness? *Vision Res. Vol. 35, No. 10, pp. 1413–1419*
- Dror R. & Adelson E. (2001). Surface Reflectance Estimation and Natural Illumination Statistics. *Proceedings of the Second International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision*
- Dror R., Adelson E. & Willsky A. (2001). Estimating Surface Reflectance Properties from Images under Unknown Illumination. *Proceedings of the SPIE 4299: Human Vision and Electronic Imaging IV.*

- Eagleman D. (2001). Visual illusions and neurobiology. *Nature*, Vol. 2, 920.
- Economou, E., Zdravković, S., & Gilchrist, A. (2007). Anchoring versus spatial filtering accounts of simultaneous lightness contrast. *Journal of Vision*, 7(12):2, 1-15.
- Fleming R., Dror R. & Adelson E. (2001). How do Humans Determine Reflectance Properties under Unknown Illumination? *Proceedings of the IEEE Workshop on Identifying Objects Across Variations in Lighting: Psychophysics & Computation*.
- Fleming, R. & Anderson, B. (2003) Depth Perception: The perceptual organization of depth. In (Chalupa, L. and Werner, J.S. Eds.) *The Visual Neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ghosh K. & Bhaumik K. (2010). Complexity in Human Perception of Brightness: A Historical Review on the Evolution of the Philosophy of Visual Perception. *OnLine Journal of Biological Sciences* 10 (1): 17-35
- Gilchrist A. & Randonjic (2009). A. Visual computation of surface lightness: Local contrast vs. frames of reference. proceedings.nature.com/documents/4244/version/1/.../npre20104244-1.pdf
- Gilchrist A. (2006). *Seeing Black & White*. Oxford University Press.
- Gilchrist et al. (1999). An anchoring theory of lightness perception. *Psychological Review* 106(4): 795-834.
- Gilchrist, A. (1979). The perception of surface blacks and whites. *Scientific American*, Vol. 24, no. 3, 88-97.
- Gilchrist, A. (2005). Lightness Perception: Seeing One Color through Another. *Current Biology*, 15 (9), R330-R332.
- Gilchrist, A. (2006). Seeing in Black and White. *Scientific American Mind* (June/July), 42-49.
- Gilchrist, A. and Annan, V. (2002). Articulation effects in lightness: Historical background and theoretical implications. *Perception*, 31, 141-150.
- Gilchrist, A. L. & Bonato, F. (1995). Anchoring of lightness values in center/surround displays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(6), 1427-1440.

- Gilchrist, A. L. and Bonato, F. (1995). Anchoring of lightness values in center/surround displays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(6), 1427-1440.
- Gilchrist, A., & Radonjić, A. (2009). Anchoring of lightness values by relative luminance and relative area. *Journal of Vision*, 9(9):13, 1-10.
- Gogel, W. C., & Mershon, D. H. (1969). Depth adjacency in simultaneous contrast. *Perception and Psychophysics*, 5(1), 13-17.
- Gordon J. & Shapley R. (2006). Brightness contrast inhibits color induction: evidence for a new kind of color theory. *Spatial Vision*, Vol. 19, No. 2-4, pp. 133–146
- Grossberg S & Hong S. (2006). A neural model of surface perception: Lightness, anchoring, and filling-in. *Spatial Vision*, Vol. 19, No. 2-4, pp. 263–321
- Grove P., Brooks K., Anderson B., Gillam B. (2006). Monocular transparency and unpaired stereopsis. *Vision Research* 46 1695–1705
- Gučić, lu B. & Farell B. (2005). Influence of target size and luminance on the White–Todorović effect. *Vision Research* 45, 1165–1176
- Harflin, I-I. K., Wagner, H. G., and RatUff, F. (1956). Inhibition in the eye of Lirauhs, Y. *Gen. Physiol.*, 39, 651.
- Hillis J. & Brainard (D. 2007). Distinct Mechanisms Mediate Visual Detection and Identification. *Current Biology* 17, 1714–1719
- Hong S. & Grossberg S. (2004). A neuromorphic model for achromatic and chromatic surface representation of natural images. *Neural Networks* 17, 787–808
- Hong S. & Shevel S. (2003). Brightness contrast and assimilation from patterned inducing backgrounds. *Vision Research* 44, 35–43
- Kingdom, F. & Moulden, B. (1991) White's effect and assimilation. *Vision Research*, 31, 151-159.
- Kingdom, F. A. A. & Whittle, P. (1996) Contrast discrimination at high contrasts reveals the influence of local light adaptation on contrast processing. *Vision Research*, 36, 817-829
- Kingdom, F. A. A. (2003) Levels of Brightness Perception. In *Levels of Perception*, by L. Harris & M. Jenkin (eds.), Springer-Verlag

- Kingdom, F. A. A., McCourt, M. E. & Blakeslee, B. (1997) In defence of "lateral inhibition" as the underlying cause of induced brightness phenomena. A reply to Spehar, Gilchrist & Arend. *Vision Research*, 37, 1039-1044.
- Kramer P. & Bressan P. (2009). Paradoxical lightness contrast. *Vision research*, Volume: 50
- Land, E. H., & McCann, J. J. (1971). Lightness and retinex theory. *Journal of the Optical Society of America*, 61, 1-11.
- Li Y., Adelson E. & Agarwala A. (2008). ScribbleBoost: Adding Classification to Edge-Aware Interpolation of Local Image and Video Adjustments. *Eurographics Symposium on Rendering 2008*, Volume 27, Number 4
- Li, X. and Gilchrist, A. (1999). Relative area and relative luminance combine to anchor surface lightness values. *Perception & Psychophysics*, 61(5), 771-785.
- Logvinenko A. & Kane J. (2004). Hering's and Helmholtz's types of simultaneous lightness contrast. *Journal of Vision* 1102-1110
- Logvinenko A. & Ross D. (2004). Adelson's tile and snake illusions: A Helmholtzian type of simultaneous lightness contrast. *Spatial Vision*, Vol. 18. No. 1, pp. 25-72
- Logvinenko A. (2005). Does luminance contrast determine lightness? *Spatial Vision*, Vol. 18, No. 3, pp. 337-345
- Logvinenko A., Petrini K. & Maloney L. (2008). A scaling analysis of the snake lightness illusion. *Perception & Psychophysics* 70 (5), 828-840
- Lotto R. & Purves D. (2001) An Empirical Explanation of the Chubb Illusion. *Journal of Cognitive Neuroscience* 13:5, pp. 547-555
- Masin S. (2003). Effects of algebraic and absolute luminance differences on achromatic surface grouping. *Perception*, volume 32, pages 615 - 620
- Motoyoshi I., Nishida S., Sharan L. & Adelson E. (2007). Image statistics and the perception of surface Qualities. *Nature*, Vol 447
- Moulden B. & Kingdom, F. (1989) White's Effect: a dual mechanism. *Vision Research*, 29, 1245-1256
- Oh S. & Kim J. (2004). The effects of global grouping laws on surface lightness perception. *Perception & Psychophysics* 66 (5), 792-799

- Purves D., Shimpi A., & Lotto R. (1999). An Empirical Explanation of the Cornsweet Effect. *The Journal of Neuroscience*, October 1, 1999, 19(19):8542–8551
- Purves D., Williams M., Nundy S., & Lotto B. (2004). Perceiving the Intensity of Light. *Psychological Review*, Vol. 111, No. 1, 142–158
- Reid, R. C., & Shapley, R. (1988). Brightness induction by local contrast and the spatial dependence of assimilation. *Vision Research*, 28, 115-132.
- Ripamonti C. & Gerbino W. (2001). Classical and inverted White's effects. *Perception*, volume 30, pages 467 – 488
- Robinson A., Hammon P., & De Sa V. (2006). Explaining brightness illusions using spatial filtering and local response normalization. *Vision Research* 47, 1631–1644
- Sharan L., Li Y., Motoyoshi, I., Nishida S. & Adelson E. (2008). Image statistics for surface reflectance perception. *J. Opt. Soc. Am. A*/Vol. 25, No. 4
- Singh M., Anderson B. (2002). Perceptual assignment of opacity to translucent surfaces: The role of image blur. *Perception*, volume 31, pages 531 – 552
- Singh M., Anderson B. (2002). Toward a Perceptual Theory of Transparency. *Psychological Review*, Vol. 109, No. 3, 492–519
- Singh M., Anderson B. (2006). Photometric determinants of perceived transparency. *Vision Research* 46 (2006) 879–894
- Sinha P. & Adelson E. (1993). Verifying The ‘Consistency’ Of Shading Patterns And 3-D Structures. *Proceedings of the IEEE Workshop on Qualitative Vision*
- Sinha P. (2006). Hidden Strength of the Classical Simultaneous Contrast Illusion. illusioncontest.neuralcorrelate.com/finalists_2006/sinha.pdf
- Soranzo A., Galmonte A. & Agostini T. (2010). The Luminance Misattribution in Lightness Perception. *Psihologija*, Vol. 43 (1).
- Spehar, B., Gilchrist, A., & Arend, L. (1995). White's illusion and brightness induction: The critical role of luminance relations. *Vision Research*, 35, 2603-2614.
- Spehar, B., Gilchrist, A., and Arend, L. (1995). The critical role of relative luminance relations in White's effect and grating induction. *Vision Research*, 35, 2603-2614.

- Taya, R., Ehrenstein, W., & Cavonius, C. (1995). Varying the strength of the Munker-White effect by stereoscopic viewing. *Perception*, 24, 685-694.
- Todd J, . J. Norman F., Mingolla E. (2004). Lightness Constancy in the Presence of Specular Highlights. *Psychological Science*, Volume 15—Number 1
- Todorovi´c D. (2004). Lightness, illumination, and gradients. *Spatial Vision*, Vol. 19, No. 2-4, pp. 219–261
- Todorovic , D. (1997). Lightness and junctions. *Perception*, 26(4), 379-394.
- Tse, P. U. (2005). *Voluntary attention modulates the brightness of overlapping transparent surfaces*. *Vision Research*, 45(9):1095-8.
- Van EE R., Anderson B. & Farihd H. (2001). Occlusion junctions do not improve stereoacuity. *Spatial Vision*, Vol. 15, No. 1, pp. 45–59
- Vladusich T., Lucassen M., Cornelissen F. (2007). Brightness and Darkness as Perceptual Dimensions. *PLoS Computational Biology*, Volume 3 | Issue 10 | e179
- White M. (2010). The early history of White’s illusion. *OnLine Journal of Biological Sciences* 10 (1): 17-35.
- Zavagno D., Annan V. & Caputo G. (2004). The Problem of Being *White*: Testing the Highest Luminance Rule. *Vision* Vol. 16, No. 3, 149–159